



Klimaschutz Teilkonzept

Anpassung an die Folgen des Klimawandels in Berlin – AFOK

Teil I: Hauptbericht

Auftraggeber

Senatsverwaltung
für Stadtentwicklung
und Umwelt



**Sonderreferat Klima-
schutz und Energie
(SRKE)**

Brückenstraße 6
10179 Berlin-Mitte

Auftragnehmer



**Potsdam Institut für
Klimafolgenforschung e.V.
(PIK)**

Telegrafenberg
14473 Potsdam

Dr. Fritz A. Reusswig
(Projektleitung)

Dr. Matthias K. B. Lüdeke

Dipl.-Volksw. Wiebke Lass

Dipl.-Phys. Carsten Walther

Forschungskonsortium



bgmr Landschaftsarchitekten
Prager Platz 6
10779 Berlin

V-Prof. Dr. Carlo Becker
(Co-Projektleitung)

M.Sc. Anna Neuhaus



**Luftbild Umwelt Planung
(LUP)**

Große Weinmeisterstraße 3a
14469 Potsdam

Dipl. Ing. Gregor Weyer

Dipl. Ing. Leilah Haag

Dipl. Geoök. Antje Knorr

Dipl.-Ing. Christiane Pankoke



**Institut für ökologische
Wirtschaftsforschung (IÖW)**

Potsdamer Straße 105
10785 Berlin

Dr. Jesko Hirschfeld

Dipl.-Forstw., M.Sc. Johannes
Rupp



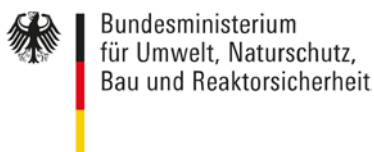
L.I.S.T. Stadtentwicklungsgesellschaft mbH

Liebenwalder Straße 2-3
13347 Berlin

Dipl. Ing. Susanne Walz

B.A., M.Sc. Eva Wiesemann

Förderung



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit

**Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und
Reaktorsicherheit (BMUB)**

Stresemannstraße 128 – 130
10117 Berlin

Danksagung

Die vorliegende Arbeit wäre ohne den Austausch mit vielen Expertinnen und Experten aus verschiedensten Bereichen nicht in dieser Form zustande gekommen. Eine intensive Einbeziehung von Stakeholdern war Bestandteil des besonderen methodischen Zugangs dieser Untersuchung. Das Konzept konnte durch diesen zusätzlichen Input in vielfacher Hinsicht bereichert und geschärft werden.

Unser Dank gilt daher in erster Linie allen im Laufe des Projektes kontaktierten Gesprächspartnerinnen und Gesprächspartnern: Zahlreiche Personen aus dem Unternehmenssektor, den Verbänden, aus zivilgesellschaftlichen Organisationen, verschiedenen Bereichen der Berliner Verwaltung (Senat und Bezirke) und aus der Wissenschaft haben unsere Fragen beantwortet. Besonders gedankt sei den Teilnehmerinnen und Teilnehmern der AFOK-Workshops.

Wir danken auch der auftraggebenden Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (Sonderreferat Klimaschutz und Energie, SRKE) für die organisatorische und fachliche Unterstützung unserer Arbeit.

Dank gebührt den PIK-Mitarbeiter/-innen Frau Dr. cand. Eva Eichenauer und Herrn Dr. cand. Lutz Meyer-Ohlendorf für die Unterstützung der Erstellung des Manuskripts sowie Frau Dorit Schneider für das Lektorat (www.vergilbte-seiten.de).

Selbstverständlich verbleibt die Textverantwortung bei den Verfassern.

Potsdam und Berlin, Juli 2016

Fritz Reusswig, Carlo Becker

Zitiervorschlag

Reusswig, F.; Becker, C.; Lass, W.; Haag, L.; Hirschfeld, J.; Knorr, A.; Lüdeke, M. K.B.; Neuhaus, A.; Pankoke, C.; Rupp, J.; Walther, C.; Walz, S.; Weyer, G.; Wiesemann, E. (2016): Anpassung an die Folgen des Klimawandels in Berlin (AFOK). Klimaschutz Teilkonzept. Hauptbericht. Gutachten im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Sonderreferat Klimaschutz und Energie (SRKE). Potsdam, Berlin.

Inhaltsverzeichnis

0	Kurzfassung.....	1
0.1	Unser Klima wandelt sich.....	1
0.2	Regionales Klima in Berlin 2050 und 2100.....	2
0.3	Vulnerabilitäten und Maßnahmen.....	3
0.4	Klimaanpassung umsetzen.....	11
0.5	Fazit.....	12
1	Einleitung.....	14
1.1	Klimawandel und Anpassung als Herausforderung für Berlin.....	14
1.2	Das AFOK im Kontext der Berliner Klimapolitik.....	17
1.3	Methodisches Vorgehen bei der Erarbeitung des AFOK.....	21
2	Klimawandel und Klimaszenarien.....	25
2.1	Szenarien des zukünftigen Klimawandels.....	25
2.2	Verwendete Daten.....	26
2.2.1	Regionale Klimamodelle CORDEX.....	26
2.2.2	Beobachtungsdaten.....	28
3	Regionalisierte Klimaszenarien für Berlin 2050 und 2100.....	29
3.1	Entwicklung der Wettervariablen Temperatur – Beobachtung und Projektion.....	29
3.1.1	Temperaturmittel.....	29
3.1.2	Temperaturextreme.....	32
3.2	Entwicklung der Wettervariablen Niederschlag – Beobachtung und Projektion.....	34
3.2.1	Niederschlagsmittel.....	34
3.2.2	Niederschlagsextreme.....	36
3.3	Entwicklung weiterer Wettervariablen – Beobachtung und Projektion.....	40
3.3.1	Gesamtabfluss (Total Runoff).....	40
3.3.2	Sturmereignisse.....	41
3.4	Relevante Wettervariablen in der Übersicht.....	42
4	Sektorale Vulnerabilitäten und Maßnahmen.....	45
4.1	Einführung.....	45
4.2	Vulnerabilitäten und Maßnahmen in den Handlungsfeldern.....	47
4.2.1	Menschliche Gesundheit, Bevölkerungsschutz.....	47
4.2.2	Gebäude, Stadtentwicklung, Grün- und Freiflächen.....	63
4.2.3	Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft.....	78
4.2.4	Umwelt und Natur.....	89
4.2.5	Energie- und Abfallwirtschaft.....	101
4.2.6	Industrie, Gewerbe und Finanzwirtschaft.....	112

4.2.7	Verkehr, Verkehrsinfrastruktur	119
4.2.8	Tourismus, Kultur, Sport	127
4.2.9	Bildung	134
5	Synergien und Konflikte mit dem Klimaschutz	142
5.1	Zwei Säulen der Klimapolitik.....	142
5.2	Synergien, Indifferenz oder Konflikt - Wechselwirkungen auf Maßnahmenebene	143
6	Ausgewählte Kosten- und Nutzenaspekte	148
6.1	Zur Methodik der Bewertung von Kosten und Nutzen	148
6.2	Erweiterung der Kosten-Nutzen-Analyse - Beispiele	150
6.3	Zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit des Berliner Anpassungskonzept.....	154
7	Monitoring-Konzept	157
7.1	Ausgangslage, Anforderungen an ein Klimafolgenanpassungs-Monitoring.....	157
7.2	Indikatorenset.....	157
7.2.1	State-Indikatoren.....	159
7.2.2	Impact- und Response-Indikatoren	162
7.3	Implementierungsstrategie	165
8	Kommunikation.....	169
8.1	Notwendigkeit von Klimaanpassungskommunikation.....	169
8.2	Ziele der Anpassungskommunikation.....	171
8.3	Zielgruppen, Botschaften und Strategien der Anpassungskommunikation	172
9	Ausblick.....	175
10	Anhang	176
10.1	Maßnahmenblätter	176
10.2	Glossar.....	277
10.3	Literatur	281

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1:	Entwicklung der globalen jährlichen oberflächennahen Temperatur-Anomalie (Abweichung vom Durchschnitt 1961-1990) von 1850 bis 2015 auf der Basis verschiedener globaler Messreihen	14
Abbildung 2:	Rekonstruierte und gemessene Sommertemperaturen in Europa.....	15
Abbildung 3:	Historische und mögliche zukünftige Entwicklung der Treibhausgasemissionen nach den RCP-Szenarien des IPCC.....	16
Abbildung 4:	Kernelemente einer Anpassungsstrategie für Berlin.....	19
Abbildung 5:	Schematische Darstellung der Methodik des AFOK.....	21
Abbildung 6:	Impressionen der beiden Stakeholder-Workshops.....	22
Abbildung 7:	AFOK Wetterschmetterling Berlin	24
Abbildung 8:	Einbindung von Regionalen Klimamodellen in Globale Klimamodelle.....	26
Abbildung 9:	Änderung der Variable „Tageshöchsttemperatur“	30
Abbildung 10:	Mögliche Interpretationen der Bereiche unter der Verteilungskurve der Änderungsrate der Beispielgröße Tageshöchsttemperatur.....	30
Abbildung 11:	Jahreszeitliche Betrachtung der absoluten Änderungen in der Tageshöchsttemperatur	31
Abbildung 12:	Relative Änderung der Variable „heiße Tage“	33
Abbildung 13:	Relative Änderung der Variable „Eistage“	34
Abbildung 14:	Relative Änderung der Variable „Glatteistage“	34
Abbildung 15:	Relative Änderung der jährlichen gemittelten Niederschlagssummen	35
Abbildung 16:	Jahreszeitliche Betrachtung der relativen Änderungen in der Niederschlagssumme	36
Abbildung 17:	Relative Änderung der Variable „Höchste Niederschlagsmenge in 5 Tagen“	37
Abbildung 18:	Relative Änderung der Variable „Starkregentag“	38
Abbildung 19:	Jahreszeitliche Betrachtung der relativen Änderungen der Starkniederschlagstage	38
Abbildung 20:	Relative Änderung der Variable „Niederschlag an Tagen unter 1 °C“	39
Abbildung 21:	Relative Änderung der Variable „Längste Phase ohne Niederschlag“	39
Abbildung 22:	Relative Änderung der Variable „DrySpell-Tage“	40
Abbildung 23:	Relative Änderung der Variable „Total Runoff“ oder „Gesamtabfluss“	41
Abbildung 24:	Relative Änderung der Variable „Mittlere Windgeschwindigkeit“	42
Abbildung 25:	Relative Änderung der Variable „Überschreitungen des 99. Perzentiles Tagesmittelgeschwindigkeit“	42
Abbildung 26:	Impression Toulouse.....	44
Abbildung 27:	Ende des Jahrhunderts - Berliner Klima wie im heutigen Toulouse.....	44
Abbildung 28:	Schematische Darstellung des Verwundbarkeitskonzepts des IPCC.....	45
Abbildung 29:	Beispielhafter Ausschnitt aus einem Pfaddiagramm (auch „Klimawirkungsmodell“).	46
Abbildung 30:	Farbcode der sektoralen Wirkungen in den Klimawirkungsdiagrammen.....	46
Abbildung 31:	Abweichungen der max. Lufttemperatur und der stationären Aufnahmen im Sommer 2006 vom Erwartungswert.....	48
Abbildung 32:	Zusätzliche Mortalität in europäischen Teilregionen Anfang August.	49
Abbildung 33:	Zahl der zusätzlichen Hitzetoten in Berlin 2001-2010.....	50
Abbildung 34:	Abrupte Entwicklung von Temperatur und Starkregen-bedingter Schwankung der Luftfeuchte.	53
Abbildung 35:	Gemeldete Fälle von Lyme-Borreliose 2002 – 2015 in Berliner.....	54
Abbildung 36:	Neue Krankheitsüberträger breiten sich nach Norden aus – Beispiel „Mücken“	55
Abbildung 37:	Ambrosia.	57
Abbildung 38:	Ambrosia – Bestandsgröße 2015 in dem FU Met Berlin-Brandenburger Online Ambrosia-Atlas	57

Abbildung 39:	Ausbreitungsgeschwindigkeit des EPS in Deutschland.....	58
Abbildung 40:	Verbreitung des EPS in Berlin, Stand 2013/2014.....	59
Abbildung 41:	Für die Auswirkungen auf die Gesundheit von großer Bedeutung: das Zusammenwirken von thermischen Faktoren und Luftqualität (Feinstaub und Ozon)	60
Abbildung 42:	Entwicklung der Hautkrebsfälle je 100.000 Einw. in Berlin (2000-2014) im Vergleich mit ausgewählten Bundesländern.....	60
Abbildung 43:	Schematische Darstellung der städtischen Wärmeinsel.....	64
Abbildung 44:	Veränderung der klimatischen Situation bei unterschiedlicher Verdunstungskapazität von Oberflächen führt zu latenter (oben) und sensibler (unten) Energie.....	64
Abbildung 45:	Bodennahe Lufttemperatur auf dem Tempelhofer Feld um 14 Uhr	65
Abbildung 46:	Veränderung der mittleren Landoberflächentemperatur einer bebauten Fläche	66
Abbildung 47:	Landnutzungsklassen in Berlin am 31.12.2014	66
Abbildung 48:	Flächenanteile verschiedener Nutzungen an der Gesamtfläche der Berliner Bezirke.....	67
Abbildung 49:	Entwicklung der Anzahl der Asylträge in Berlin (2010 – 2015)	68
Abbildung 50:	Realisierungseinschätzung großer Wohnungsneubaustandorte bis 2050 und danach	69
Abbildung 51:	Verteilung des Hitzestresses in zwei Berliner Nichtwohn-Gebäuden in den Sommermonaten 2011/ 2012.....	70
Abbildung 52:	Gleisdreieckpark in Berlin – Wohlfühlräume mit Sonne und Schatten.....	71
Abbildung 53:	Vulnerable Gebäude und Quartiere	73
Abbildung 54:	Überflutungsmulde im Park/ Kombination PV und Dachbegrünung	74
Abbildung 55:	Mögliche Anpassungsmaßnahmen im Stadtstrukturtyp Verdichtete Blockrandbebauung	75
Abbildung 56:	Gesamtwasserhaushalt Berlins.....	78
Abbildung 57:	Oberflächenabfluss auf dem Berliner Stadtgebiet	79
Abbildung 58:	Verdunstung auf dem Berliner Stadtgebiet.....	79
Abbildung 59:	Kernelemente der Berliner Wasserwirtschaft	80
Abbildung 60:	Art der Kanalisation.....	81
Abbildung 61:	Bedroht Moore erbringen bedeutende Klimaschutzleistungen.....	91
Abbildung 62:	Ein Teil des Grunewalds vor der Kulisse Berlins.....	93
Abbildung 63:	Naturschutzgebiet Sandgrube im Jagen 86 des Grunewalds	93
Abbildung 64:	Schutzgebiete nach Naturschutzrecht	97
Abbildung 65:	Flächenkulisse der Planungshinweiskarte.	99
Abbildung 66:	Lastgang im Berliner Stromnetz vom 1.1. bis 31.12.2015.....	102
Abbildung 67:	Entwicklung der Anzahl der Strommasten im Berliner Stromnetz 2006-2033 (Prognose)	103
Abbildung 68:	Eigenerzeugung und Stromimporte im Lastgangprofil des Jahres 2015.....	104
Abbildung 69:	Stromausfallkosten	105
Abbildung 70:	Dauer der Versorgungsunterbrechungen (SAIDI) im deutschen Stromnetz.....	106
Abbildung 71:	Jahr der Inbetriebnahme verschiedener Bestandteile des Berliner Stromnetzes (Stand: 2010).....	106
Abbildung 72:	Branchenstruktur der Berliner Wirtschaft (Stand: 2014).....	112
Abbildung 73:	Gesamte und versicherte Schäden als Herausforderung für die Versicherungsbranche.....	114
Abbildung 74:	Anteil der Gebäude in Prozent, die in den Bundesländern gegen Elementarschäden versichert sind.....	114

Abbildung 75: Vulnerabilitäts-Index der Berliner Wirtschaft nach Wirtschaftsbereichen	116
Abbildung 76: Vulnerabilität (blau), wirtschaftliches Gewicht (rot) und gewichtete Vulnerabilität (grün) der Berliner Wirtschaft nach Wirtschaftsbereichen	117
Abbildung 77: Leichtverletzte bei Unfällen (hier mit Fahrradbeteiligung) pro Tag in Abhängigkeit von der Maximaltemperatur in Berlin, Werkstage (2013)	120
Abbildung 78: Prozentualer Anteil des Radverkehrs (Wege) bei der Verkehrsmittelwahl nach Quartalen 2013	120
Abbildung 79: Anteil des Radverkehrs am Gesamtverkehr (Wege) nach Bezirken	122
Abbildung 80: Überschwemmung Unterführung Wolfensteindamm	123
Abbildung 81: Klimasignale und Bahninfrastruktur	124
Abbildung 82: Blow Ups bei Fahrbahnplatten aus Beton	125
Abbildung 83: Berechnung der U120-Tage aus NO ₂ -Konzentration und Hitzetagen.....	126
Abbildung 84: Entwicklung der Übernachtungszahlen in Berlin	129
Abbildung 85: Saisonale Schwankungen im Berlin-Tourismus aus In- und Ausland	130
Abbildung 86: „Drinkmen“ – mobile Wasserversorgung auf dem Karneval der Kulturen 2015	131
Abbildung 87: Basketballplatz und Weitsprunganlage in Schöneberg nach starkem Regen.....	132
Abbildung 88: Erhöhte Vulnerabilität von Kindern.....	135
Abbildung 89: Lage der Berliner Schulen im Stadtgebiet, Einwohnerdichte Berlins und räumliche Verteilung der Bewertungsklassen zur thermischen Gesamtsituation	136
Abbildung 90: Grüne Schulhöfe.....	139
Abbildung 91: Schulgärten.....	139
Abbildung 92: Anpassungs- und Vermeidungspolitik als ineinandergreifende Strategien gegen den Klimawandel und seine Folgen.....	142
Abbildung 93: Übersicht zu den Verfahren zur Wirtschaftlichkeitsbeurteilung.....	149
Abbildung 94: Links: Übersicht der Berliner Messstationen von DWD, Meteomedia, Berliner Wasserbetriebe (BWB) und dem Stadtmessnetz der Freie Universität.....	159
Abbildung 95: Integration des AFOK-Monitorings in das dIBEK	167
Abbildung 96: Zeitvergleich: Zukünftige Betroffenheit von den Folgen des Klimawandels 2014/ 2012	170
Abbildung 97: Subjektiv wahrgenommene gesundheitliche Beeinträchtigung durch Hitzeperioden (nach Bundesländern).....	171
Abbildung 98: Strategische Ansatzpunkte einer Anpassungskommunikation	174

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1:	Verwendete Modellkombinationen aus dem CORDEX-Datensatz	27
Tabelle 2:	Datenverfügbarkeit der sechs Berliner Wetterstationen	28
Tabelle 3:	Mittelwerte und Trends für jährliche und saisonale Mittelwerte der Temperatur	29
Tabelle 4:	Änderungsraten der saisonalen Tageshöchsttemperaturmittel.....	32
Tabelle 5:	Mittelwerte und Trends pro Jahr für Temperaturextreme.....	32
Tabelle 6:	Mittelwerte und Trends für jährliche und saisonale Mittel des Niederschlags.....	35
Tabelle 7:	Änderungsraten der saisonalen Niederschlagssummen.....	36
Tabelle 8:	Beobachtete Mittelwerte und Trends für Niederschlagsextreme	37
Tabelle 9:	Änderungsraten der saisonalen Starkniederschlags-Häufigkeiten	39
Tabelle 10:	Beobachtete Mittelwerte und Trends zu Kennwerten der Wettervariablen Wind	41
Tabelle 11:	Zusammenfassung der beobachteten und projizierten Änderung der wichtigsten Wettervariablen	43
Tabelle 12:	Spektrum der Folgen von Hitze auf menschliche Gesundheit	48
Tabelle 13:	Dimensionen individueller Vulnerabilität gegenüber extremen Hitzeereignissen.....	51
Tabelle 14:	Maßnahmenvorschläge im Handlungsfeld Gesundheit und Bevölkerungsschutz – Übersicht....	61
Tabelle 15:	Maßnahmenvorschläge im Handlungsfeld Gebäude, Stadtentwicklung, Grün- und Freiflächen – Übersicht.	77
Tabelle 16:	Ergebnisse der Simulationen des Berliner Abwassersystems.....	85
Tabelle 17:	Maßnahmenvorschläge im Handlungsfeld Wasser/ Wasserwirtschaft – Übersicht.....	87
Tabelle 18:	Maßnahmenvorschläge im Handlungsfeld Umwelt und Natur – Übersicht.....	100
Tabelle 19:	Maßnahmenvorschläge im Handlungsfeld Energie- und Abfallwirtschaft – Übersicht.....	111
Tabelle 20:	Maßnahmenvorschläge im Handlungsfeld Industrie, Gewerbe, Finanzwirtschaft – Übersicht.....	118
Tabelle 21:	Maßnahmenvorschläge im Handlungsfeld Verkehr und Verkehrsinfrastruktur – Übersicht.	128
Tabelle 22:	Maßnahmenvorschläge im Handlungsfeld Tourismus, Kultur, Sport – Übersicht.....	133
Tabelle 23:	Gesundheitliche Folgen von zu geringer Wasserzufuhr bei Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen	135
Tabelle 24:	Maßnahmenvorschläge im Handlungsfeld Bildung – Übersicht.....	141
Tabelle 25:	Wechselwirkungen zwischen Maßnahmenvorschlägen zur Klimaanpassung und den Politiken zur Vermeidung des Klimawandels	143
Tabelle 26:	Zunahme von heißen Tagen – Spannbreite der Klimaszenarien	151
Tabelle 27:	Negative Auswirkungen des Klimasignals häufigerer Hitzeereignisse auf die Produktivität der Berliner Wirtschaft. Optimistisches und pessimistisches Szenario ..	151
Tabelle 28:	Auswirkungen häufigerer Hitzeereignisse auf die Zahl der Krankenhausaufenthalte und Todesfälle in Berlin	152
Tabelle 29:	Exemplarische Auswahl von Maßnahmen aus den verschiedenen Handlungsfeldern und ihre Zuordnung zu den Kategorien „No-regret“, „Low-regret“, „Regret“	154
Tabelle 30:	Indikatortypen und Kategorien des AFOK in der Übersicht	158
Tabelle 31:	Rohdaten für die State-Indikatoren.....	160
Tabelle 32:	Übersicht der komplexeren State-Indikatoren	161
Tabelle 33:	Impact- (Kategorie I) und Response-Indikatoren (Kategorien A und D) pro Handlungsfeld.....	162
Tabelle 34:	Liste der vorgeschlagenen Datenquellen und Indikatorbeauftragten des AFOK	166

Verzeichnis der Boxen

Box 1:	Klima-Analoge Ende des Jahrhunderts: Berliner Klima wie im heutigen Toulouse.....	44
Box 2:	Beispiel „Hitzesommer 2003“ – Extremwerte an hitzebedingten Sterbefällen in Europa und in Berlin	49
Box 3 :	Klimawandel und Bevölkerungsschutz in Berlin	52
Box 4:	Klimafolgen aufgrund internationaler Interdependenzen am Beispiel von „Klimaflüchtlingen“	68
Box 5:	Vulnerable Gebäude und Quartiere.....	73
Box 6:	Die Grenzen technischer Systeme im Klimawandel und die Bedeutung von Green Infrastructure	85
Box 7:	Grunewald – Wald des Jahres 2015.....	93
Box 8:	Auswirkungen des Klimawandels auf die Finanzwirtschaft.....	113
Box 9:	Wetter- und Klimaabhängigkeit der Straßenverkehrsunfälle in Berlin.....	119
Box 10:	Sommersmog in Berlin unter Klimawandel	126
Box 11:	Ausgewählte Schlagzeilen in den Medien zu Auswirkungen des Klimawandels auf die Bereiche Tourismus, Kultur und Sport in Berlin.....	133
Box 12:	Erhöhte Vulnerabilität von Kindern	135
Box 13:	Schulgärten und Phänologische Gärten – Schutz- und Lernorte der Klimaanpassung.....	139

0 Kurzfassung

0.1 Unser Klima wandelt sich

Seit Beginn der Industrialisierung steigt die weltweite Mitteltemperatur der bodennahen Luft kontinuierlich an. Wissenschaftliche Forschungen belegen, dass für einen bedeutenden Teil dieses Anstiegs wir Menschen verantwortlich sind. Deshalb spricht man von einer anthropogenen – vom Menschen verursachten – Klimaänderung. Verantwortlich dafür sind in

erster Linie das Verbrennen von fossilen Energieträgern (Kohle, Öl, Gas), großflächige Entwaldungen sowie die Land- und Viehwirtschaft. Durch den Ausstoß der dabei anfallenden Treibhausgase (CO₂, CH₄, N₂O etc.) verändert sich die chemische Zusammensetzung der Erdatmosphäre und damit ihre Strahlungsbilanz. Die Erdatmosphäre nimmt mehr Sonnenenergie auf, im Ergebnis steigt die Temperatur als ein entscheidender Faktor im Klimageschehen.

An den Polen ist der Temperaturanstieg dabei stärker als am Äquator. Während die globale Mitteltemperatur – ein statistischer Durchschnittswert, der sich aus tausenden von Messungen an vielen Orten der Erde ergibt – in den letzten 100 Jahren um 0,8° C anstieg, erwärmte sich Europa im gleichen Zeitraum um rund 1,3 °C. Damit einher gehen die Veränderung von Niederschlagsmustern, das Abschmelzen von Gletschern und des Polareises, der Anstieg des Meeresspiegels und die Zunahme von Wetterextremen.

Die ersten zehn Jahre des 21. Jahrhunderts gehören weltweit zu den wärmsten Jahren seit Beginn der Wetteraufzeichnungen. Die Jahre 2014 und 2015 belegen in Deutschland Platz 1 und 2 aller seit 1881 gemessenen Jahre. Dabei hat der Klimawandel erst angefangen. Aufgrund der Trägheit des Klimasystems steigt die Temperatur auch dann weiter, wenn es uns gelingen sollte, die Treibhausgasemissionen morgen auf dem Stand von heute zu stabilisieren. Obwohl die Pariser Klimakonferenz Ende 2015 eine Begrenzung der globalen Erwärmung auf deutlich unter 2° C beschlossen hat, steigen die Emissionen weltweit noch immer weiter an. Falls es nicht gelingen sollte, die Pariser Beschlüsse umzusetzen, kann die globale Mitteltemperatur bis zum Jahr 2100 um 2-6° C ansteigen. Davon würde auch die Bundeshauptstadt betroffen. Berlin ist auf das Klima „eingestellt“, das sich in der Vergangenheit entwickelt hat und das wir als „normal“ empfinden. Der zu erwartende Klimawandel wird dieses historische „Passungsverhältnis“ von Stadt und Klima in historisch einmaliger Geschwindigkeit ändern und die Bedeutung dessen, was uns als „normal“ gilt, deutlich verschieben. Der Rekord-Hitzesommer von 2003, der europaweit mindestens 50.000 zusätzliche Hitzetote gekostet hat, war seinerzeit ein außergewöhnlich warmer Sommer. Um 2050 wird es ein normaler Sommer sein, und um 2100 würden wir einen Sommer wie den von 2003 als besonders kühl empfinden.

Berlin muss sich aktiv anpassen, um die potenziellen Schäden zu reduzieren und mögliche, sich ergebende Chancen zu nutzen. Es reicht keineswegs aus, nichts zu tun und auf die spontane Anpassungsfähigkeit der Stadtgesellschaft zu hoffen. Diese wird es zwar brauchen, aber sie kann nur mobilisiert werden, wenn es belastbare Zukunftsprognosen des Klimawandels in Berlin gibt, verbunden mit einer möglichst genauen Analyse der Verwundbarkeiten und einer abgestimmten Strategie des Senats. Dafür bildet das AFOK die Grundlage.

Berlin kümmert sich nicht erst mit dem AFOK um die Folgen des Klimawandels und wie ihnen begegnet werden kann. Schon im Jahr 2009 wurde ein erster Bericht zum Klimawandel in Berlin erstellt, und im Jahr 2011 wurde der Stadtentwicklungsplan (StEP) Klima vorgelegt, der 2015/16 als StEP Klima KONKRET aktualisiert und auf die Herausforderungen der wachsenden Stadt fokussiert wurde. Dabei geht es primär um eine raumbezogene Perspektive auf den künftigen Klimawandel.

Seit 2016 liegt beim Umweltatlas eine neue Planungshinweiskarte vor die aufzeigt, welche Bereiche der Stadt bereits heute unter klimatischen Belastungen leiden und wo Berlin Potenziale für Anpassung besitzt. Das AFOK nimmt das zukünftige Berliner Klima in den Blick, und es wählt eine sektorale Perspektive, keine räumliche. Es greift damit die Zielstellung des am 5. April 2016 in Kraft getretenen Berliner Energiewendegesetzes (EWG Bln) auf, das die Verbesserung der Anpassungsfähigkeit natürlicher, gesellschaftlicher und ökonomischer Systeme und den Erhalt der Funktionsfähigkeit städtischer Infrastrukturen sowie den Erhalt der urbanen Lebensqualität als Verpflichtung des Senats formuliert. Im Verbund mit dem StEP Klima/ StEP Klima KONKRET und der Planungshinweiskarte bildet das AFOK den Rahmen für eine Gesamtstrategie zur Anpassung Berlins an die Folgen des Klimawandels. Es beschreibt auf der Basis aktueller aktueller globaler und regionaler Klimaszenarien die Klimaveränderungen, die auf Berlin in der nahen (d.h. bis 2050) und der fernen Zukunft (d.h. bis 2100) zukommen werden und identifiziert vor diesem Hintergrund die Vulnerabilitäten (Verwundbarkeiten) für verschiedene gesellschaftliche Bereiche. Zudem steuert es strategische Ansatzpunkte und konkrete Maßnahmenvorschläge bei um den kommenden

Herausforderungen proaktiv zu begegnen und Schäden weitestgehend zu vermeiden. Die Erarbeitung des AFOK erfolgte in einem transdisziplinären Arbeitsprozess unter Einbeziehung der Fachöffentlichkeit und der Berliner Verwaltung auf Senats- und Bezirksebene. So brachten allein über 100 Personen im Rahmen von drei Fachworkshops ihre Kenntnisse und Erfahrungen zu Vulnerabilitäten, Maßnahmen und Kommunikationsstrategien ein.

0.2 Regionales Klima in Berlin 2050 und 2100

Methodik

Da wir die Klimazukunft nicht voraussehen können, sind wir zur Abschätzung dessen, was auf uns zukommt, auf Klimamodelle angewiesen. Es gibt mittlerweile verschiedene globale Klimamodelle. Wir wissen heute nicht mit Sicherheit, welches dieser Modelle am Ende das richtige gewesen sein wird – jedes hat seine spezifischen Stärken und Schwächen. Es wäre daher unklug, sich für die Projektion des Klimawandels auf nur ein einziges Modell zu verlassen. Seit einiger Zeit hat sich daher als wissenschaftlicher Standard durchgesetzt, sog. Modell-Ensembles zu berücksichtigen, also die Ergebnisse mehrerer Modelle in die Zukunftsbetrachtung einzubeziehen. Das ist auch hier geschehen. Für die Vulnerabilitätsanalyse und die Maßnahmenentwicklung des AFOK wurden 12 Kombinationen aus sechs regionalen und fünf globalen Klimamodellen zugrunde gelegt. Als einheitliche Basis diente ein Emissionsszenario, das eine globale Erwärmung in der Spanne von 2,6 bis 4,8° C bis zum Ende des 21. Jahrhunderts annimmt. In der Terminologie des Weltklimarats IPCC handelt es sich dabei um ein sog. RCP 8.5-Szenario.

Im Ergebnis erhält man bei Ensemble-Rechnungen nicht einen einzigen Wert für einen bestimmten Klimaparameter pro Zeitpunkt, sondern eine Häufigkeitsverteilung der verschiedenen Modellergebnisse. Als Grundlage für die Vulnerabilitätsabschätzung und die Maßnahmenentwicklung des AFOK wurde von der Spanne an Werten ausgegangen, die die Mehrheit von zwei Dritten der Modelle prognostiziert. Der besseren Verständlichkeit halber wurden aus dem gesamten Zeitverlauf der Modelle bis 2100 zwei „Zeitscheiben“ besonders hervorgehoben, die als Orientierungsmarken für die Wirkungsabschätzung dienen: Zum einen die sog. „nahe Zukunft“ (Mittelwert der Periode 2031- 2060), zum anderen die sog. „ferne Zukunft“ (Mittelwert der Periode 2071-2100).

Temperatur

Im Rahmen des AFOK wurden die letzten 30 Jahre an Wetterdaten von repräsentativ ausgewählten Messtationen auf dem Berliner Stadtgebiet ausgewertet, um den bereits erfolgten Klimawandel abschätzen zu können. Dabei zeigt sich: Schon in der jüngeren Vergangenheit kann man in Berlin einen Anstieg der Temperaturen beobachten.

Auf der Basis der erwähnten Ensemblerechnungen kann man für die nahe Zukunft konstatieren, dass voraussichtlich ein weiterer Anstieg der durchschnittlichen Tageshöchsttemperaturen um ca. 1,2° C stattfinden wird. Für die ferne Zukunft ist mit einem Anstieg um ca. 3,2° C zu rechnen. Besonders markant fällt der Anstieg im Herbst und Winter aus. Aber auch die Sommer in Berlin werden noch etwas heißer. Gegen Mitte des Jahrhunderts werden die Sommer im Schnitt etwa 1° C wärmer als heute sein, gegen Ende um etwa 3° C. Es gehört zu den „Markenzeichen“ des Klimawandels, dass die Extremwerte deutlicher zunehmen als die Mittelwerte, was an der statistischen Verteilung der Werte liegt.

Niederschläge

Im Zeichen des Klimawandels wird es in Berlin zu einem Anstieg des mittleren Jahresniederschlags von ca. 3-10 Prozent (nahe Zukunft) bzw. 7,5-18 Prozent (ferne Zukunft) kommen. Der stärkste Anstieg ist dabei für den Frühling und den Winter zu erwarten, im Herbst, vor allem aber im Sommer fällt er schwächer aus. Besonders wichtig ist ein Trend aus dem Bereich der Extremwerte: die Zunahme der Starkregentage (mehr als 10 mm Niederschlag). Gegenwärtig gibt es davon rd. 11 im ganzen Jahr. Der Klimawandel führt dazu, dass wir zukünftig ungefähr 15 (nahe Zukunft) bzw. 17 (ferne Zukunft) solcher Tage bekommen werden.

Da die Temperaturen besonders im Winter ansteigen werden, ist mit deutlich weniger Schnee und auch weniger Frostperioden zu rechnen. Berlin, bekannt für seine eher kontinental geprägten kalten Winter, wird immer mehr zu einem Ort mit moderaten Wintern, wie wir sie aus den westlichen Landesteilen Deutschlands kennen. Dessen ungeachtet – Wetter und Klima sind nicht dasselbe – wird es immer wieder einmal auch sehr kalte Winter an Havel und Spree geben. Solche Ereignisse werden aber im Zeitverlauf immer seltener werden.

Die Herausforderung des Klimawandels für Berlin besteht darin, dass es zukünftig vermehrt beides geben kann: Mehr Niederschläge im Jahresdurchschnitt und mehr Trockenphasen, vor allem im Sommer. Das Berliner Wetter im Zeichen des Klimawandels wird unsteter werden: längere Trockenphasen werden sehr wahrscheinlich mit mehr Starkregen kombiniert auftreten.

Wind

Betrachtet wurde auch die Variable Windgeschwindigkeit, wenngleich sie aus den Modellen am schwierigsten herzuleiten ist. Bis 2100 zeigen die herangezogenen Modellkombinationen hier keinen klaren Trend zur Zu- oder Abnahme von Sturmereignissen. Aber die Unsicherheiten sind recht hoch.

0.3 Vulnerabilitäten und Maßnahmen

Der Begriff der Vulnerabilität (Verwundbarkeit) eines Systems für die Folgen des Klimawandels wird im Rahmen des AFOK im Sinne der Definition des Weltklimarats IPCC verstanden: ein notwendiger, aber kein hinreichender Faktor zur Abschätzung der Vulnerabilität ist die Exposition, also das Ausgesetztsein des Systems gegenüber einer Facette des Klimawandels. Sie wird durch das lokale Klima bestimmt. Die Sensitivität (Empfindlichkeit) für dessen Änderungen aber hängen nicht am Klima, sondern an den Eigenschaften des Systems. Beide Faktoren zusammen definieren die potenziellen Schäden. Ob sich diese potenziellen Schäden aber auch in wirkliche Schäden übersetzen hängt an der Anpassungsfähigkeit des Systems, also etwa daran, wie gut vorbereitet ein System ist oder welche Möglichkeiten zur Schadensbegrenzung oder –behebung bestehen. Im Rahmen des AFOK wurde die Vulnerabilität Berlins als Funktion der Vulnerabilität von neun Sektoren oder Handlungsfeldern bestimmt, die einzeln betrachtet werden.

Handlungsfeld Gesundheit und Bevölkerungsschutz

Die Gesundheit der Berliner Bevölkerung wird im Zuge des Klimawandels sowohl durch die allmähliche Veränderung von Durchschnittswerten des Wetters beeinträchtigt als auch durch vermehrt auftretende Extremereignisse (z.B. Starkregenereignisse, Hitzewellen). Neben leichteren Komplikationen wie Schlafstörungen oder Beeinträchtigungen der Arbeitsproduktivität kommt es bei Hitzetagen und Hitzewellen vor allem zu vermehrten Herz-Kreislauf-Notfällen (bis hin zum „Hitzschlag“), Fällen der Dehydrierung (des „Austrocknens“ aufgrund mangelnder Flüssigkeitszufuhr) und zu Atemwegserkrankungen (wie chronischer Lungenerkrankung, *Chronic Obstructive Pulmonary Disease*; COPD). Besonders belastend für den menschlichen Organismus ist das Auftreten mehrerer heißer Tage nacheinander, bei denen auch nachts keine merkliche Abkühlung eintritt und keine nächtliche Erholung des Organismus erfolgt.

Studien lassen vermuten, dass Hitzestress insbesondere bei Patienten mit chronischen Lungenerkrankungen zu einem bis zu 43% erhöhten Mortalitätsrisiko führt. Insgesamt sind vor allem ältere Menschen, (chronisch) Kranke und Kleinkinder gefährdet. Wachsende Bevölkerungszahlen mit einem deutlich höheren Anteil auch an Hochbetagten – so die demographischen Prognosen für Berlin – deuten für die Zukunft auf eine erhöhte Verwundbarkeit hin. Die Folge: ein Anstieg der Krankenhauseinweisungen (*Morbidität*) und von Sterbefällen (*Mortalität*). Studien zufolge sind bereits in den Jahren 2001 – 2010 etwa 1.400 Berlinerinnen und Berliner pro Jahr zusätzlich allein aufgrund dieser Hitzeproblematik gestorben.

Der Klimawandel bringt aber auch „schleichende“ Gesundheitsgefahren mit sich, weil er die Lebensbedingungen für Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen allmählich verändert. Dadurch können auch neue Krankheitserreger – i.d.R. vermittelt über neue oder heimische Krankheitsüberträger („Vektoren“, z.B. Mäuse, Mücken oder Zecken) – in ein Gebiet wandern, das ihnen durch bestimmte Wetterbedingungen bislang „versperrt“ war. So könnten sich etwa Zecken, die Borreliose übertragen können und bislang für Berlin noch kein großes Problem darstellen, in Zukunft begünstigt durch die milderen Winter stärker ausbreiten. Der Klimawandel kann auch das Auftreten neuer Wirtstiere befördern, die Erreger von bisher in unseren Breiten unbekanntem Krankheiten mitbringen. Bislang als exotisch geltende Arten wie die Asiatische Tigermücke oder die Asiatische Buschmücke breiten sich mehr und mehr nach Norden aus. Keine dieser neuen Stechmückenarten wurde bislang in Berlin nachgewiesen, aber der geographische Breitengrad Berlins wurde schon erreicht. Teils oft tödlich endende tropische Fieberkrankheiten könnten vermehrt auftreten – der Forschungsbedarf ist in diesem Bereich aber noch hoch. Beeinflusst vom Klimawandel lassen sich bereits gegenwärtig Verlängerungen der Blühperiode von Pflanzen und damit höhere Belastungen für an Pollinosis (Allergien, die durch den Luftweg übertragen werden) leidende Menschen nachweisen. Aktuell rd. 700.000 Berlinerinnen und Berliner dürften von dieser unangenehmen Krankheit in Zukunft noch stärker betroffen sein, die darüber hinaus bei Nichtbehandlung zu chronischem Asthma führen kann. Eine hohe Staubbelastung der Luft – die typisch ist für langanhaltende Hitzeperioden – begünstigt das Auftreten von Allergien zusätzlich.

Auch die ursprünglich aus Nordamerika stammende Ambrosiapflanze mit ihren hochallergenen Pollen findet mit fortschreitendem Klimawandel immer günstigere Lebensbedingungen im Stadtgebiet. Gleiches gilt z.B. für den von Jahr zu Jahr vermehrt anzutreffenden Eichenprozessionsspinner: seine mit Nesselgift gefüllten Spiegelhaare führen bei Kontakt nicht nur bei Menschen zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen; auch als Forstschädling ist er zunehmend gefürchtet. Schließlich darf das ansteigende Hautkrebsrisiko durch vermehrte Sonneneinstrahlung nicht unterschätzt werden: Bei Männern und Frauen gehören Hautkrebsfälle in den letzten Jahren (2000 – 2014) zu den zehn häufigsten und zunehmenden Krebsarten in Berlin.

Die Berliner Bevölkerung muss für die Risiken des Klimawandels sensibilisiert werden. Wir brauchen ein abgestimmtes Frühwarnsystem für Hitzeereignisse, das die Betroffenen in Krankenhäusern, in Kitas wie Alten- und Pflegeheimen, die Träger der ambulanten Pflege auch erreicht. Ärzte und Apotheker spielen dabei eine wichtige Rolle als kompetente und bürgernahe Multiplikatoren. Erste erfolgreiche Versuche an der Berliner Charité zeigen zudem: perspektivisch brauchen wir das klimaangepasste Krankenhaus, um besonders gefährdete Patientengruppen besser vor Hitze zu schützen. Die Trinkwasserversorgung im öffentlichen Raum muss schrittweise niederschwellig ausgebaut werden. Besonders exponierte Berufsgruppen müssen besser geschützt werden, längerfristig stehen auch die Arbeits- und Betriebszeiten auf dem Prüfstand. Lebensmittel können in einem heißeren Klima leichter verderben und müssen entsprechend kontrolliert werden. Kantinen sollten während Hitzephasen leichtere Speisen anbieten. Insgesamt brauchen wir ein besseres Gesundheitsmonitoring, mehr Forschung zu den konkreten Auswirkungen des Klimawandels auf die öffentliche Gesundheit und eine stärker daran orientierte Stadt- und Freiraumplanung

Weiterhin ergeben sich neue Herausforderungen für den *Bevölkerungsschutz*. Neben den Senatsverwaltungen, den Bezirken und der Berliner Feuerwehr sind auch private Hilfs- und Rettungsdienste wichtige Akteure des Katastrophenschutzes: Organisationen wie der Arbeiter-Samariter-Bund e.V. (ASB), das Deutsche Rote Kreuz (DRK), die Freiwilligen Feuerwehren (FF), die Johanniter-Unfall-Hilfe e.V. (JUH), der Malteser Hilfsdienst e.V. (MHD) oder die Bundesanstalt Technisches Hilfswerk (THW) – sind wichtige Pfeiler des Berliner Katastrophenschutzes.

Die Anpassungsfähigkeit des Berliner Bevölkerungs- und Katastrophenschutzes mit der Feuerwehr als tragender Säule ist gegenwärtig insgesamt als hoch einzustufen. Mit fortschreitendem Klimawandel ist allerdings davon auszugehen, dass die Anzahl der wetterbedingten Einsätze bei sog. Alltagsgefahren – wie Überschwemmungen, Notfalleinsätze durch Hitzebelastungen und (in geringerem Umfang) auch Brände aufgrund zunehmender Trockenphasen – zunehmen wird. Mehr Hitzespitzen und mehr Starkregen – im Sommer auch kurz hintereinander – stellen die Rettungsdienste vor neue Herausforderungen. Die sog. „außergewöhnlichen Schadenslagen“ nehmen zu, eine noch weiter verbesserte Zusammenarbeit von Feuerwehr, Krankenrettung, Polizei und privaten Hilfsorganisationen wird erforderlich werden. Die Berliner Feuerwehr bietet bereits heute ein Warn- und Informationssystem für Katastrophen an (KATWARN). Es umfasst Smartphone-Apps, SMS- und E-Mail-Warnungen. Mehr Menschen müssen für die Nutzung dieser Systeme interessiert werden. Mittelfristig muss die Fahrzeugflotte des Rettungswesens aufgestockt, die Aus- und Fortbildung an die neuen Schadenslagen angepasst und die Einbindung der Öffentlichkeit verbessert werden. Folgende Maßnahmenvorschläge wurden vor diesem Hintergrund für das Handlungsfeld Gesundheit und Bevölkerungsschutz entwickelt:

- Ausbau von Frühwarnsystemen
- Steigerung der individuellen körperlichen Fitness
- Anpassung der Medikation und Beratung
- Rettungswesen und Katastrophenschutz aufstocken
- (Alten-) Pflegeprogramm zur Klimaanpassung
- Krankenhausprogramm zur Klimaanpassung
- Sicherstellen einer ausreichenden Trinkversorgung
- Anpassung/Verbesserung des Arbeitsschutzes
- Flexibilisierung von Arbeits- und Öffnungszeiten
- Hitzeangepasste Speise- und Getränkeangebote
- Erforschung klimabedingter Gesundheitsrisiken
- Landschaftsplanung berücksichtigt Allergiefolgen.

Handlungsfeld Gebäude, Stadtentwicklung, Grün- und Freiflächen

Städte sind aufgrund ihres verdichteten Bauvolumens, der reduzierten Verdunstung und der vielfachen Barrieren für den Luftaustausch deutlich wärmer als ihre ländliche Umgebung – ein Phänomen, das auch als „Urban Heat Island“ (UHI) oder „städtischer Wärmeinsel-Effekt“ bekannt ist. Die kernstädtischen Bereiche im Berliner S-Bahn-Ring sind im Schnitt rd. 5° C wärmer als das weitgehend offene Berliner Umland. Dadurch trägt die gebaute Stadtoberfläche zu erhöhten Gesundheitsrisiken durch den zu erwartenden Temperaturanstieg bei. Periodisch auftretende Trockenphasen setzen das Stadtgrün unter Stress. Und die Zunahme von Starkregenereignissen wird im stark versiegelten Stadtraum zu mehr Überflutungen führen – Straßenabschnitte und Keller stehen unter Wasser, U-Bahn-Schächte sind in Gefahr, die Kanalisation wird überlastet.

Obwohl Berlin in den letzten Jahren immer wieder solche Ereignisse erlebt hat, sind sie nur der Vorgeschmack dessen, was langfristig auf unsere Stadt zukommt. Gleichzeitig wächst Berlin – zuletzt mit rd. 40.000 Menschen jährlich, ein Teil davon bedingt durch weltweite Migration. Der Wohnungsbau hat Vorrang, und neben Wohnungen müssen auch Arbeitsplätze, Schulen, Infrastrukturen etc. geschaffen werden. Die verdichtete Stadt der kurzen Wege ist nach wie vor das Leitbild der Stadtentwicklung und bietet auch für den Klimaschutz viele Vorteile. Im Interesse einer verbesserten Anpassung an den Klimawandel muss die Stadt dagegen aufgelockert und weniger dicht werden. Damit ist ein Spannungsverhältnis, aber kein unauflösbarer Widerspruch bezeichnet. Denn bei guter Planung können wir durchaus beides haben: mehr Wohnraum und gleichzeitig mehr klimatische Entlastung in der Stadt.

Das übergeordnete Ziel aller dieser Maßnahmen ist es, die Stadtoberfläche so umzubauen und zu qualifizieren, dass auch ein wachsendes Berlin seine Lebensqualität im Klimawandel erhält. Wenn strategisch wichtige Grün- und Freiflächen gesichert werden, wenn eine systematische Dach- und Fassadenbegrünung erfolgt, wenn das verbleibende Stadtgrün aufgewertet wird (Grünvolumen, nicht nur Grünfläche), wenn versiegelte Flächen für Niederschläge durchlässiger werden, wenn Fassaden und Dächer begrünt werden, wenn kühle Wohlfühlorte in den Quartieren entstehen – dann kann Berlin klimaangepasst wachsen. Ein neuer Umgang mit Wasser in der Stadt ergänzt diese städtebaulichen Maßnahmen. Folgende Maßnahmen sind vor diesem Hintergrund für das Handlungsfeld Gebäude, Stadtentwicklung, Grün- und Freiflächen angeraten:

- Sicherung der klimatischen Entlastungsräume
- Schaffung von qualifizierten Grün- und Freiflächen, Dach- und Fassadenbegrünung
- Steigerung der Resilienz des Stadtgrüns
- Klimatische Entkoppelung von Neubauvorhaben
- Klimatische Qualifizierung der Stadtoberfläche
- Klimaanpassungskonzepte auf Quartiersebene
- Pilotprojekte zu Klimaanpassungsmaßnahmen
- Bestehende Planungsinstrumente klimafit machen
- Bereitstellung von kühleren Räumen bei Hitze
- Begrenzung konventioneller Klimaanlage
- Bessere Information für Mieter und Eigentümer
- Debatte zum Regenwassermanagement.

Handlungsfeld Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft

Jedes Jahr fallen rund 522 Mio. m³ Niederschlagswasser auf das Berliner Stadtgebiet. Davon verdunsten rd. 310 Mio. m³, 142 Mio. m³ versickern, und knapp 70 Mio. m³ werden über die Kanalisation abgeleitet. Den AFOK-Szenarien zufolge sind zwei Trends besonders hervorzuheben: Erstens nimmt der Jahresniederschlag bis 2050 um ca. 3-10 Prozent, bis 2100 um ca. 8-18 Prozent zu, besonders im Winterhalbjahr. Zweitens ist eine Zunahme von Starkniederschlagsereignissen zu erwarten, zwischen ca. 14 und 40 Prozent bis 2050 und zwischen ca. 22 und 80 Prozent bis 2100. Daraus ergibt sich eine Reihe von Risiken.

Einen schon länger bekannten Problembereich stellt die Berliner Mischkanalisation dar, die Regenwasser zusammen mit Schmutzwasser abführt und aus historischen Gründen vornehmlich in der inneren Stadt sowie älteren Siedlungskernen wie in Spandau zu finden ist. Bei starker Belastung durch Regenfälle können nicht alle ihre Abwässer zu den Kläranlagen geleitet werden, sondern fließen ungeklärt in die Oberflächengewässer. Senat und Berliner Wasserbetriebe (BWB) investieren seit einigen Jahren in erheblichem Umfang in Maßnahmen zur Erhöhung des unterirdischen Speichervolumens. Der Klimawandel birgt das Risiko, durch mehr Starkregenereignisse den entlastenden Effekt dieser Investitionen deutlich herabzusetzen. Heißere Sommer können zukünftig auch mit längeren Trockenphasen einhergehen. Dadurch reduziert sich der Durchfluss durch die Kanalisation, es entstehen unangenehme Gerüche. Auch können sich der Wasserstand und die Fließgeschwindigkeit der Spree reduzieren. Gleichzeitig steigt in solchen Wetterphasen der Wasserbedarf in der Stadt – nicht zuletzt auch für das städtische Grün.

Gerade in diesem Handlungsfeld besteht also ein erheblicher Anpassungsbedarf, sollen Schäden vermieden und letztlich auch Kostenbelastungen reduziert werden. Durch eine Kombination verschiedener Maßnahmen lässt sich die Berliner Wasserwirtschaft „fit“ für den Klimawandel machen. Hierbei ist es sehr hilfreich, dass die BWB in den letzten Jahren eine Reihe von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben durchgeführt haben, die sich mit diesen Zukunftsherausforderungen befassen.

Die Maßnahmen zielen darauf ab, die dezentrale Regenwasserversickerung zu erhöhen, die Oberfläche der Stadt für temporäre Überflutungen und kontrollierte Abläufe zu ertüchtigen und nur den unvermeidlichen „Rest“ an Zusatzwasser durch die Optimierung der Kanalisation aufzufangen. Die freie Trinkwasserversorgung im öffentlichen Raum (Trinkbrunnen-Netz) muss zügig ausgebaut, Wasser in der Stadt zugänglich, erfahrbar und auch ästhetisch attraktiv gestaltet werden.

„Schwammstadt“ Berlin: Die Maßnahmen im Bereich Stadtentwicklung und im Bereich Wasserwirtschaft müssen sich ergänzen und einen Synergieeffekt erzielen, der hier als „Schwammstadt“-Prinzip bezeichnet wird. Berlin muss eine Schwammstadt werden, damit es den Risiken des Klimawandels gut begegnen kann. Das bedeutet konkret:

- Die Durchlässigkeit der Stadtoberfläche für Niederschlagswasser muss erhöht werden, um den Oberflächenabfluss zu reduzieren und die Kanalisation zu entlasten. Entsiegelungsmaßnahmen und Mulden-Rigolen-Systeme sind hier wichtig.
- Festzulegende Straßenabschnitte, Park- oder Spielplätze müssen die zu erwartenden Niederschlagsspitzen dezentral zwischenspeichern, um sensible Gebäude und Infrastrukturen vor urbanen Überflutungen zu schützen und die Kanalisation zu entlasten.
- Gleichzeitig muss vor allem in den wärmeren Monaten die Verdunstungsrate deutlich gesteigert werden, da der Verdunstungsvorgang der Umgebungsluft Wärme entzieht und dadurch zur Abkühlung des Stadtklimas beiträgt.
- Es braucht mehr kleine Oasen und Wohlfühlorte in den Berliner Quartieren, die neben ihrer stadtklimatischen und –hydraulischen Funktion auch gesteigerte Aufenthaltsqualitäten bieten.
- Der Neuzuschnitt von Verantwortlichkeiten und Kostenträgerschaften verlangt nach verbesserter Koordination und der Kommunikation mit der Stadtgesellschaft.

Durch eine Umgestaltung gemäß dieser Schwammstadt-Prinzipien würde die Resilienz Berlins gegenüber den beiden wichtigsten Klimawandelfolgen – mehr Hitze und mehr Starkregen – deutlich erhöht, der Kostenanstieg der öffentlichen Infrastrukturunterhaltung gedämpft, vielleicht sogar reduziert, und die Lebens- und Aufenthaltsqualität in der Stadt erhöht werden. Insgesamt sind im Handlungsfeld Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft folgende Maßnahmen zu ergreifen:

- | | |
|--|---|
| - Entkoppelung der Regenwasserbewirtschaftung | - Steigerung der klimatischen Wirksamkeit von Gewässern |
| - Überflutungstaugliche Gestaltung der Oberflächen | - Ausbau des Trinkbrunnennetzes |
| - Anpassung der Infrastruktur an Starkregeneignisse | - Schaffung von Bademöglichkeiten und Freibädern |
| - Anpassung der Infrastruktur an Trockenheit und Hitze | - Wassersensible Klimaanpassung als Thema |
| - (Trink-) Wasserqualität sichern | - Informationen für gefährdete Stadtgebiete |
| | - Erforschung Wasserbilanz und Klimawandel. |

Handlungsfeld Umwelt und Natur

Berlin ist eine grüne Stadt. Knapp 44 Prozent des Stadtgebiets werden von Wald, Gewässern, Parkanlagen, Sportflächen, Kleingärten oder Landwirtschaft eingenommen – in Paris sind es lediglich 23 Prozent, in New York 27 Prozent. Dieses „grüne“ Berlin hat einen positiven Effekt für das Stadtklima und ist die Heimat vieler Tier- und Pflanzenarten. Und natürlich bietet es vielfältige Freizeit- und Erholungsräume. Der Klimawandel wird zunächst die Böden belasten. Trockenperioden führen zu Verhärtungen und Verdichtungen, Starkniederschläge können die Bodenerosion fördern. Berlins 76 Moore nehmen nur 0,8 Prozent der Landesfläche ein, besitzen als Wasserspeicher und Kaltluftentstehungsgebiete aber wichtige hydrologische und klimatische Funktionen. Längere Trockenperioden gefährden dies. Berlins vielfältige Gewässerlandschaft ist bei Naturfreunden, Badenden, Sportfischern und Bootssportlern gleichermaßen beliebt.

Steigende Temperaturen und die durch Starkregen bedingte Zunahme der Mischwasserkanalisations-überläufe werden die Wasserqualität beeinträchtigen. Berlins Wälder sind nicht nur Erholungsräume, sie binden CO₂, sie speichern (Trink-) Wasser, sie filtern Luftschadstoffe und kühlen die Stadt. Heißere, teilweise auch trockenere Sommer setzen die Bäume unter Trockenstress, die zu erwartenden milderen Winter erhöhen das Risiko von Schädlingsbefall. Auch das innerstädtische Grün – Parks, Gärten, Straßenbäume etc. – kühlt die Stadt und sorgt für einen geringeren Oberflächenabfluss.

Aber auch das Stadtgrün kann in heißen, trockenen Phasen unter Stress geraten und mehr Pflege benötigen. Schon heute können aufmerksame Naturbeobachter feststellen, dass sich die Wachstumsperioden vieler Bäume, Sträucher und Nutzpflanzen verändert haben. Auch Fische, Amphibien oder Vögel in Berlin zeigen veränderte Verhaltensmuster. Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Artenvielfalt sind schwierig abzuschätzen. Weltweit und auch in Deutschland tragen Entwaldung und Landwirtschaft noch am stärksten zum Biodiversitätsverlust bei. Aber in Zukunft wird der Klimawandel zu einer Verschiebung der Lebensräume führen und damit einzelne Arten unter Druck setzen. Die entsprechenden Trends müssen unbedingt beobachtet und weiter erforscht werden. Auch die mehr als 100 Gebiete des Natur- und Landschaftsschutzes müssen in ihrem räumlichen Zusammenhang betrachtet und so verbunden werden, dass gefährdete Arten besser wandern können.

Nur rd. 2 Prozent der Landesfläche (1.985 ha) werden in Berlin landwirtschaftlich genutzt – meist für den Getreideanbau, als Dauergrünland oder für den Obstanbau. Die Betriebe sind vor Schäden durch Extremereignisse zu schützen, die Landwirtschaftsfläche sollte erhalten werden, nicht zuletzt für die Frisch- und Kaltluftzufuhr.

Die vorgeschlagenen Maßnahmen zielen darauf ab, die sensiblen Teile der grünen Infrastruktur Berlins besser zu schützen (z.B. durch Sicherung und Ausbau des Waldumbauprogramms) und resilienter gegenüber dem Klimawandel zu machen (z.B. durch die Pflanzung stressresistenter, möglichst einheimischer Arten). Die stärkere Nutzung von Ökokonten und die bessere Vernetzung von Naturschutzgebieten sollen die Berliner Artenvielfalt schützen. Vor diesem Hintergrund sind im Handlungsfeld Umwelt und Natur folgende Maßnahmen zu ergreifen:

- Berücksichtigung des vorsorgenden Bodenschutzes
- Ausbau des Berliner Bodenmonitorings
- Schutz und Renaturierung der Berliner Moorstandorte
- Ausbau des Berliner Moormonitorings
- Sicherung, Pflege und Entwicklung der Berliner Wälder
- Forstliches Umweltmonitoring
- Klimaresiliente und standortangepasste Pflanzungen
- Einrichtung eines Flächenpools/ Ökokontos
- Überprüfung von bestehenden Schutzgebieten
- Sicherung und Pflege der Berliner Kulturlandschaft
- Steigerung des innerstädtischen Grünvolumens
- Kampagne zur Klimaanpassung in Kleingärten.

Handlungsfeld Energie- und Abfallwirtschaft

Der Klimawandel wird längerfristig den Heizenergiebedarf in milderen Wintern reduzieren, heißere Sommer werden umgekehrt die Nachfrage nach Gebäudekühlung ansteigen lassen. Im Interesse des Klimaneutralitätsziels muss die zusätzliche Gebäudekühlung primär durch passive Maßnahmen (z.B. durch Verschattung, Lüftung, Nutzung von Verdunstungskälte) und dann durch die Nutzung regenerativer Energien bereitgestellt werden. Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK) mit einem steigenden Anteil erneuerbarer Brennstoffe ist eine weitere Option für Berlin.

Deutschlandweit gilt das oberirdische Stromnetz als anfällig für Extremwetterereignisse – es besteht eine geringe, aber nicht zu vernachlässigende Blackout-Gefahr. In Berlin liegt der größte Teil des Stromnetzes unter der Erde. Aber auch hier kann der Klimawandel gefährlich werden – etwa durch sog. „Sommerfrost“, d.h. Leitungsunterbrechungen durch Absenkungen des Erdreichs infolge längerer Trockenheit. Trafostationen können bei Temperaturen über 35° C ausfallen. Technische Verbesserungen bei der Kühlung konventioneller Kraftwerke haben die thermische Belastung der Spree in den letzten Jahren reduziert, ein möglicher Anstieg der Wassertemperaturen stellt daher in Berlin – anders als an anderen wassergekühlten Kraftwerken in Deutschland – kein signifikantes Klimarisiko dar. Netzertüchtigungen, der Ausbau von Speichern, die Erarbeitung von Notfallplänen und die verbesserte Koordination der Einsatzkräfte machen das Berliner Stromnetz der Zukunft resilienter, also weniger anfällig gegen die Folgen des Klimawandels.

Die Abfallwirtschaft in Berlin wird in zweifacher Hinsicht vom Klimawandel betroffen sein. Zum einen können steigende Sommertemperaturen mit Hitzespitzen den gesamten Prozess beeinträchtigen, angefangen von der zunehmenden Geruchsbelästigung beim Hausmüll, vor allem aber bei der Biotonne. Zum anderen gefährdet die zunehmende Hitzebelastung die Produktivität und Gesundheit der Beschäftigten speziell im Außenbereich (Müllabfuhr, Straßenreinigung, Recyclinghöfe, Kompostierungsanlagen). Die Anpassungsstrategie im Abfallbereich muss die sensiblen Prozessbereiche identifizieren und ggf. optimieren. Eine zeitliche Verkürzung etwa der Abholzyklen für die Biotonne ist aus heutiger Sicht noch nicht erforderlich, muss aber im Rahmen des Klimafolgenmonitorings periodisch geprüft werden. Bereits heute muss dem Arbeits- und Gesundheitsschutz der in den Außenbereichen Beschäftigten eine größere Aufmerksamkeit geschenkt werden, z.B. durch leichtere Arbeitskleidung oder mehr Kühlboxen für Müllfahrer. Mittelfristig muss auch über die Verlagerung der Arbeitszeiten in die kühleren Tageszeiten nachgedacht werden. Folgende Maßnahmen sind vor diesem Hintergrund für das Handlungsfeld Energie- und Abfallwirtschaft an geraten:

- Förderung energieeffizienter Kühlsysteme
- Vorsorge gegen Störungen in der Stromversorgung
- Verbesserte Planung von Energieanlagen mit Umweltbelangen
- Optimierung der Energieinfrastruktur, Fokus: Netze
- Optimierung der Energieinfrastruktur, Fokus: Speicher
- Sicherung der Abfallsammlung bei anhaltender Hitze
- Mehr Gesundheitsschutz für Mitarbeiterschaft
- Verstärkung der Bemühungen zur Abfallvermeidung.

Handlungsfeld Industrie, Gewerbe, Finanzwirtschaft

Die Berliner Wirtschaft umfasst gut 170.000 Unternehmen, die Mehrzahl davon kleine und mittlere Betriebe, und hat ca. 1,3 Mio. Beschäftigte. Der Schwerpunkt der Wertschöpfung liegt deutlich im Bereich der Dienstleistungen und des Handels, aber auch das Bau- und das produzierende Gewerbe sind bedeutsame Wirtschaftszweige. Der Klimawandel erreicht die Wirtschaft im Wesentlichen über drei Wirkungspfade. Erstens können Extremereignisse die Gebäude und Anlagen gefährden, zweitens gibt es – je nach Branche und Unternehmen sehr unterschiedliche – Beeinträchtigungen der wirtschaftlichen Abläufe (von der Logistik über die Wasser- und Energieversorgung bis hin zur Entsorgung), und drittens schließlich kann der Klimawandel auch die Arbeitsproduktivität der Beschäftigten reduzieren, wodurch sich ebenfalls die Wertschöpfung mindern kann. Schätzungen zu den Wertschöpfungsverlusten durch Hitzewellen reichen, je nach Intensität und Dauer, von 0,03 Prozent bis zu 2,8 Prozent des heutigen Sozialprodukts. Mit Blick auf das Berliner Bruttoinlandsprodukt von 2015 wären das jährliche Schäden in Höhe von 37 Mio. € bis 3,5 Mrd. €.

Diese Gefahrenlagen müssen zunächst in der Wirtschaft grundsätzlich erkannt und unternehmensspezifisch bewertet werden. Insbesondere kleine und mittlere Unternehmen (KMUs) brauchen dafür Unterstützung, weshalb moderierte Runde Tische zum Erfahrungsaustausch für sie ein erster Schritt sind. Bestimmte Branchen (z. B. die Bauwirtschaft) benötigen zuverlässige und nutzerfreundliche Wetterprognosen. Über Kammern, Verbände und Versicherungswirtschaft sollte die Erstellung betrieblicher Anpassungskonzepte angeregt und für KMUs auch finanziell gefördert werden.

Der sommerliche Wärmeschutz in Wirtschaftsgebäuden sollte ausgebaut, klimafreundliche Kühlungsoptionen zum Schutz der Beschäftigten wie der Wertschöpfung genutzt werden. Perspektivisch muss auch über die Flexibilisierung von Arbeits- und Öffnungszeiten nachgedacht werden, wobei hier die Tarifparteien primär gefordert sind.

Vor diesem Hintergrund sind im Handlungsfeld Industrie, Gewerbe, Finanzwirtschaft folgende Maßnahmen zu ergreifen:

- Bereitstellung von verlässlichen Wetter-Prognosen
- Schulungsmaßnahmen zur Schadensvermeidung bei Wetterextremen
- Runde Tische zum Erfahrungsaustausch
- Anpassung von Bauförderung und Ausführungsfristen
- Erstellung betrieblicher Klimaanpassungskonzepte
- Erstellung branchenspezifischer Klimakonzepte
- Flexibilisierung von Arbeits- und Öffnungszeiten
- Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes
- Vorsorge bei Bauaktivitäten im Außenbereich

Handlungsfeld Verkehr

Ob Straßen-, Schienen-, Luft- oder Schiffsverkehr: die zu erwartenden Klimaveränderungen werden sowohl das Verkehrsgeschehen als auch die Verkehrsinfrastrukturen betreffen. Die Untersuchungen im Rahmen von AFOK zeigen: steigende Temperaturen führen zu mehr Unfällen. Allerdings hauptsächlich deshalb, weil bei wärmerem Wetter der Radverkehr zunimmt. Daraus folgt, dass wir im Zeichen des Klimawandels besonders den Radverkehr in Berlin sicherer machen müssen. Der Autoverkehr ist für Hitzebelastungen weniger anfällig, reagiert aber sehr sensibel auf Nässe auf den Straßen.

Hitze- wie nassesensibel ist dagegen der Fußverkehr. Angesichts der Zunahme an Hitze- und Niederschlags-extremen muss die Sicherheit und Annehmlichkeit des Fußverkehrs in Berlin verbessert werden, etwa durch Überwegungen, schattenspendende Straßenraumgestaltung, Trinkbrunnen oder Arkaden. Das hilft auch dem ÖPNV, beginnt und endet die Nutzung von Bussen und Bahnen doch stets mit einem Fußweg. Besonders exponierte Haltestellen und Wartezone müssen klimatisch optimiert werden, etwa durch Überdachung oder Verschattung.

Schon heute leiden Berlins Straßenbeläge unter Hitzestress: auf Autobahnen bilden sich gefährliche Verwerfungen („Blow-ups“), dunkle Teerbeläge weichen auf. Bei Neubau-, aber auch bei Reparaturvorhaben muss deshalb mittelfristig auf hitzebeständige Materialien geachtet werden, die gleichzeitig möglichst auch Niederschläge gut verarbeiten und Sonnenstrahlung besser reflektieren können. Als Teil der „Schwammstadt“-Strategie muss der Berliner Straßenraum zudem so umgestaltet werden, dass er Niederschlagsspitzen oberflächlich gut ableiten kann. Um auch den durch Klimaänderung bedingten Gefahren für den schienengebundenen Verkehr nachzukommen, sollte eine Task-Force Verkehrsinfrastruktur-Check eingerichtet werden.

Klimawandel als „Smog-Verstärker“: Durch den Klimawandel kommt es zu vermehrter Sonneneinstrahlung. Dadurch wird mehr bodennahes Ozon aus den Ausgangsstoffen NO₂, CO und VOC produziert – über 80 Prozent dieser Stoffe werden durch Verbrennungsmotoren erzeugt. Besonders anfällig für erhöhte Ozonwerte sind Risikogruppen wie Kleinkinder oder Personen mit chronischen Erkrankungen der Atemwege. Auch ohne die Emission zusätzlicher Ausgangsstoffe wird der Klimawandel also dazu führen, dass sich die Ozonbelastung in Berlin erhöht. Wollen wir die Ozonkonzentration auf dem heutigen Stand halten, muss der motorisierte Individualverkehr reduziert werden – wie es auch der Klimaschutz verlangt.

Folgende Maßnahmen sind vor diesem Hintergrund für das Handlungsfeld Verkehr insgesamt angeraten:

- Aufbringung von angepasstem Straßenbelag
- Anpassung der Straßenentwässerung an Starkregen
- Reduktion von verkehrsbedingten NOx-Emissionen
- Sicherung des umweltgerechten Verkehrsträgermixes
- Verbesserung der Sicherheit des Radverkehrs
- Regelung zur Kühlung im ÖPNV
- Sicherheit des Fußverkehrs aufrechterhalten
- Task Force Verkehrsinfrastruktur-Check einführen.

Handlungsfeld Tourismus, Kultur und Sport

Mit knapp 12 Mio. Ankünften und 28,7 Mio. Übernachtungen ist Berlin die Top-Tourismus-Destination Deutschlands, der Tourismus stellt entsprechend einen wichtigen Wirtschaftszweig der Hauptstadt dar. Gleichzeitig verfügt Berlin über Deutschlands größtes und vielseitigstes Kulturangebot, und viele Menschen aus der ganzen Welt besuchen die Stadt nicht zuletzt deswegen. Auch Berlins Sportangebot ist enorm: rund 600.000 Menschen gehören einem der über 2.300 Sportvereine an.

Viele Aktivitäten im Tourismus, in der Kultur und im Sport finden im Freien statt. Sie sind deshalb sensibel für Änderungen der klimatischen Rahmenbedingungen. Dabei bietet der Klimawandel hier auch klare Chancen für Berlin: die touristische Saison etwa dürfte sich verlängern, auch das Gastgewerbe könnte profitieren, z.B. durch attraktive Außenangebote, speziell, wenn für Verschattung gesorgt wird.

Viele Außenanlagen können länger für sportliche Aktivitäten genutzt werden. Aber es gibt auch erkennbare Risiken. Tourist/-innen sind vermehrt Sonne und Hitze ausgesetzt und müssen von Informations- und Warnsystemen erreicht werden und Vorsorgestrukturen nutzen können. Um die Risiken und Chancen des Klimawandels für den Berliner Tourismus abschätzen und managen zu können braucht es eine abgestimmte Strategie nebst einem Marketingkonzept.

Im Kultur- und Sportbereich muss eine kostenlose Trinkwasserversorgung sichergestellt werden. Hier müssen wir auch über die Verlagerung von Öffnungs- und Veranstaltungszeiten nachdenken. Schließlich werden die Außenanlagen im Sportbereich durch Trockenstress und Starkregen vermehrt Belastungen ausgesetzt sein, weshalb die Pflege, aber auch die Entwässerung auf die neuen Rahmenbedingungen eingestellt werden müssen. Vor diesem Hintergrund sind im Handlungsfeld Tourismus, Kultur und Sport zu ergreifen:

- Anpassung von Angeboten im Kultur- und Sportbereich
- Kostenlose Ausgabe von Trinkwasser
- Erfrischungsanlagen bei Veranstaltungen
- Marketingkonzept: Klimaangepasster Städtetourismus
- Berücksichtigung der Touristen im Katastrophenschutz
- Einrichtung von Drainagesystemen auf Sportplätzen

Handlungsfeld Bildung

Ein weiterer wichtiger Sektor, der im Rahmen des AFOK betrachtet wurde, ist der Bildungsbereich. Hierfür sprechen im Wesentlichen zwei Gründe. Erstens ist er selbst anfällig für die Folgen des Klimawandels. Aber zweitens kommt der Bildung auch eine Schlüsselrolle für die zukünftige Wahrnehmung und Bewältigung des Klimawandels zu. Die mehr als 2.100 Einrichtungen der frühkindlichen Bildung und Betreuung werden von fast 150.000 Kindern besucht,

in Berlins rund 800 Schulen lernten im Schuljahr 2015/16 gut 300.000 Schülerinnen und Schüler. Aufgrund einer eingeschränkten Fähigkeit zur Regulierung ihrer Körpertemperatur sowie ihres Bewegungsdrangs sind Kinder besonders anfällig für Hitzestress und unzureichende Flüssigkeitszufuhr. Kitas und Schulen folgen in ihrer Lokalisierung der Bevölkerungsdichte, so dass das Gros dieser Einrichtungen in Berlin in Gebieten mit ohnehin erhöhten Temperaturen (*städtischer Wärmeinsel-Effekt*) liegt.

Um das Berliner Bildungssystem an den Klimawandel anzupassen, müssen zunächst die Gebäude ertüchtigt werden: sommerlicher Wärmeschutz, Verschattung und natürliche Kühlung gehören dazu. Auch die Außenbereiche der Schulen müssen ausreichend Schutz bieten. Dies lässt sich gut mit der Einrichtung naturnaher Lern- und Erfahrungsorte kombinieren. Die Organisation der (vor-)schulischen Bildung muss hinreichend flexibel gestaltet werden, etwa mit Blick auf den Sportunterricht, das Speise- und Getränkeangebot oder die „Hitzefrei“-Regelung. Schulen können als Multiplikatoren und Partner für Klimaanpassungsmaßnahmen im Quartier dienen. Schließlich sollten die Themen Klimawandel, Klimaschutz und Klimaanpassung verstärkt Gegenstand des Unterrichts sein. Dafür bietet sich ein „Schulterschluss“ mit den Vorschlägen zum Bildungsbereich an, die im Rahmen des BEK gemacht wurden.

Im Handlungsfeld Bildung sind daher folgende Maßnahmen angeraten:

- Schulgebäude für den Klimawandel ertüchtigen
- Förderung von Schulgärten
- Anpassung der (Vor-)Schulorganisation
- Schulen als Orte des Erfahrungsaustauschs
- Klimaanpassung in Bildungsangeboten integrieren
- Klimaanpassung als Verstetigungsprogramm
- Verankerung von Klimaanpassung im Unterricht
- Klima-Aufklärung in Volkshochschulen
- Förderung von Bildungsaktionen mit Partnern.

Berlin ist keine Insel – Indirekte Auswirkungen des Klimawandels

Der Klimawandel ist ein globales Phänomen, und seine Folgen werden in unterschiedlicher Form überall auf der Welt spürbar sein. Durch seine geographische Lage in der Mitte Europas, seine Rolle als deutsche Hauptstadt und die vielfältigen funktionalen Verflechtungen ist Berlin auch indirekt anfällig für Klimafolgen, die andernorts – z.B. in Süddeutschland, Frankreich oder Afrika – auftreten. Neben den Risiken durch sogenannte „Kipp-Elemente“ (*Tipping Points*) des Erdsystems (wie der Abschwächung des Golfstroms, der Destabilisierung des indischen Monsuns oder dem Absterben der Korallenriffe) sind z.B. folgende Zusammenhänge teilweise schon gegenwärtig für Berlin spürbar:

- *Umwelt- und Klimaflüchtlinge.* Neben vielen anderen Ursachen sind es auch zunehmende Extremereignisse wie Hochwasser und Dürren bzw. langfristig wirkende Klimafolgen, die die Lebensgrundlagen von Millionen von Menschen vor allem in Entwicklungsländern gefährden und oft mit anderen (politischen, ökonomischen u.ä.) Ursachen verwoben sind. Für viele dieser Menschen bleibt dann nur die Flucht. Europa und auch Berlin gehören damit immer mehr zu den Zielräumen.
- *Außenhandel.* Berlins Industrie ist zu über 50% exportabhängig, Ähnlich intensive Aussenhandelsverflechtungen gibt es im Bereich Import. Neben der EU liegen die regionalen Schwerpunkte dabei auf den USA, Russland, der Türkei und dem asiatisch-pazifischen Raum. Der Klimawandel dort beeinträchtigt tendenziell Absatzmärkte und grenzüberschreitende Lieferketten.
- *Tourismus.* Im Jahr 2015 wurden 45% aller Übernachtungen in Berlin von ausländischen Gästen gebucht. Reisende können Krankheiten übertragen bzw. selbst vom Klimawandel in Berlin betroffen sein.
- *Verkehr.* Über seine Straßen-, Schienen-, Luft- und Schifffahrtswege ist Berlin mit der weiteren Welt vielfach verbunden. Beeinträchtigungen durch Stürme, Hitzewellen oder Starkregen andernorts können zu empfindlichen Beeinträchtigungen des Verkehrs nach und in Berlin führen.
- *Stromversorgung.* Berlins weitgehend unterirdisch verlegtes Stromnetz ist weniger anfällig, aber mit einem Stromimport von rd. 40% schlägt die höhere Verwundbarkeit des deutschen/ europäischen Stromnetzes auch auf Berlin durch.

Anpassung an den Klimawandel als nationale und globale Aufgabe schützt also indirekt auch Berlin. Und Anpassung in Berlin hilft nicht nur den Berlinerinnen und Berlinern.

0.4 Klimaanpassung umsetzen

Implementierung

Mit dem AFOK, dem STEP Klima/ StEP Klima KONKRET und den Planungshinweiskarten verfügt Berlin über sehr gute planerische und strategische Grundlagen, um die Bundeshauptstadt „fit“ für den Klimawandel zu machen. Ein klimaresilientes Berlin ist möglich, und die Implementierungskosten liegen unterhalb der vermiedenen Schadenskosten. Klimaanpassung ist also auch aus wirtschaftlicher Sicht sinnvoll. Die Stadtnatur, die gerade auch mit Blick auf die Folgen des Klimawandels, oft „kostenlos“ essentielle Ökosystemdienstleistungen liefert, ist dafür ein wesentlicher Erfolgsfaktor. Es gilt daher zukünftig verstärkt, Naturkapital und Biodiversität auch in der wachsenden Stadt zu erhalten und die damit einhergehenden Potenziale (z.B. „grüne“ statt „graue Infrastruktur“) weitestmöglich zu heben.

Das im Frühjahr 2016 verabschiedete Berliner Energiewendegesetz gibt auch der Klimaanpassung einen sicheren rechtlichen Rahmen. Jetzt müssen die AFOK-Maßnahmenvorschläge politisch diskutiert und dann beschlossen werden. Die erforderlichen öffentlichen Mittel müssen sukzessive bereitgestellt, die Kooperation zwischen Senat und Bezirken weiter ausgebaut und die Akteure aus Wirtschaft und Gesellschaft gewonnen werden.

Monitoring

Der Klimawandel wird sich in den nächsten Jahren verstärkt bemerkbar machen. Wie genau sich das Klima ändert und welche Klimafolgen in Berlin sichtbar werden, muss kontinuierlich beobachtet werden. Auch dazu werden im AFOK Vorschläge gemacht. Sie orientieren sich am bekannten Monitoring-System der OECD, das zwischen „State“- (Status-), „Impact“- (Wirkungs-) und „Response“- (Resonanz-) Indikatoren unterscheidet. Neben der Beobachtung des Stadtklimas sind der Gesundheitszustand der Berliner Bevölkerung, die vielfältigen Auswirkungen auf den Naturhaushalt und die städtischen Infrastrukturen kontinuierlich zu beobachten und zu bewerten. Dabei kann teilweise auf vorhandene bzw. geplante Monitoring-Aktivitäten zurückgegriffen werden. Schließlich braucht es ein Monitoring der ergriffenen Maßnahmen durch Politik, Verwaltung und Private. Die Abschätzung der Wirkung dieser Maßnahmen ist dann eine gesonderte Aufgabe, die die Berücksichtigung aller Indikatoren-Typen sowie eine gesonderte fachliche Bewertung erfordert. Ein solches Monitoringsystem ist wichtig, um die Klimawandelanpassung in Berlin selber anpassungsfähig zu machen und flexibel reagieren zu können.

Kommunikation

Der Klimawandel ist an sich ein weithin bekanntes Thema, aber in der öffentlichen Aufmerksamkeit immer noch stärker mit dem Klimaschutz und weniger mit der Klimaanpassung verknüpft. Aber Klimaschutz und Klimaanpassung gehören zusammen. Auch in Berlin. Und das muss stärker kommuniziert werden. Es ist essenziell, die Stadtgesellschaft über die kommenden Risiken aufzuklären und zu verdeutlichen, dass und vor allem wie gehandelt werden kann – auch von jedem und jeder Einzelnen.

Bundesweite Vergleichsuntersuchungen zeigen, dass die Wahrnehmung der Gefahren durch Hitze in Berlin sehr gering ausgeprägt ist, obwohl die Spreemetropole zu den gefährdetsten Städten in Deutschland gehört. Anpassungskommunikation muss aber nicht nur dieses mangelnde Risikobewusstsein schaffen helfen, sie muss auch dafür sorgen, dass sich Menschen für Selbst- und Fremdschutz stärker engagieren. Dabei sind auch ungewöhnliche Formate sinnvoll, etwa durch „Stolpersteine“ zu Klimarisiken im öffentlichen Raum, den Hinweis auf kühlende Orte oder Anpassungswettbewerbe im Quartier.

0.5 Fazit

Der Klimawandel ist bereits eine Realität, und er wird sich aller Voraussicht nach noch deutlich verschärfen. Berlin mit seinen hoch verdichteten Stadtteilen ist besonders anfällig gegenüber der zu erwartenden Zunahme von Hitzeereignissen, häufigeren Starkregenperioden sowie periodisch auftretenden Trockenphasen. Gefährdet sind insbesondere ältere Menschen, Kleinkinder und chronisch Kranke. Aber auch Menschen, die im Freien beschäftigt sind sowie Tourist/-innen gehören zu den Risikogruppen. Hier braucht es ein Hitzefrühwarnsystem und verschiedene Präventionsmaßnahmen. Der rasche Ausbau des Berliner Trinkbrunnennetzes ist erforderlich. Die Berliner Wirtschaft muss bauliche und organisatorische Vorkehrungen treffen, damit die Arbeitsproduktivität auch in Zukunft auf ihrem aktuellen Niveau bleiben kann.

Strategisch wichtige Infrastrukturen schützen

Auch die städtischen Infrastrukturen sind gefährdet und müssen geschützt werden. Seit einigen Jahren schon wird die Berliner Mischwasserkanalisation durch technische Maßnahmen so ertüchtigt, dass die periodisch wiederkehrenden Überläufe die Gewässer weniger stark belasten.

Der Klimawandel hat das Potenzial, diese Investitionen durch mehr Starkregenereignisse zu konterkarieren. Neben unterirdischen müssen auch deutlich mehr überirdische Speichermöglichkeiten geschaffen werden. Durch Entsiegelung und Begrünung muss Berlins Stadtoberfläche „durchlässiger“ werden und gleichzeitig mehr Wasser zwischenspeichern, das für die Abkühlung der Stadt in sommerlichen Hitzephasen gebraucht wird (Prinzip „Schwammstadt“). Die in unserer Stadt weitgehend unterirdisch verlaufenden Stromkabel brauchen genauso einen kontinuierlichen Klimawandel-Check wie die Verkehrsinfrastruktur. Und wir müssen die Verkehrslenkung so anpassen, dass der auch aus Klimaschutzgründen wichtige Umweltverbund (Fuß, Rad, ÖPNV) weiterhin gut funktionieren kann. Schließlich muss die Berliner Stadtnatur – Wälder, Parks, öffentliches Grün, Kleingärten – besser vor Hitze, Trockenstress und Schädlingsbefall geschützt werden.

Alle gesellschaftlichen Gruppen sind gefordert!

Im Rahmen des AFOK wurden über 80 Maßnahmenvorschläge für alle neun betrachteten Sektoren entwickelt. Werden sie umgesetzt, ist unsere Stadt für den Klimawandel gut vorbereitet. Viele von ihnen weisen zudem Synergien zum Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm (BEK) auf, mit dem die Stadt bis

2050 klimaneutral gemacht werden soll. Dem Berliner Senat kommt dabei, zusammen mit den Bezirken, eine Schlüsselrolle zu, da er viele dieser Maßnahmen beschließen, direkt umsetzen oder zumindest an ihrer Umsetzung maßgeblich mitwirken kann. Zudem sollen Senat und Bezirke eine Vorbildfunktion übernehmen und darüber hinaus die Klimaanpassung auch stärker im Bildungssystem verankern.

Wie beim Klimaschutz kann auch bei der Klimaanpassung die Umsetzung nur gelingen, wenn Wirtschaft und Gesellschaft aktiv mittun. Schließlich geht es dabei ja auch um das eigene Wohl.

I Einleitung

I.1 Klimawandel und Anpassung als Herausforderung für Berlin

Der Klimawandel ist eine globale Realität mit immer sichtbarer werdenden lokalen Auswirkungen. Er stellt eine der größten politischen Herausforderungen des jungen 21. Jahrhunderts dar, dem sich die Menschheit auf verschiedenen Ebenen zu stellen hat (SCHELLNHUBER 2015). Klimapolitik basiert auf zwei Säulen: einerseits der Vermeidung bzw. Verminderung des Ausstoßes klimaschädlicher Treibhausgase (international *Mitigation* genannt), andererseits der Anpassung an den auch durch Treibhausgas-Minderung unvermeidlichen Klimawandel (*Adaptation*).¹

Auch die Berliner Klimapolitik steht auf diesen beiden Säulen. Das wiedervereinigte Berlin betreibt Klimaschutz seit 1990. Zwischen 1990 und 2011 konnten die CO₂-Emissionen um fast 30% reduziert werden.² Mit der Koalitionsvereinbarung 2011 hat sich der Senat das Ziel gesetzt, Berlin bis 2050 zu einer klimaneutralen Stadt zu entwickeln. Dieser ambitionierte neue Rahmen war der Anlass dafür, das mittlerweile 25 Jahre alte Energiespargesetz in ein zeitgemäßes Berliner Energiewendegesetz (EWG Bln) zu überführen. Das im April 2016 in Kraft getretene Gesetz soll die Voraussetzungen schaffen, dass Berlin sein Klimaneutralitätsziel bis 2050 erreichen kann. Durch eine Machbarkeitsstudie (REUSSWIG/ HIRSCHL/ LASS et al. 2014) und den Entwurf eines Berliner Energie- und Klimaschutzprogramms (BEK; HIRSCHL/ REUSSWIG/ WEIB et al. 2015a, b) wurde diese Säule mittlerweile konkretisiert und mit Maßnahmen unteretzt.

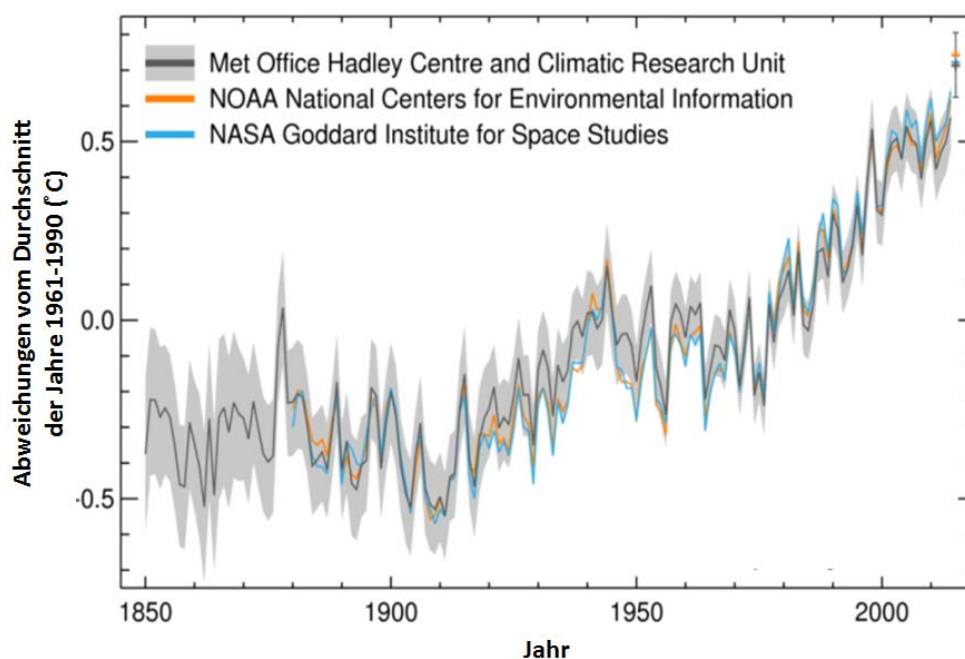


Abbildung I: Entwicklung der globalen jährlichen oberflächennahen Temperatur-Anomalie (Abweichung vom Durchschnitt 1961-1990) von 1850 bis 2015 auf der Basis verschiedener globaler Messreihen (Hadley Centre, NASA, NOAA). In grau: 95% Konfidenzintervall. Quelle: WMO 2015.

Schon 2011 hat die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt den Stadtentwicklungsplan (StEP) Klima veröffentlicht, der die Folgen des Klimawandels für Berlin sowie zu ergreifende Anpassungsmaßnahmen aus Sicht der Stadtentwicklung darstellt (SENSTADTUM 2011).

¹ Im Folgenden findet sich eine Kennzeichnung (▶) wichtiger Fachbegriffe immer dann, wenn sie im Glossar erläutert werden.

² Zur Treibhausgasbilanzierung nach Maßgabe der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen der Bundesländer vgl. AfS 2015. Die dort angegebenen Werte sind nicht klimabereinigt. Klimabereinigte Werte finden sich in HIRSCHL/ REUSSWIG/ WEIB et al. 2015 b).

Handlungsbedarf für Klimaanpassung besteht schon heute. Das Jahr 2015 war nach Angaben der Welt-Meteorologie-Organisation (WMO) das wärmste Jahr seit Beginn der Klimaaufzeichnungen Mitte des 19. Jahrhunderts (Abbildung 1).

Auch in Europa bestätigen die Daten einen voranschreitenden Klimawandel. Die gemittelte Temperatur über Land der Jahre 2002-2011 lag um $1,3\text{ °C}$ ($\pm 0,11\text{ °C}$) über der mittleren Temperatur der Jahre 1850-1899. Gleichzeitig hat es in Europa in jüngster Zeit eine ganze Reihe von Extremereignissen gegeben (z.B. die Hitzesommer 2003 und 2010, Hochwasser in verschiedenen Regionen, Tornados, Starkregenereignisse), die allesamt mit hoher Wahrscheinlichkeit auf anthropogene Ursachen schließen lassen (KOVATS et al. 2014). Besonders auffällig werden diese Trends, wenn man sie in eine längere historische Perspektive stellt (vgl. Abbildung 2).

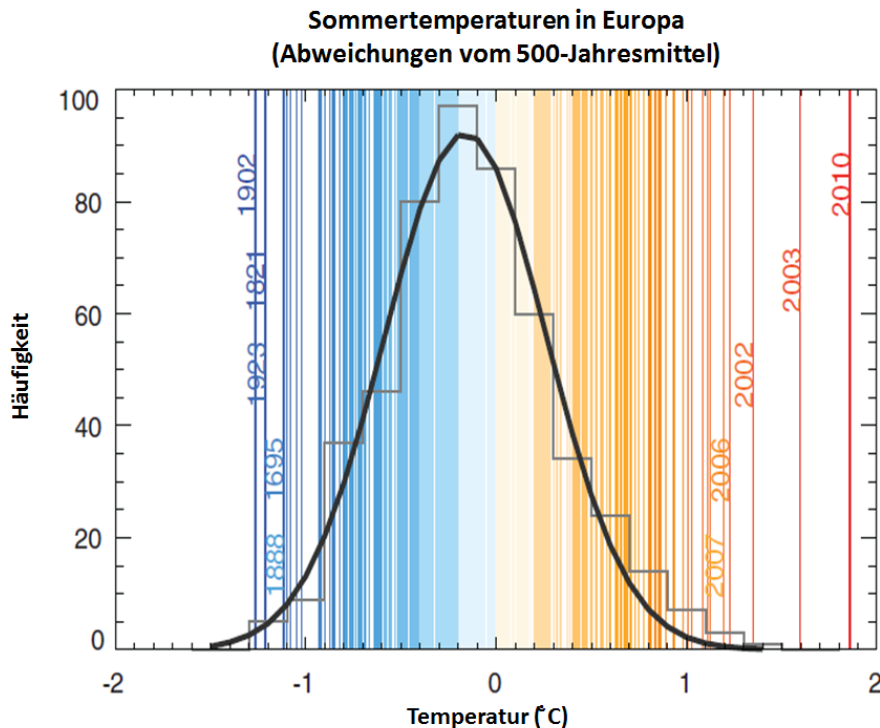


Abbildung 2: Rekonstruierte und gemessene Sommertemperaturen in Europa ([35°N, 70°N], [25°W, 40°E]) 1500-2010. Anomalien in Grad Celsius gegenüber der Periode 1970-1999 (vertikale Linien, z.T. mit Jahreszahlen). Die fünf wärmsten (rot) und kältesten (blau) Sommer sind hervorgehoben. Die schwarze Linie gibt die Gauß-Verteilung der Sommertemperaturen 1500-2010 wieder. Quelle: BARRIOPEDRO et al. 2011: 222.

Die in Abbildung 2 analysierten Sommer der letzten Jahre in Europa (der zitierte Artikel stammt aus dem Jahr 2011, d.h. die überdurchschnittlich warmen Jahre 2014 und 2015 sind noch nicht enthalten) gehören zu den fünf heißesten Sommern seit dem Jahr 1500. Demgegenüber liegen die fünf kältesten Sommer dieser Periode rund 100-200 Jahre zurück. Die gegenwärtige Generation ist also Zeugin eines säkularen Wandels.

Auch in Deutschland finden sich dafür klare Belege. Das Jahr 2015 erreichte hier eine Durchschnittstemperatur von etwa $9,9\text{ °C}$. Dem Deutschen Wetterdienst zufolge, der rund 2.000 Messstationen landesweit auswertet, war es das zweitwärmste Jahr seit Beginn flächendeckender Messungen im Jahr 1881. Den Temperaturrekord hält das Jahr 2014 mit $10,3\text{ °C}$. 2015 fiel bundesweit sehr sonnenscheinreich und zu trocken aus.

Berlin präsentierte sich im Jahr 2015 mit $10,9\text{ °C}$ (vieljähriges Berliner Mittel: $9,1\text{ °C}$) als das wärmste, mit rund 510 l/m^2 (vieljähriges Berliner Mittel: 573 l/m^2) als das trockenste und mit ungefähr 1.845 Stunden (vieljähriges Berliner Mittel: 1.635 Stunden) als überdurchschnittlich sonnenscheinreiches Bundesland (DWD 2015).

Die Folgen dieser Trends sind auch in Berlin spürbar. Eine Studie zur sommerlichen Hitzemortalität in Berlin zwischen 2001 und 2010 (SCHERER et al. 2013) kommt zu dem Schluss, dass in diesem Zeitraum – er umfasst

die Hitzesommer 2003, 2006 und 2010 – im Durchschnitt 1.400 Personen pro Jahr durch ▶ Hitzestress in Berlin gestorben sind. Das sind rd. 5% aller jährlichen Todesfälle in der Stadt. Im gleichen Zeitraum starben auf Berlins Straßen durchschnittlich 64,2 Menschen pro Jahr durch Verkehrsunfälle³. Die Mortalität infolge von Hitze liegt also um das 25fache höher als jene durch Straßenverkehrsunfälle. Schutz vor sommerlicher Hitze ist damit bereits heute eine Kernaufgabe der Klimaanpassung in Berlin.

Getrieben durch die Verbrennung fossiler Energieträger und durch Landnutzungsänderungen steigt die Konzentration klimaschädlicher Treibhausgase – neben CO₂ auch Methan (CH₄), Lachgas (Distickstoffmonoxid, N₂O) oder Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKWs) – seit Jahren kontinuierlich an. Angesichts des weltweiten Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstums sowie der Ausbreitung westlicher Konsum- und Lebensstile auch in vielen Schwellen- und Entwicklungsländern kann mit hoher Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass die den Treibhausgasemissionen zugrundeliegenden sozio-ökonomischen Triebkräfte auch in naher Zukunft fortbestehen. Entscheidend wird sein, ob es gelingt, weltweite Entwicklungs- und Wachstumsprozesse so zu transformieren, dass sie mit keinen oder nur mit signifikant verringerten Treibhausgasemissionen einhergehen (Dekarbonisierung).

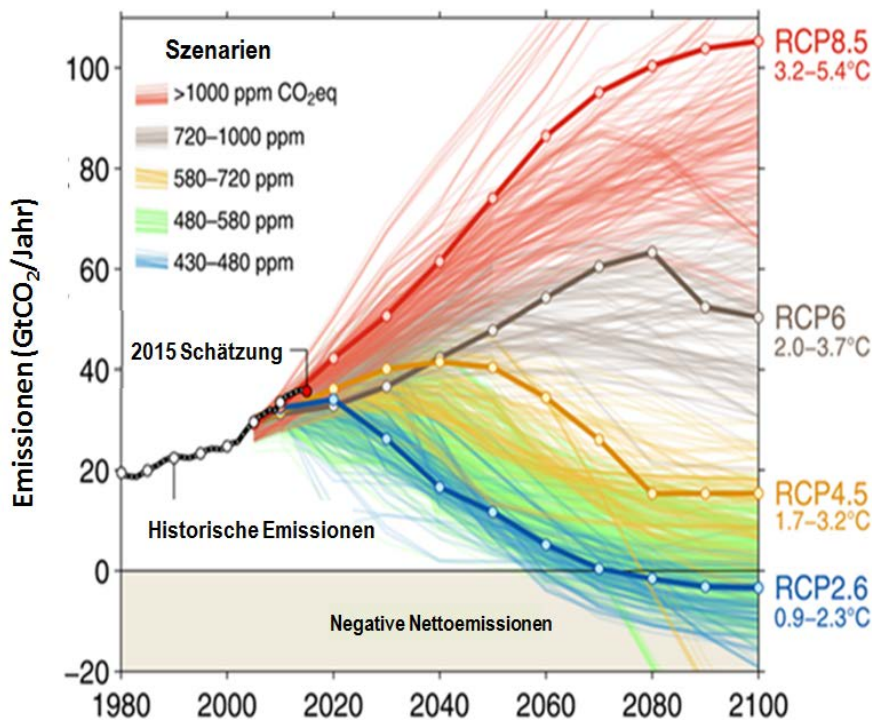


Abbildung 3: Historische (schwarze Linie) und mögliche zukünftige Entwicklung (farbige Linien) der Treibhausgasemissionen nach den ▶ RCP-Szenarien des IPCC.⁴ Quelle: GCP 2015.

Hinzu kommt, dass das Klimasystem der Erde „träge“ ist, also Zeit braucht, um mit einem neuen Temperatur-Gleichgewichtszustand auf eine Änderung des Emissions-Antriebs zu reagieren. Selbst wenn es gelänge, die weltweiten Emissionen sofort zu stabilisieren, also für die nächsten Jahrzehnte auf dem heutigen Niveau einzufrieren, ist eine weitere Erwärmung um mindestens 0,6 °C unabwendbar.

³ Vgl. POLIZEI BERLIN, Unfallstatistik; Online: <https://www.berlin.de/polizei/aufgaben/verkehrssicherheit/verkehrsunfallstatistik/>; Zugriff: 04.01.16.

⁴ Der IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), ein oft auch als „Weltklimarat“ bezeichnetes großes internationales Expertengremium, berichtet periodisch über den Stand der Klima-, Klimawirkungs-, Vermeidungs- und Anpassungsforschung. 2014 hat er seinen jüngsten Bericht vorgelegt, den sog. Fünften Sachstandsbericht (Assessment Report 5, AR5). Dort wird mit verschiedenen Szenarien versucht, die zukünftige Treibhauskonzentration in der Atmosphäre als Basis des zukünftigen Klimawandels zu berechnen. Der Terminus ▶ RCP steht für „Representative Concentration Pathways“, also Repräsentative Konzentrationspfade.

Alle diese Überlegungen laufen auf einen Schluss hinaus: Ganz gleich, wie erfolgreich oder erfolglos globaler Klimaschutz ist, es ist ein Gebot der Klugheit und eine Pflichtaufgabe der Daseinsvorsorge, sich an ein sich wandelndes Klima anzupassen.

Die Menschheit hat sich in ihrer langen Geschichte immer an ein sich natürlich wandelndes Klima anpassen müssen. Das gilt sehr direkt für die vorindustrielle Periode der Menschheitsgeschichte, in der natürlich bedingte Klimaänderungen eine technologisch und organisatorisch noch recht „schwache“ Menschheit zu zahlreichen Anpassungsleistungen zwang (vgl. BEHRINGER 2009). Aber auch in der industriellen Periode, in der die Verfügbarkeit von (fossilen) Energieträgern und moderner Technik die Natur- und Klimagrenzen deutlich hinausgeschoben hat – man denke an die Bedeutung der Klimaanlage für die Besiedelung und Industrialisierung des US-amerikanischen Westens in der Mitte des 20. Jahrhunderts (WHITE/ SYLVESTER/ TUCKER 2015; Wikipedia 2016) –, findet Anpassung ans Klima noch immer statt. Darum müssen sich auch moderne Gesellschaften im Zeichen des Klimawandels auf solche „Shifting Baselines“ einrichten, andernfalls drohen Schäden, Krisen oder gar Katastrophen aufgrund von mangelnder oder von Fehlanpassung (ROST 2014, WELZER 2008).

Aber nicht nur das Klimasystem ist ‚träge‘, braucht also Zeit, um neue (partiale) Gleichgewichte zu finden. Auch soziale und sozio-technische Systeme können nicht von heute auf morgen komplett umgebaut werden. Dies gilt besonders für Städte, deren Gebäude und technische Infrastrukturen sich inkrementell entwickelt haben und deren Umbau Zeit braucht (vgl. für das Berliner Energiesystem MOSS 2014). Damit Klimaanpassung in 30, 50 oder 100 Jahren greift, muss eine Stadt wie Berlin bereits *heute* erste Anpassungsschritte ergreifen. Ein Baum, der Schatten spenden, Wasser zur Kühlung in Hitzeperioden verdunsten und gleichzeitig die berlintypischen Straßenräume prägen soll, muss heute gepflanzt werden. Ähnliches gilt für neue Gebäude, neue Straßen oder die Ertüchtigung der Kanalisation. Erst in ein paar Jahren oder gar Jahrzehnten werden einige der hier vorgeschlagenen Maßnahmen ihre nützlichen Wirkungen entfalten – und trotzdem oder gerade deswegen muss man heute mit ihnen anfangen.

Obwohl es manchmal anders dargestellt wird: Grundsätzlich stehen die Ziele des *Klimaschutzes* und der *Klimaanpassung* in einem *wechselseitigen Unterstützungsverhältnis*. Klimaanpassung braucht wirksamen Klimaschutz, weil das Ausmaß des zukünftigen Klimawandels maßgeblich darüber entscheidet, wie hoch die potenziellen Schäden sind und damit auch über die Wirtschaftlichkeit von Anpassungsmaßnahmen. Die Anpassungskosten an eine 1 bis 2° C wärmere Welt sind erheblich geringer als die an eine 4 bis 5° C wärmere Welt (KLEIN et al. 2014; STERN 2006). Erfolgreiche Vermeidungspolitiken mindern also die Schäden infolge veränderter klimatischer Bedingungen ebenso, wie sie die Kosten für verbleibende Anpassung senken. Umgekehrt hat erfolgreiche Anpassung zumindest auf der (sozial-)psychologischen und politischen Ebene eine legitimierende Wirkung für den Klimaschutz: Menschen sind zum Klimaschutz oft deshalb bereit, weil sie die Risiken und Schäden eines (ungebremsten) Klimawandels vermeiden möchten – sei es für sich oder für andere (andere Regionen, zukünftige Generationen). Treten solche Schäden auf, obwohl Klimaschutzmaßnahmen ergriffen wurden, dann könnten viele Menschen möglicherweise den Sinn ihres Beitrags zum Klimaschutz in Frage stellen und wenig motiviert sein, diesen weiterhin zu unterstützen. Erfolgreiche Anpassung unterbricht demgegenüber die physische Verbindung zwischen Klimawandel und Klimafolgen und macht natürliche und soziale Systeme resilienter, d.h. widerstandsfähiger gegen Störungen oder Schocks. Neben dem Eigenwert von Klimaanpassung trägt sie damit auch zur Aufrechterhaltung der Motivation für Klimaschutz in der breiten Bevölkerung bei. Im Berliner Kontext ergänzen sich damit auch das BEK und das AFOK.

1.2 Das AFOK im Kontext der Berliner Klimapolitik

Der hier vorliegende Bericht ist das Ergebnis eines Forschungs- und Beratungsvorhabens, das unter der Leitung des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) zusammen mit den Planungsbüros bgmr Landschaftsarchitekten GmbH und Landschaft—Umwelt—Planung (LUP) GmbH, der Lösungen im Stadtteil (L.I.S.T.) GmbH und dem Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (Sonderreferat Klimaschutz und Energie, SR KE) zwischen Dezember 2014 und März 2016 durchgeführt wurde. Das Klimaschutzteilkonzept AFOK (Anpassung an die Folgen des Klimawandels in Berlin) wurde mit Bundesmitteln vom Projektträger Jülich (Ptj) gefördert.

Allerdings setzt das AFOK weder „bei Null“ an, noch fand die Konzepterstellung „im luftleeren Raum“ statt. Vielmehr baut es auf einer Reihe von wissenschaftlichen und administrativen Vorarbeiten in Berlin auf und ordnet sich in einen politisch-administrativen Kontext ein. Bereits im Jahr 2008 legte ein Forschungskonsortium unter Leitung des PIK einen Bericht zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die Kulturlandschaft Berlin vor. Auf der Grundlage der Szenarien des damals vom PIK entwickelten statistischen regionalen Klimamodells STAR2 wurden relativ großräumige Auswirkungen diskutiert, insbesondere für die

Wasserwirtschaft, die Land- und Forstwirtschaft (Berliner Stadtgüter und Berliner Forsten) sowie auf Naturschutz und Landschaftsplanung (LOTZE-CAMPEN/ CLAUSSEN/ DOSCH et al. 2009). Stadtklimatologische und stadtplanerische Fragestellungen spielten demgegenüber eine untergeordnete Rolle, nicht zuletzt wegen der geringen räumlichen Auflösung des Klimamodells.

Um diese Lücke zu schließen, wurde seitens der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung in Kooperation mit dem Deutschen Wetterdienst (DWD) Anfang 2008 beschlossen, den bestehenden Umweltatlas von Berlin zu aktualisieren und die künftige Klimaentwicklung einzuarbeiten. Im April 2010 erarbeitete der DWD (Regionalbüro Potsdam) ein Gutachten zur Bioklimatologie Berlins im Klimawandel, das auf den beiden Modellen ▶ WETTREG und ▶ REMO für die Klimaszenarien und dem stadtbioklimatischen Expertenmodell des DWD ‚UBIKLIM‘ (*Urbanes Bioklima Modell*) für die Belastungsermittlung basiert. Eine zentrale Schlussfolgerung lautet, dass die Sicherung innerstädtischer Parkanlagen und Freiflächen eine vordringliche Aufgabe der zukunftsorientierten Stadtentwicklungspolitik zu sein habe (DWD 2010).

Schon vorher hatte die damalige Senatsverwaltung für Stadtentwicklung das mesoskalige Stadtklimamodell FITNAH (*Flow over Irregular Terrain with Natural and Anthropogenic Heat Sources*) nutzen lassen, um zu einer umfassenden aktuellen Bestandsaufnahme der klimatischen Situation im Stadtgebiet und im näheren Umland zu kommen. Darauf bauen bis heute die verschiedenen Versionen des Berliner Stadtklimamodells sowie der Planungshinweiskarten im Umweltatlas auf (vgl. SenSTADTUM 2004).

Parallel dazu erarbeitete die damalige Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz einen Ersten Bericht zum Klimawandel in Berlin mit Fokus auf Auswirkungen und Anpassung (SENGUV 2009). Die Ende 2008 beschlossene Deutsche Anpassungsstrategie (DAS) stellt eine wesentliche Handlungsgrundlage dar, die eine Abschätzung der Klimafolgen für Berlin sowie die Entwicklung einer eigenen Anpassungsstrategie – über die sachlichen Notwendigkeiten hinaus – erforderlich machte. Die Bereiche „klimagerechte Stadtentwicklung“ und „Gesundheitswesen“ waren inhaltliche Schwerpunkte dieses Berichts. Anfang 2008 hatte der seinerzeit als Beratungsgremium des Senats für Fragen des Klimaschutzes fungierende Berliner Klimaschutzrat einen Fragenkatalog zum Thema Anpassung in Berlin vorgelegt, der den Titel trug „Anpassung an den Klimawandel in der Metropolregion Berlin – Vom Wissen zum Handeln“ (ENDLICHER et al. 2008). Der Erste Bericht zum Klimawandel in Berlin fasst den damaligen Erkenntnisstand zu Klimawandel und lokalen Klimafolgen zusammen, formuliert die offenen Fragen und den Forschungsbedarf und präsentiert erste Überlegungen zu einer Klimaanpassungsstrategie für Berlin als Querschnittsaufgabe.

Mittlerweile verfügt das Land Berlin über einen Stadtentwicklungsplan (StEP) Klima (SenSTADTUM 2011), der 2015/2016 mit dem „StEP Klima Konkret“ aktualisiert und präzisiert wurde (vgl. unten). Außerdem gibt es mit dem Berliner Energiewendegesetz (EWG Bln) erstmals eine rechtliche Grundlage auch für Klimaanpassung. § 12 des EWG Bln zielt darauf ab, die Anpassungsfähigkeit natürlicher, gesellschaftlicher und ökonomischer Systeme zu verbessern und die Funktion der städtischen Infrastrukturen sowie die urbane Lebensqualität zu erhalten (SenSTADTUM 2015a).

Mit dem Konzept zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels in Berlin (AFOK) wird eine gesamtstädtische, alle betroffenen Bereiche Berlins umfassende Konzeption im Sinne von § 12 EWG Bln vorgelegt. Sie umfasst auch das in § 13 des Gesetzes vorgesehene ▶ Monitoring des Klimawandels und der Klimafolgen. Das AFOK ist eingebunden in einen breiteren wissenschaftlichen und politischen Kontext auf internationaler, nationaler und Berliner Ebene.

Berlin wirkt als aktives Mitglied in der *Metropolis Initiative* mit, einem internationalen Netzwerk von Städten, das sich unter anderem der Entwicklung und Umsetzung von Strategien der Klimaanpassung widmet. Ein Beispiel dafür ist die sog. ‚No-Regrets Charta – Prinzipien für die Anpassung an den Klimawandel in Städten‘ (SenStadtUm o.J. a). Darin wird ein integrativer und partizipativer Ansatz bei der Klimaanpassung gefordert, die als Teil nachhaltiger Entwicklung konzipiert und sofort begonnen werden soll.

Neben den politisch-strategischen Positionierungen Berlins im internationalen Kontext werden Grundlagen, Analysen, Konzepte und Strategien zur Klimaanpassung in unterschiedlichen Zuständigkeiten für Berlin erarbeitet. Das AFOK muss als ein integrierendes Element im Gesamtbild dieser Aktivitäten zur Klimaanpassung in Berlin gesehen werden (vgl. Abbildung 4).



Abbildung 4: Kernelemente einer Anpassungsstrategie für Berlin. Quelle: Eigene Darstellung. Grafik: www.bergsee-blau.de/ MARCUS LEPIE.

Während das AFOK als ganzheitliches, Sektoren und Handlungsfeld übergreifendes strategisches Konzept anzusehen ist, fungieren StEP Klima/ StEP Konkret als übergeordnetes Instrument für die Raumordnung/ Stadtentwicklung und die Planungshinweiskarten als konkrete Planungshilfe bzw. Instrument für die vorbereitende Planung (z.B. FNP, BEP) und kleinräumige Planung (z.B. B-Plan).

Stadtentwicklungsplan (StEP) Klima

Im Mai 2011 wurde der Stadtentwicklungsplan Klima vom Berliner Senat beschlossen (SENSTADTUM 2011). Der Stadtentwicklungsplan Klima ist ein Instrument der räumlichen Planung. Er umfasst gesamtstädtische Analysen und vier Handlungsfelder der Klimaanpassung, nämlich Bioklima im Siedlungsraum, Grün- und Freiflächen, Gewässerqualität und Starkregen sowie Klimaschutz⁵.

Der StEP Klima bearbeitet diese Themen aus stadtplanerischer Perspektive und illustriert deren Relevanz anhand zahlreicher Karten, in denen räumlich aufgelöst Vulnerabilitäten identifiziert und Handlungsbedarfe angezeigt werden. Wie auch das AFOK unterstreicht der StEP Klima die Bedeutung von diskursiven und partizipativen Verfahren der Klimaanpassung. Durch eine Broschüre und zahlreiche Fachveranstaltungen wurde im Anschluss an die Erarbeitung auch der Kontakt mit Fach- und Stadtöffentlichkeit gesucht. Vor dem Hintergrund des jüngsten Berliner Stadtwachstums wurde der Stadtentwicklungsplan Klima im Jahr 2015 weiter konkretisiert.

Planungshinweiskarte Stadtklima Berlin

Das EFRE Projekt 027 „GIS-gestützte Modellierung von stadtklimatisch relevanten Kenngrößen auf der Basis hochaufgelöster Gebäude- und Vegetationsdaten“ (SenStadtUm, Abt. III) liefert zur aktuellen klimatischen Situation in Berlin räumlich sehr differenzierte Erkenntnisse. Die Planungshinweiskarte⁶ (PHK) besteht aus drei Bausteinen: einer Hauptkarte, ergänzenden Planungshinweisen und 30 Maßnahmenvorschlägen.

Die Hauptkarte enthält eine flächendeckende Bewertung der aktuellen stadtklimatischen Belastungssituationen und Entlastungsfunktionen auf der Ebene der Blöcke. Sie basiert auf sehr detaillierten

⁵ Mit der Einbeziehung des Themas Klimaschutz in den StEP Klima wurde schon 2011 die Notwendigkeit einer integrierten Betrachtung von Klimaschutz und Klimaanpassung unterstrichen. Auch im 2015 vorgelegten Entwurf des Berliner Energie- und Klimaschutzkonzepts BEK (HIRSCHL/ REUSSWIG/ WEIB et al. 2015a) werden die Synergien und Konflikte des Klimaschutzes mit der Klimaanpassung betrachtet.

⁶ Siehe SENSTADTUM (2015b): Klimamodell Berlin: Planungshinweise Stadtklima 2015 – Hauptkarte (Umweltatlas); <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/kb411.htm>; Zugriff: 07.01.16.

Analysekarten in hoher räumlicher Auflösung (10m x 10m) und ermöglicht damit eine detaillierte Beobachtung des Stadtraumes.⁷ Ein Kernindikator ist dabei die humanbioklimatische Situation, also die Bewertung der Außentemperatur unter den Gesichtspunkten von Gesundheit und Wohlbefinden. Die thermische Situation in rd. 60% des Siedlungsraumes im Berliner Stadtgebiet wird gegenwärtig als „ungünstig“ oder „weniger günstig“ eingestuft (SENSTADTUM 2015b). Da das AFOK, der StEP KONKRET und die Planungshinweiskarte Stadtklima Berlin nahezu zeitgleich in getrennten Prozessen erarbeitet wurden, wurde eine enge fachliche Korrespondenz und inhaltliche Abstimmung vorgenommen.

Weitere Projekte zur Klimaanpassung in Berlin

Das Projekt KURAS⁸ („Konzepte für urbane Regenwasserbewirtschaftung und Abwassersysteme“) ist ein Forschungsvorhaben, an dem u.a. die Berliner Wasserbetriebe, die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt sowie die TU Berlin mitwirken. Das übergeordnete Ziel von KURAS ist die Erarbeitung und modellhafte Demonstration von integrierten Konzepten eines nachhaltigen Umgangs mit Schmutzwasser und Regenwasser für urbane Standorte. Dabei werden explizit auch die wasserwirtschaftlichen Folgen des Klimawandels ausgelotet und Lösungsansätze teilweise experimentell erprobt. Noch 2016 sollen die Ergebnisse vorliegen.

Das von der EU (FP7) geförderte Projekt NAACLIM⁹ (*North Atlantic Climate*) untersucht die Bedeutung des Nordatlantik im Zeichen des Klimawandels für verschiedene klimatische und sozio-ökonomische Teilbereiche. Unter anderem wird auch der Einfluss auf europäische Städte mit dem Fokus urbane Hitzeinseln/ Hitzewellen untersucht. Berlin ist innerhalb des Teilprojektes „Urban Systems“ eine der drei Modellregionen.

Die DFG-Forschergruppe UCaHS¹⁰ (*Urban Climate and Heat Stress*) setzt sich mit dem Thema des Stadtklimas und dem Hitzestress in Städten der Mittelbreiten auseinander. Projektbeteiligte sind u.a. HU, TU, FU, UdK, PIK und Charité. Aus dem Vorhaben sind eine Reihe wichtiger stadtklimatologischer Befunde hervorgegangen. Zudem werden neue Methoden der Anpassung an urbanen Hitzestress (z.B. bei der Kühlung von Patientenzimmern an der Charité) praktisch erprobt.

Neben den bezirklichen Aktivitäten der Klimaanpassung (wie z.B. *Green Moabit*¹¹ oder die Aktion ‚Schattenspender‘ im Klausenerplatz-Kiez von Charlottenburg-Wilmersdorf¹²) werden auch auf lokaler Ebene Forschungsprojekte zum Thema der Klimaanpassung durchgeführt. So fördert das BMUB das mittlerweile vom Umweltbundesamt ausgezeichnete Projekt ‚Kiezklima‘¹³, in dem die partizipative Entwicklung und Umsetzung von Maßnahmen der Klimaanpassung auf der Ebene eines Berliner Stadtquartiers (Brunnenstraße) erprobt wird.

I.3 Methodisches Vorgehen bei der Erarbeitung des AFOK

In der gut einjährigen Bearbeitungszeit wurde eine Reihe von Fragestellungen bearbeitet, die nach einem interdisziplinären Methodenzuschnitt verlangten. Die wichtigsten methodischen Elemente des Vorgehens sind in Abbildung 5 schematisch dargestellt.

⁷ In Ergänzung der Analysekarten des Klimamodells Berlin werden in Kürze über Umweltatlas und Geoportal insgesamt Karten verfügbar sein, die die 2015er Karte 04.10.06 - Anzahl meteorologischer Kennwerte im Mittel der Jahre 2001-2010 (Anzahl der Sommertage, Hitzetage und Tropennächte) - um Aussagen zur Entwicklung der genannten Kennwerte für die Zeiträume 2011-2040 und 2040-2070 ergänzen. Grundlage wird das WETTREG Szenario AIB sein.

⁸ Siehe: KURAS (o.J.): KURAS Projektseite, <http://www.kuras-projekt.de>; Zugriff: 04.01.16.

⁹ Siehe: NAACLIM [North Atlantic Climate] (o.J.): NAACLIM Projektseite; <http://www.naclim.eu>; Zugriff: 04.01.16.

¹⁰ Siehe: UCaHS [Urban Climate and Heat Stress] (o.J.): Urban Climate and Heat Stress in mid-latitude cities in view of climate change; <http://www.ucahs.org/?lan=>; Zugriff: 04.01.16.

¹¹ Siehe: SENSTADTUM [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin] (o.J.): Stadtteilentwicklungskonzept Green Moabit; <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/staedtebau/foerderprogramme/stadtumbau/D6-Green-Moabit.6368.0.html>; Zugriff: 04.01.16.

¹² Siehe: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/anpassung-auf-kommunaler-ebene/kommunikation-von-extremereignissen/aktion-schattenspender> .

¹³ Siehe: KIEZ KLIMA (o.J.): Das Projekt „Kiezklima“; <http://www.e-p-c.de/kiezklima/2015>; Zugriff: 04.01.16. Zur Auszeichnung mit dem ‚Blauen Kompass‘ des UBA vgl. <http://www.e-p-c.de/kiezklima/2015/index.php/ergebnisse/aus>; Zugriff: 15.07.16.

Das AFOK ist sektoral ausgerichtet. Ein erster Schritt der Projektbearbeitung bestand darin, zu einer differenzierten Aufteilung der zu betrachtenden Sektoren zu gelangen. Die Auswahl orientierte sich zum einen an den literaturbasierten Abschätzungen vulnerabler Sektoren, wie sie etwa von ZEBISCH et al. (2005) oder der Deutschen Anpassungsstrategie (BUNDESREGIERUNG 2008) vorgelegt wurden.

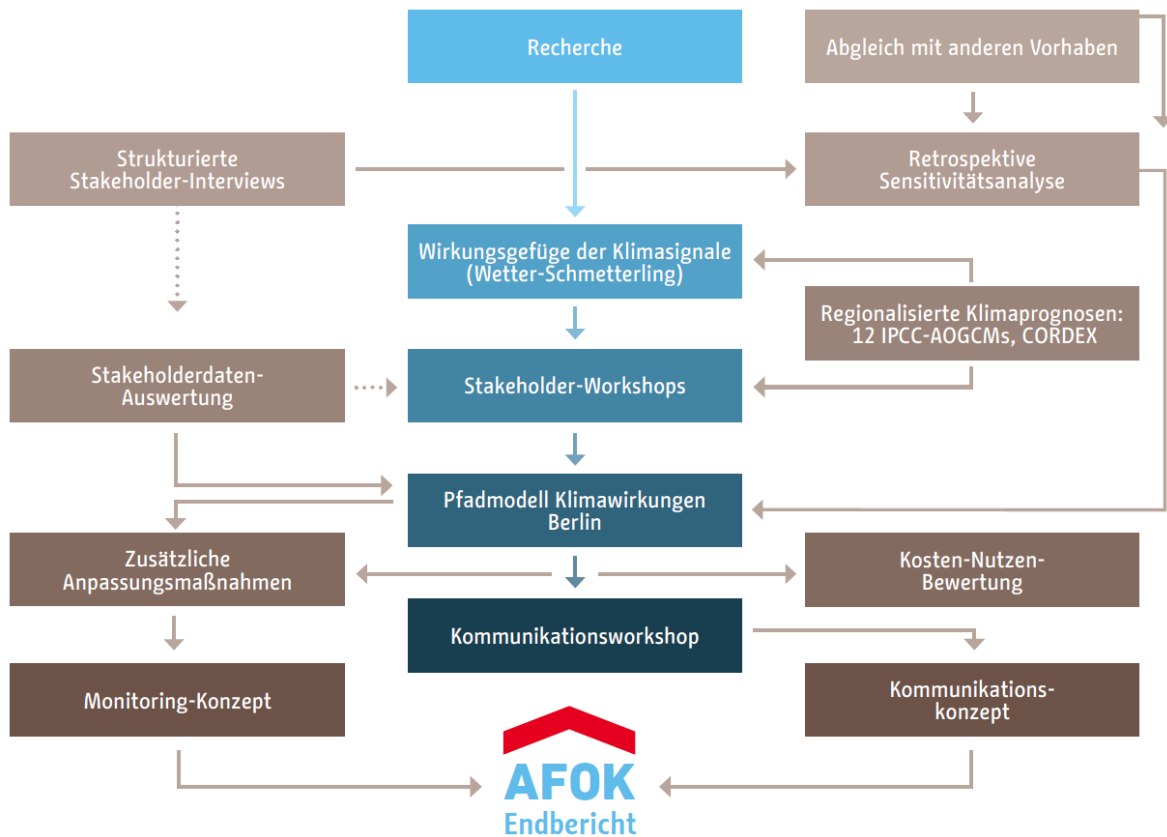


Abbildung 5: Schematische Darstellung der Methodik des AFOK. Quelle: Eigene Darstellung. Grafik: www.bergsee-blau.de/ MARCUS LEPIE.

Zum anderen kamen Berlin-spezifische Gesichtspunkte zum Tragen, was z.B. zum Ausschluss des ansonsten deutschlandweit wichtigen eigenständigen Sektors Landwirtschaft (nicht aber: Wald- und Forstwirtschaft, die für Berlin wichtig ist) oder der Aufnahme des ansonsten nicht betrachteten Sektors Tourismus, Kultur, Sport geführt hat. Im Ergebnis werden in diesem Bericht neun Sektoren betrachtet:

- Menschliche Gesundheit, Bevölkerungsschutz
- Gebäude, Stadtentwicklung, Grün- und Freiflächen
- Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft
- Umwelt und Natur
- Energie- und Abfallwirtschaft
- Industrie, Gewerbe und Finanzwirtschaft
- Verkehr, Verkehrsinfrastruktur
- Tourismus, Kultur, Sport
- Bildung

Diese sektorale Aufteilung ist die bisher umfassendste im Rahmen einer Klimawirkungs- und Klimaanpassungsuntersuchung für Berlin.¹⁴

Neben Analyse von Literaturquellen wurde vor allem auf eine frühzeitige Einbindung der Fachöffentlichkeit geachtet, die für eine möglichst präzise Entwicklung von Vulnerabilitätsabschätzungen und die Generierung

¹⁴ Sie ist feingliedriger als etwa die fünf Sektoren, die dem BEK zugrunde liegen ((1) Energie, (2) Gebäude und Stadtentwicklung, (3) Wirtschaft, (4) Verkehr, (5) Private Haushalte und Konsum). Für das BEK ist die sektorale Gliederung der Berliner Energie- und CO₂-Bilanz prägend gewesen. Eine solche Vorgabe existierte bei der Erstellung des AFOK nicht.

von Maßnahmen unverzichtbar ist. Der Forschungsprozess konnte so um die Aspekte Erfahrungswissen, Datenhaltung, Kenntnis der Anpassungskapazität und Wirtschaftlichkeitskompetenz bereichert werden.¹⁵

Stakeholder wurden durch Interviews zu Erfahrungen, Verwundbarkeitseinschätzungen und Maßnahmenbewertungen sowie im Rahmen von zwei Workshops in das Projekt eingebunden. Diese Workshops fanden am 23.04.2015 und 29.09.2015 im Nachbarschaftshaus Urbanstraße in Berlin Kreuzberg statt.

Schwerpunkt des ersten Workshops war die Identifizierung der sektoralen Vulnerabilität in Berlin. Diese wurden auf der Basis der bereits im Vorfeld ermittelten Sensitivitäten in sektoralen Arbeitsgruppen diskutiert. Nach einer intensiven Projektphase, in der konkrete Maßnahmenvorschläge entwickelt worden waren, diente ein zweiter Workshop der Information über die Szenarien der Klimaentwicklung in Berlin sowie der Entwicklung und Bewertung sektorenspezifischer Maßnahmen der Klimaanpassung.



Abbildung 6: Impressionen der beiden Stakeholder-Workshops. Quelle: L.I.S.T.

Parallel zu diesem Prozess erfolgte die Rekonstruktion der wichtigsten Wettervariablen für Berlin in den letzten 30 Jahren sowie die Ermittlung der Berliner „Klimazukunft“ durch Szenarien. Um diese Fragen zu beantworten, wurde auf einen Modellensemble-Ansatz zurückgegriffen, wie er auch vom bundesweiten Netzwerk Vulnerabilität empfohlen wird (BUTH et al. 2015a, b). In den Kapiteln 2 und 3 wird näher auf die klimatologischen Aspekte des AFOK eingegangen.

Ein methodisches Kernelement bei der Erarbeitung des AFOK war die Herleitung von Klimapfadmodellen, die sektorale Klimawirkungen graphisch darstellen. Es werden dadurch die Wirkfolgen einer geänderten Klimavariablen in natürlichen, technischen und sozialen Systemen pro Handlungsfeld visualisiert. Eine genauere Beschreibung der sektoralen Vulnerabilitäten erfolgt in Kap. 4. Die Pfadmodelle selbst werden in Teil II (Materialien) dieses Berichts dargestellt.

Als hilfreiches Instrument des Dialogs zwischen AFOK und den Stakeholdern wurde der sog. „Wetter-Schmetterling“ entwickelt (vgl. im Folgenden Abbildung 7, S. 24). Es zeigte sich bereits bei den ersten Interviews, dass es einer sprachlichen Präzisierungshilfe bedurfte, um die Aussagen über die Erfahrungen mit vergangenen Wetterereignissen mit den meteorologisch-klimatologischen Kenngrößen in einen konsistenten Zusammenhang zu bringen. Das dafür entwickelte Instrument wurde „Wetter-Schmetterling“ genannt, weil es die Kenngrößen des Wettergeschehens auf drei Aspekte – Temperatur, Niederschlag, Wind – und in den relevanten zeitlichen Perioden systematisch abbildet und diese Abbildung optisch der Form eines Schmetterlings ähnelt.

¹⁵ Die Erarbeitung des Konzepts kann als ein Beispiel der „Ko-Produktion von Wissen“ nach JASANOFF verstanden werden (JASANOFF 2004, 2010).

Parallel zur Maßnahmenentwicklung wurde eine erweiterte Kosten-Nutzen-Bewertung von Anpassungsmaßnahmen durchgeführt. Eine ausführliche Ermittlung und Bewertung der Kosten und des Nutzens für alle vorgeschlagenen Klimaanpassungsmaßnahmen war nicht möglich. Stattdessen wurde die Arbeit auf ausgewählte Maßnahmen konzentriert. Neben den Beiträgen der Stakeholder war dabei die Auswertung von Daten und Literatur ausschlaggebend. Es erfolgte keine Einschränkung auf monetäre Größen. Auch nicht oder schwer zu beziffernde Effekte, wie beispielsweise der Anstieg von klimabedingten Gesundheitsgefährdungen oder sich ändernde Artenzusammensetzungen wurden in die Bewertung einbezogen (→ Kap. 6).

Außerdem wurde ein Monitoringkonzept erarbeitet, das Indikatoren sowie ein Verfahren zu ihrer Erhebung bzw. Nutzung erhält (→ Kap. 7 sowie AFOK Endbericht Teil II: Materialien, Kap. 12).

Ein wichtiger Baustein des Projekts war schließlich die Ausarbeitung eines Kommunikationskonzepts (→ Kap. 8). Zu diesem Zweck wurde am 13.11.2015 ein Kommunikations-Workshop durchgeführt, auf dem ausgewiesene Experten/-innen aus ganz Deutschland ihre Erfahrungen und Empfehlungen für Berlin eingebracht haben (→ AFOK Endbericht, Teil II: Materialien, Kap. 14.3).

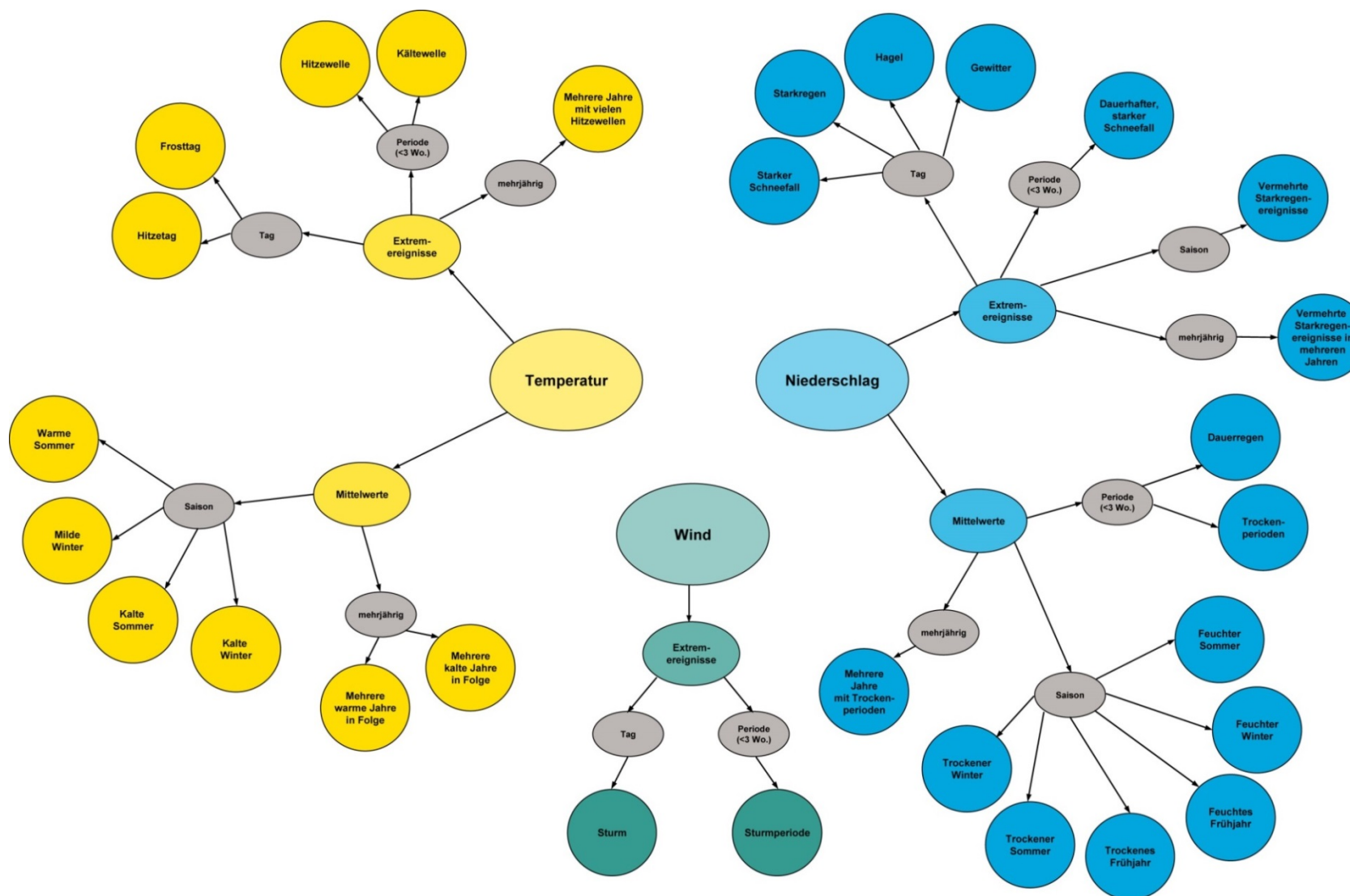


Abbildung 7: AFOK Wetter-Schmetterling Berlin. Gelb: Temperatur-Variablen; blau: Niederschlags-Variablen; grün: Wind-Variablen. Quelle: Eigene Darstellung.

2 Klimawandel und Klimaszenarien

2.1 Szenarien des zukünftigen Klimawandels

Die Emissionen von Treibhausgasen durch die Verbrennung fossiler Energieträger, landwirtschaftliche Aktivitäten und großflächige Landnutzungsänderungen führen zur Veränderung des globalen Klimasystems. Der Anteil der Treibhausgase in der Atmosphäre betrug zum Beginn der Industrialisierung vor 150 Jahren etwa 270 ppm (engl., *parts per million* = Teile pro Millionen Luftmoleküle). Aktuell wird gerade die Schwelle von 400 ppm überschritten – ein Konzentrationsniveau, das in den letzten 800.000 Jahren nicht aufgetreten ist (IPCC 2013). Dies führt zu einer Verstärkung des Treibhauseffekts, welche mit einer Erhöhung der globalen Durchschnittstemperatur einhergeht und sowohl im globalen als auch regionalen Rahmen beobachtet werden kann. So lag die global gemittelte Oberflächentemperatur im Jahre 2015 erstmals um 1° C über dem Mittel der Jahre 1860 bis 1890 (BBC NEWS 2015).

Neben der veränderten Mitteltemperatur lassen sich auch andere Phänomene des globalen Klimawandels beobachten. Die beobachteten Häufigkeiten vieler Extremwetterereignisse nehmen seit den 1950er Jahren zu. Laut IPCC (2013) ist es sehr wahrscheinlich, dass auf globaler Ebene die Anzahl der kalten Tage und Nächte ab- sowie die Zahl der warmen Tage und Nächte zugenommen haben. Für Europa konnte eine Zunahme der Häufigkeiten von Hitzeperioden und Starkregenereignissen festgestellt werden. Für den Gesamtniederschlag wurde für die Nördliche Hemisphäre ebenfalls eine Zunahme gemessen (ab 1951 mit hoher Zuverlässigkeit).

Der Großteil der zusätzlichen Energie im Klimasystem wird in den Ozeanen gespeichert. Dies führt zu einer messbaren Erwärmung, welche durch die damit verbundene thermische Ausdehnung für den überwiegenden Teil des Meeresspiegelanstieges in der Vergangenheit verantwortlich ist. Zusätzlich kommt es durch das voranschreitende Abschmelzen des Antarktis- und Grönlandeises sowie der Gletscher weltweit zur Erhöhung des Meeresspiegels. Besonders riskant ist, wenn großskalige Prozesse und Systeme durch den Klimawandel in einen neuen, bisher unbekanntem Zustand versetzt werden, der häufig unumkehrbar ist und oft selbstverstärkend abläuft. So kann durch das Auftauen der Permafrostböden das sehr klimawirksame Gas Methan freigesetzt werden, das den Klimawandel zusätzlich beschleunigt.¹⁶

Zur Abschätzung der zukünftigen Klimaentwicklung kommen Modelle zum Einsatz, die die dynamischen Prozesse der Atmosphäre in Wechselwirkung mit der Biosphäre, den Ozeanen und der Kryosphäre abbilden. Unterschiede zwischen den Modellen bestehen in der räumlichen Auflösung und den Beschreibungen einiger komplizierter Phänomene wie der Wolkenbildung oder dem Atmosphären-Ozean-Austausch. Eine große Unbekannte für die Modellierung des zukünftigen Klimas ist die zukünftige Entwicklung der Weltgesellschaft. Da sich diese kaum exakt vorhersagen lässt, kommen sogenannte Szenarien zum Einsatz. Diese nehmen unterschiedliche Verläufe der Treibhausgasemissionen in der Atmosphäre für die Zukunft an und spiegeln damit unterschiedliche zukünftige Handlungsmöglichkeiten der Menschheit wieder – etwa was die Bevölkerungsentwicklung oder das Wirtschaftswachstum angeht. Das Szenario RCP2.6 ist beispielsweise nur zu erreichen, wenn sehr große Anstrengungen zum Klimaschutz unternommen werden und sich diese in stark verminderten Emissionen niederschlagen. Das Szenario RCP8.5 ist das sogenannte *Business-as-usual-Szenario* (BAU) und beschreibt eine Welt, welche kaum von der momentanen Art des Wirtschaftens und der Energienutzung abweicht. Die AFOK-Szenarien werden auf dieses RCP8.5-Szenario fokussieren und damit einen „Worst Case“ für die Änderung der klimatischen Bedingungen abbilden, welche dann auch in Berlin zu erwarten wären.

Wie in Kapitel I betont wurde, ist dieser „schlimmste Fall“ der IPCC-Szenarien momentan leider noch ein Abbild des Emissionsgeschehens der letzten Jahre. Es ist daher keineswegs abwegig, sondern leider noch sinnvoll, ein RCP8.5-Szenario der Erarbeitung eines Anpassungskonzepts vorzuschalten.

¹⁶ Vgl. zu den Kipp-Elementen des Erdsystems LEVERMANN/ BAMBER/ DRIJFHOUT et al. (2012) und <https://www.pik-potsdam.de/services/infothek/kippelemente>; Zugriff: 22.01.2016.

Hinzu kommen ein wissenschaftlicher und ein pragmatischer Grund für die getroffene Szenarien-Auswahl:

- Aus wissenschaftlicher Sicht ist es besonders interessant, ein Systemverhalten unter der Annahme eines extremen, aber durchaus realistischen Stimulus-Verlaufs zu studieren. Auch aus solchen Extremfällen können wertvolle allgemeine Schlussfolgerungen gezogen werden (FLYVBJERG 2006).
- Aus forschungspragmatischen Gründen war es notwendig, sich für ein einziges bestimmtes Szenario zu entscheiden. Die Entscheidung für den „schlimmsten Fall“ lag deshalb nahe, weil die Abschätzung der Klimafolgen für Berlin und die Herleitung von Maßnahmen unter dieser Voraussetzung nur bei Berücksichtigung der „Oberkante“ der Szenarien alle Möglichkeiten umfasst – auch die, dass es möglicherweise „weniger schlimm“ kommt, als 2016 befürchtet.¹⁷

Dadurch wird auch ein in Zukunft möglicherweise eintretender geringerer Klimawandel zwar nicht explizit modelliert, aber implizit in die Abschätzungen „eingeschlossen“. Hätte man sich dagegen z.B. für ein mittleres Emissionsszenario als das pragmatisch einzig bearbeitbare entschieden, dann hätte völlig offen bleiben müssen, was Berlin im – aktuell leider einzig realistischen – Fall hoher Emissionen erwartet. Damit wäre der Auftragstellung und dem Anliegen des AFOK kaum entsprochen worden.

Die global projizierten Änderungen unter Annahme des RCP8.5-Szenarios werden wahrscheinlich im Bereich zwischen 2,6 bis 4,8 °C für die global gemittelte Oberflächentemperatur liegen (2081-2100). Der Meeresspiegel wird global um etwa 45 bis 82 cm ansteigen. Mit dem weiteren Anstieg der globalen Mitteltemperatur wird auch die Verdunstung ansteigen. Dies wird in den südlichen Teilen Europas zu einer Verminderung des jährlichen *Runoffs* (Oberflächenabfluss) führen. In den nördlicheren Breiten ist ein Anstieg des jährlichen *Runoffs* zu erwarten. Dies folgt auf den Anstieg in den Niederschlägen im Winter und Frühling bis zum Ende des 21. Jahrhunderts (IPCC 2013). Auch andere Entwicklungen, die bereits in den derzeit beobachteten Trends nachweisbar sind, werden sich in Zukunft fortsetzen – z.B. die Zunahme von Hitze- und Starkregenereignissen.

Allerdings sind die verfügbaren globalen Klimamodelle nicht fein genug aufgelöst, um hinreichend verlässliche Szenarien für eine Region wie Berlin herzuleiten. Hier kann man durch die Kombination globaler und regionaler Modelle deutliche Fortschritte erzielen.

2.2 Verwendete Daten

2.2.1 Regionale Klimamodellierung – CORDEX

Bei den ausgewerteten Klimaprojektionsdaten handelt es sich um sogenannte CORDEX Daten (**C**oordinated **D**ownscaling **E**xperiment) (GIORGI et al. 2009). Durch die Einbettung von regionalen in globale Klimamodelle (vgl. Abbildung 8) weisen diese Daten mit einer Gitterzellengröße von 12,5 km eine höhere räumliche Auflösung auf, die auch eine Interpretation für das Berliner Stadtgebiet ermöglicht.

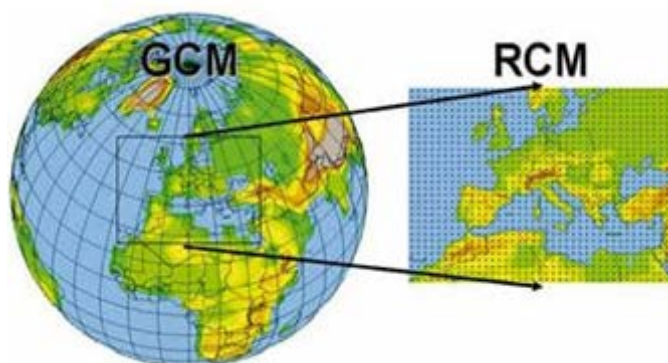


Abbildung 8: Einbindung von Regionalen Klimamodellen in Globale Klimamodelle. Quelle: WMO 2016.

¹⁷ Es muss in diesem Zusammenhang aber darauf hingewiesen werden, dass Unsicherheit immer bedeutet: „Es kann auch schlimmer kommen“, nicht etwa: „Es ist unsicher, also wird es schon nicht so schlimm sein“. Die THG-Emissionen der letzten 10 Jahre etwa lagen noch über den Worst-Case-Szenarien, die der IPCC in seinem Dritten Sachstandsbericht von 2001 angenommen hatte (GCP 2015).

Die hier zugrundeliegenden globalen Klimamodell­daten dienen als Basis für den 5. Sachstandsbericht des IPCC aus dem Jahre 2014. Bei dem verwendeten Emissionspfad handelt es sich wie erwähnt um den emissionsintensiven Pfad RCP8.5. Für die Berliner Klimaszenarien im AFOK wurden 12 Kombinationen aus sechs RCMs und fünf GCMs verwendet (vgl. Tabelle 1).

Die verwendeten Daten sind nicht bias-korrigiert. Das bedeutet, dass modellspezifische Abweichungen (wie „zu warm“ oder „zu trocken“) in den Daten enthalten sind. Dieses Problem wurde durch die Anwendung des sog. *Delta-Ansatzes* angegangen, d.h. es wurden lediglich die absoluten oder relativen *Änderungen* zwischen zwei 30-Jahres-Zeiträumen betrachtet; also die Änderung zwischen 2031-60 bzw. 2071-2100 einerseits und 1971-2000 andererseits in den Modell­daten.

Bei der Betrachtung von Kennwerten, welche die Überschreitungshäufigkeit eines absoluten Grenzwertes benötigen, wurde auf die Überschreitungshäufigkeit von Perzentil-Werten zurückgegriffen.

Diese wurden den Beobachtungsdaten von Wetterstationen im Berliner Raum entnommen. So wird z.B. die Änderung von heißen Tagen berechnet, indem die Änderung der Überschreitungshäufigkeit vom 98. Perzentil betrachtet wird. Das 98. Perzentil bedeutet, dass 98 % der Tageswerte unter diesem Schwellwert liegen und nur 2 % darüber. Diese Schwelle liegt an der Station Dahlem bei etwa 30 °C Tageshöchsttemperatur. Diese Vorgehensweise entspricht einem punktweisen *Quantil-Mapping* (WILCKE/MENDLIK/ GOBIET 2013).

Globales Klimamodell	Institut	Land	Verfügbares Regionalmodell
CNRM-CERFACS	CNRM-GAME und CERFACS sind zwei mit dem französischen CNRS (<i>Centre National de Recherches Météorologiques</i>) kooperierende Institute	Frankreich	RCA4 CCLM
ICHEC-EC-EARTH	<i>Irish Centre for High-End Computing</i> (+EC-EARTH, ein von europäischen Wetterdiensten entwickeltes Erdsystemmodell)	Irland	HIRHAM, RACMO CCLM, RCA4
IPSL-IPSL-CM5A	<i>Institut Pierre-Simon Laplace</i>	Frankreich	RCA4, WRF
MOHC-HadGEM2	<i>Met Office Hadley Centre</i> (zusätzlich HadGEM2-ES Realisierungen durch <i>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais</i>)	GB	RCA4
MPI-ESM-LR	Max Planck Institut für Meteorologie	Deutschland	RCA4, REMO, CCLM

Tabelle 1: Verwendete Modellkombinationen aus dem CORDEX-Datensatz. Quelle: DWD 2016.

Das Klima der Stadt Berlin wurde bisher etwa in dem Projekt EFRE (SENSTADTUM 2015) analysiert. Die Analysen fokussieren dabei hauptsächlich auf dem vergangenen Klima. Die Klimaprojektionen basieren auf der Kombination eines globalen Zirkulationsmodells mit einem regionalen Klimamodell. Beim AFOK werden dagegen 12 Kombinationen aus 6 RCMs und 5 GCMs zugrunde gelegt, deren Übereinstimmungen bzw. Differenzen verlässlichere Prognosen und zugleich fundierte Aussagen über Prognoseunsicherheiten erlauben.

Das für den Umweltatlas verwendete Emissionsszenario A1B (es stammt noch aus dem Vierten Sachstandsbericht des IPCC von 2007) ist etwas optimistischer als das hier verwendete RCP8.5. Bei der Analyse der in der Vergangenheit beobachteten Klimaänderungen in der Stadt bezieht sich der Umweltatlas auf eine ähnliche Wetterstationsauswahl wie das AFOK. Es werden die Stationen Dahlem, Tegel, Tempelhof, Schönefeld und Alexanderplatz betrachtet. Lediglich die Station Grunewald wird beim AFOK durch Berlin-Buch ersetzt (siehe nächster Abschnitt).

2.2.2 Beobachtungsdaten

Um die vergangene klimatische Entwicklung im Raum Berlin abzuschätzen und eine ► bias-Korrektur der modellierten Daten durchzuführen, stehen die Messdaten der meteorologischen Stationen des Deutschen Wetterdienstes zur Verfügung.

Station	Geogr. Breite	Geogr. Länge	Höhe der Station (Angaben in m)	Beginn Temperaturmessung	Ende Temperaturmessung	Beginn Niederschlagsmessung	Ende Niederschlagsmessung	Fehlwerte
Potsdam	52.3813	13.0622	81	Jan 1893	aktuell	Jan 1893	aktuell	-
Berlin-Dahlem (FU)	52.4578	13.3101	51	Jan 1950	aktuell	Jan 1950	aktuell	-
Berlin-Alexanderplatz	52.5205	13.4105	37	Jan 1975	Jul 2011	Jan 1969	Jul 2011	1993/1994
Berlin-Tempelhof	52.4675	13.4021	48	Jan 1948	aktuell	Jan 1948	aktuell	
Berlin-Buch	52.631	13.502	60	Jan 1961	aktuell	Jan 1961	aktuell	1991/1996
Berlin-Schönefeld	52.3807	13.5306	46	Jan 1967	aktuell	Jan 1967	aktuell	-

Tabelle 2: Datenverfügbarkeit der sechs Berliner Wetterstationen. Quelle: WebWerdis-Datenportal des DWD.

Diese Daten sind über das WebWerdis-Datenportal des DWD verfügbar (www.webwerdis.de). Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Stationen, ihre Lage sowie die zeitliche Verfügbarkeit der Daten.

3 Regionalisierte Klimaszenarien für Berlin 2050 und 2100

3.1 Entwicklung der Wettervariablen Temperatur – Beobachtung und Projektion

3.1.1 Temperaturmittel

Anhand der Tageshöchsttemperatur sollen die Vorgehensweise und die verwendeten Abbildungen genauer erläutert werden. In Tabelle 3 sind Details für die beobachteten klimatischen Bedingungen an sechs Wetterstationen im Berliner Raum aufgelistet. Es sind das Jahresmittel der Höchst- und Tiefsttemperatur sowie die saisonalen Mittel für den Zeitraum 1971-2000 dargestellt.

Station	Daten- verfüg- barkeit	Jahresmittel T _{min} 1971-2000 (in °C)	Jahresmittel T _{max} 1971-2000 (in °C)	Frühling Mittel T _{max} 1971-2000 (in °C)	Sommer Mittel T _{max} 1971-2000 (in °C)	Herbst Mittel T _{max} 1971-2000 (in °C)	Winter Mittel T _{max} 1971-2000 (in °C)
Potsdam	1893- 2014	5,2 [+0,02]	13,5 [+0,02]	14,0 [+0,04]	23,3 [+0,02]	13,1 [+0,01]	3,4 [+0,02]
Berlin- Dahlem (FU)	1950- 2014	5,4 [+0,02]	13,3 [+0,03]	13,7 [+0,04]	22,9 [+0,02]	12,9 [+0,02]	3,6 [+0,03]
Berlin- Alexander- platz	1981- 2011	7,3 [+0,01]	14,0 [+0,02]	14,3 [+0,04]	23,7 [+0,04]	13,1 [+0,00]	4,2 [+0,02]
Berlin- Tempelhof	1948- 2014	5,9 [+0,01]	13,5 [+0,04]	13,7 [+0,06]	23,1 [+0,03]	13,3 [+0,03]	3,8 [+0,04]
Berlin-Buch	1961- 2014	5,6 [+0,02]	13,3 [+0,04]	13,6 [+0,06]	23,1 [+0,04]	13,0 [+0,02]	3,5 [+0,04]
Berlin- Schönefeld	1967- 2014	4,9 [+0,02]	13,5 [+0,03]	13,8 [+0,05]	23,3 [+0,02]	13,1 [+0,02]	3,5 [+0,03]

Tabelle 3: Mittelwerte und Trends für jährliche und saisonale Mittelwerte der Temperatur an sechs Wetterstationen im Raum Berlin (grün hervorgehobene Felder markieren signifikante Trends auf 5%-Level, Trendberechnung über Zeitraum in eckigen Klammern). Quelle: Eigene Berechnungen – Details siehe Text.

Deutlich ist zu erkennen, wie sehr sich die Bedingungen an den Stationen für diese Zeitskalen ähneln. Lediglich die Station Alexanderplatz zeichnet sich durch leicht erhöhte Mittelwerte aus. Dies kann auf den städtischen Hitzeinseleffekt zurückgeführt werden, welcher an dieser Station besonders stark spürbar ist. Die Trends in der Temperaturentwicklung der Vergangenheit sind an allen Messpunkten nicht negativ und reichen an einigen Stationen bis zu 0,06°C pro Jahr. Die meisten Temperaturtrends sind statistisch signifikant, lediglich für den Herbst trifft dies auf nur 3 von 6 Stationen zu; im Winter sogar nur auf 1 von 6.

Abbildung 9 zeigt die CORDEX-Modellergebnisse für das Jahresmittel der Tageshöchsttemperatur (Gitterzelle Dahlem), welche als Änderungen gegenüber dem Zeitraum 1971 bis 2000 dargestellt sind. Die Analyse wurde für zwei 30-Jahres-Zeiträume weitergeführt. Dafür wurden die Änderungsraten für die Jahre 2031-2060 (nahe Zukunft) und 2071-2100 (ferne Zukunft) für jedes der CORDEX-Modelle gemittelt. Aus diesen Änderungsraten aller Modelle wurden für beide Zeiträume mittels eines statistischen Verfahrens die Verteilung der Änderung der Tageshöchsttemperatur ermittelt (*kernel estimator*; vgl. PARZEN 1962), Abbildung 9, rechts) Die blaue (rote) Linie steht für die nahe (ferne) Zukunft. Die dahinterliegenden gestrichelten (gepunkteten) Linien entsprechen den absoluten Änderungen in der nahen (fernen) Zukunft.

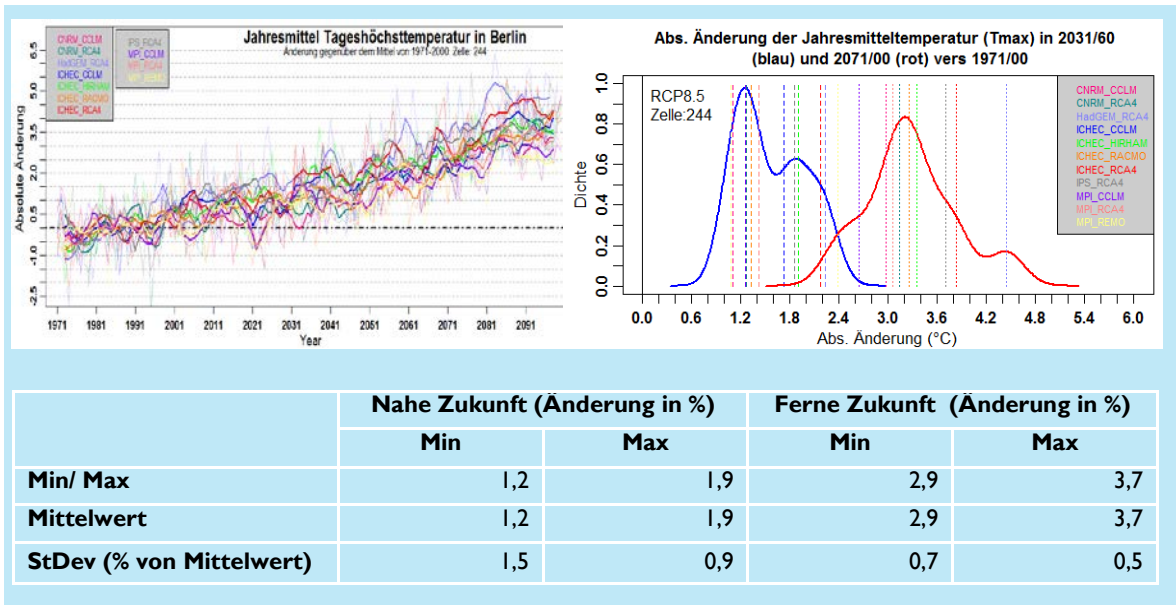


Abbildung 9: Änderung der Variable „Tageshöchsttemperatur“ für Berlin (Gitterzelle Dahlem) – Zeitreihen der CORDEX-Modellergebnisse (oben links), Verteilung der absoluten Temperaturänderungen (oben rechts) und die über alle betrachtete Gitterzellen aggregierte Änderung der Mehrheit der Modelle¹⁸; (Tabelle unten). Quellen: Eigene Berechnungen – Siehe Text.

Für die nahe Zukunft lässt sich bei Betrachtung der mittleren 2/3 der Modelle eine Änderung zwischen 1,2 und 1,9 °C angeben. In der fernen Zukunft verzeichnen die mittleren Modelle eine Änderung von 2,9 bis 3,7 °C. Die Temperaturzunahme, welche bereits in der Vergangenheit nachweisbar ist, setzt sich (wie erwartet) verstärkt in der Zukunft fort. Es wurde weiterhin die räumliche Variabilität der Änderungsraten zwischen den Gitterzellen im Berliner Raum betrachtet. Für die Variable Jahresmittel der Tageshöchsttemperatur sind die Schwankungen sehr gering und liegen bei maximal 0,1 °C.

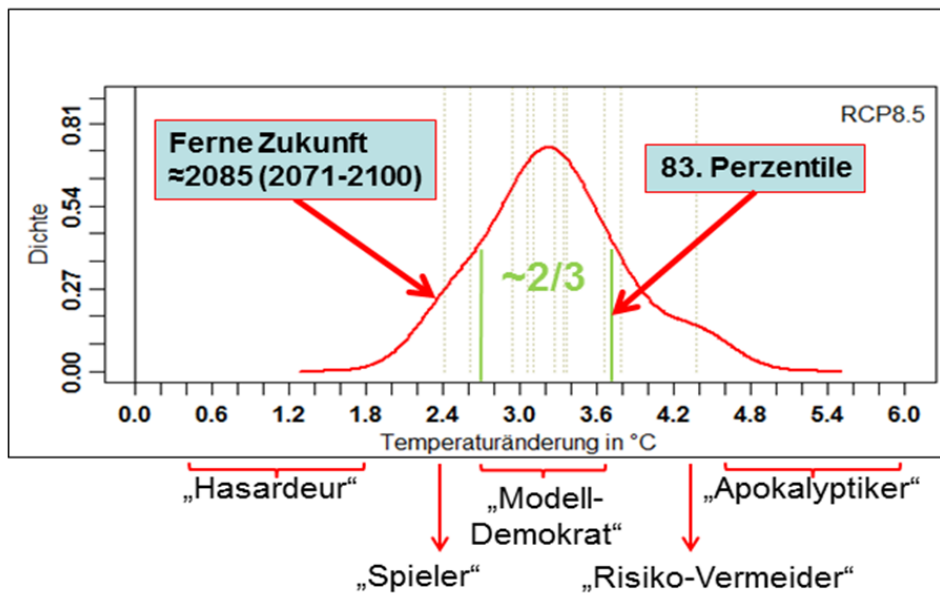


Abbildung 10: Mögliche Interpretationen der Bereiche unter der Verteilungskurve der Änderungsrate der Beispielgröße Tageshöchsttemperatur. Quellen: Eigene Berechnungen – Siehe Text.

¹⁸ Mit StDev = *Standard Deviation*; engl. Ausdruck für Standardabweichung. Die Standardabweichung ist ein statistisches Maß, welches die Streubreite der Werte einer Variablen um ihren Mittelwert angibt.

Da die Darstellung in Abbildung 10 von zentraler Bedeutung für die Ergebnisse ist, wird auf diese etwas genauer eingegangen. In Abbildung 9 ist die relative Änderungsrate der jahresgemittelten Tageshöchsttemperatur für Berlin für die ferne Zukunft dargestellt (Gitterzelle Dahlem; vgl. Abbildung 9). Um den möglichen Umgang mit diesen wissenschaftlich ermittelten Verteilungen zu illustrieren, wurden in Abbildung 10 verschiedene idealtypische Charaktere definiert, die sich darin unterscheiden, welchem Teil der Verteilung die größte Bedeutung zugemessen wird (*Hasardeur, Spieler, Modell-Demokrat, Risiko-Vermeider, Apokalyptiker*).¹⁹ Im Weiteren wird für die Angaben der Änderungen der im vorliegenden Bericht betrachteten Variablen der Strategie des „Modell-Demokraten“ gefolgt und der Begriff „mehrheitlich“ verwendet, der die zentralen 2/3 der Modelle beschreibt.²⁰

Zusätzlich ist in Abbildung 10 das 83. Perzentil eingetragen. Es markiert die Obergrenze der zentralen 2/3 der Modelle – also das 5/6. Perzentil – und stellt – nach hier vertretender Auffassung – den geeignetsten Wert für die weitere Anpassungsdiskussion dar.

Abbildung 11 zeigt die entsprechenden Änderungen in der Variablen nach Jahreszeiten aufgeschlüsselt. Auch hier sind die Schwankungen zwischen den Gitterzellen nur minimal.

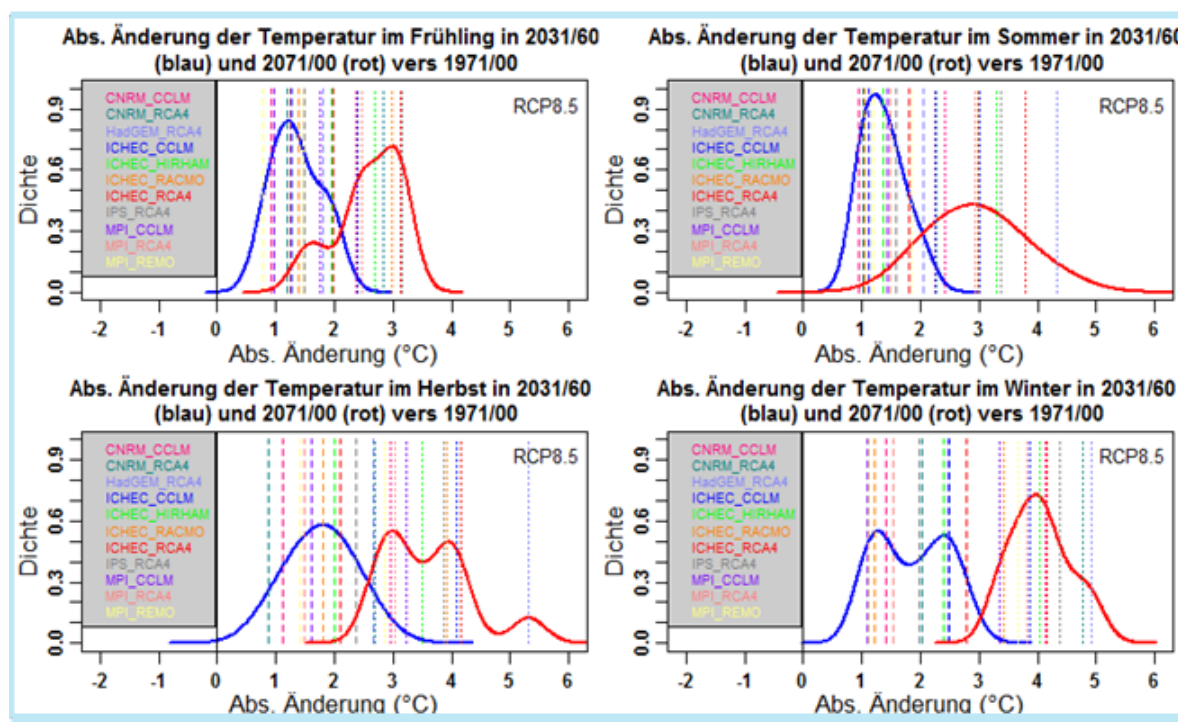


Abbildung 11: Jahreszeitliche Betrachtung der absoluten Änderungen in der Tageshöchsttemperatur in der Gitterzelle Dahlem. Quellen: Eigene Berechnungen – Siehe Text.

Die Angaben für die Mehrheit der Modelle (vgl. im Folgenden Tabelle 4) wurden jedoch über alle Zellen betrachtet und geben die jeweiligen Minima und Maxima wieder. Die Änderungen im Frühjahr sind mit +0.9 bis +1.8°C (+2.3 bis 3.1°C) am geringsten und im Winter mit +1.1 bis +2.5°C (+3.5 bis +4.4°C) am stärksten.

¹⁹ Die Verwendung des Singulars sollte nicht verdecken, dass es dabei nicht nur um verschiedene individuelle Umgangswesen mit Häufigkeitsverteilungen geht, sondern man damit auch soziale Gruppen oder „Interpretationsgemeinschaften“ beschreiben kann.

²⁰ Dafür werden die Modelle nach der Größe der Änderungsrate sortiert und die zwei niedrigsten und zwei höchsten Modelle („Ausreißer“) herausgenommen. Diese Wahl kann aus einer langjährigen Erfahrung mit der Entwicklung von Klimaprojektionen heraus als die angemessene Umgangsweise betrachtet werden.

Jahreszeit	Temperaturänderung bis 2031-2060	Temperaturänderung bis 2071-2100
Frühling	+0,9 bis +1,8°C	+2,3 bis +3,1°C
Sommer	+1,0 bis +1,7°C	+2,3 bis +3,5°C
Herbst	+1,3 bis +2,1°C	+3,0 bis +4,1°C
Winter	+1,1 bis +2,5°C	+3,5 bis +4,4°C

Tabelle 4: Änderungsraten (MIN/ MAX über alle Gitterzellen) der saisonalen Tageshöchsttemperaturmittel für die nahe und ferne Zukunft. Quellen: Eigene Berechnungen – Siehe Text.

3.1.2 Temperaturextreme

Nach der Betrachtung der Jahres- und Saisonmittel werden nun Temperaturextreme betrachtet. Dafür werden folgende Kenntage untersucht:

- „Heiße Tage“ mit Tageshöchsttemperaturen über 30°C,
- „Tropische Nächte“ mit Tagestiefsttemperaturen über 20°C und
- „Eistage“ mit Tageshöchsttemperaturen unter 0°C.

Zusätzlich werden sogenannte „Glatteistage“ betrachtet. Hier wird die Entwicklung von Tagen analysiert, an denen die Höchst- und Tiefsttemperaturen mit einem unterschiedlichen Vorzeichen versehen sind, es also mindestens einmal an diesen Tagen zum Durchgang durch die 0°C-Grenze kommt. Wie oben beschrieben, kommen hierfür Perzentil-Grenzen zum Einsatz, welche der Station Dahlem für 0 °C Tageshöchst- bzw. Tiefsttemperatur entnommen wurden.

Zu Beginn der Analyse der Temperaturextreme werden in Tabelle 5 die beobachteten Mittelwerte aus den Jahren 1971 bis 2000 und die Trends über die angegebenen Zeiträume (Spalte 2/ eckige Klammern) aufgelistet.

Station	Datenverfügbarkeit	Heiße Tage (T _{max} ≥30 °C) pro Jahr (1971-2000)	Tropische N. (T _{min} >20 °C) pro Jahr 1971-2000	Eistage (T _{max} <0 °C) pro Jahr in 1971-2000	Glatteistage pro Jahr in 1971-2000
Potsdam	1893-2014	9,6 [+0,10]	0,3 [+0,01]	21,4 [-0,08]	62,2 [-0,09]
Berlin-Dahlem (FU)	1950-2014	7,3 [+0,10]	0,4 [+0,01]	19,9 [-0,08]	55,6 [-0,06]
Berlin-Alexanderplatz	1981-2011	9,6 [+0,10]	5,0 [+0,06]	18,0 [-0,08]	36,0 [+0,13]
Berlin-Tempelhof	1948-2014	8,2 [+0,11]	1,3 [+0,02]	19,9 [-0,10]	51,5 [-0,07]
Berlin-Buch	1961-2014	8,2 [+0,14]	0,5 [+0,00]	21,0 [-0,22]	52,4 [+0,01]
Berlin-Schönefeld	1967-2014	8,6 [+0,05]	0,1 [+0,01]	21,1 [-0,06]	67,0 [-0,13]

Tabelle 5: Mittelwerte und Trends pro Jahr (in eckigen Klammern) für Temperaturextreme an sechs Wetterstationen im Raum Berlin (grüne Zellen markieren signifikante Trends). Quellen: Eigene Berechnungen – Siehe Text.

Die Häufigkeit von heißen Tagen lag im Raum Berlin in der Vergangenheit bei etwa 7 bis 10 Tagen pro Jahr. Das entspricht in etwa jedem zehnten Sommertag. An der Station Dahlem treten weniger Hitzetage auf als an den anderen Stationen. Die Trends über stationsspezifische Zeiträume sind alle positiv und teilweise signifikant. Für die meisten Stationen liegt die Größenordnung der jährlichen Zunahme bei etwa einem zusätzlichen heißen Tag pro Jahrzehnt.

Bei tropischen Nächten lag die Häufigkeit meist bei unter einem Ereignis im Jahr. Lediglich in Tempelhof liegt sie bei 1,3 und am Alexanderplatz sogar bei 5 tropischen Nächten pro Jahr. An letzterer Station ist die Zunahme ebenfalls am größten. Alle Stationen zeigen eine Zunahme des Ereignisses.

Die Kennwerte für die kühlere Jahreszeit deuten bereits in der Vergangenheit auf eine Abnahme hin. So verzeichnen die Eistage aller Stationen eine Abnahme, diese liegt zwischen 0,08 und 0,22. Die Häufigkeit des

Kenntages beträgt um die 20 Tage pro Jahr. Die Station Alexanderplatz zeigt hier aufgrund ihrer urbanen Lage wieder den geringsten Wert.

Für die Glatteistage, welche zwischen 35 und 70 Mal pro Jahr in 1971 bis 2000 auftraten, zeigen alle bis auf Alexanderplatz und Buch ebenfalls ein negatives Vorzeichen im Trend. Bei der Station Buch ist dieser Trend sehr gering und bei der Station Alexanderplatz muss hier erneut auf die mangelhafte Datenlage verwiesen werden. Mehrere Jahre (1993, 1994, 2011) mussten aus der Trendanalyse entfernt werden. Einen signifikanten Trend kann nur die Station Potsdam vorweisen.

Die folgende Abbildung 12 gibt einen Einblick in die Projektionen der regionalen Klimamodelle für den Kenntag „heißer Tag“. Die Zeitreihendarstellung (oben links) macht deutlich, wie stark die Häufigkeit laut der Modelle zunehmen wird, jedoch auch, dass diese Entwicklung einer starken interannuellen (Jahr-zu-Jahr) Schwankung unterliegt. Die Verteilung der Änderungsraten der einzelnen Modelle (oben rechts) zeigt, dass sich die Mehrheit der Modelle für die nahe Zukunft in der Größenordnung bis zu einer Verdopplung des Ereignisses bewegt und für die ferne Zukunft diese Änderung bis zum dreieinhalbfachen ansteigen kann. Diese Abbildung wurde für die Gitterzelle um Dahlem angefertigt.

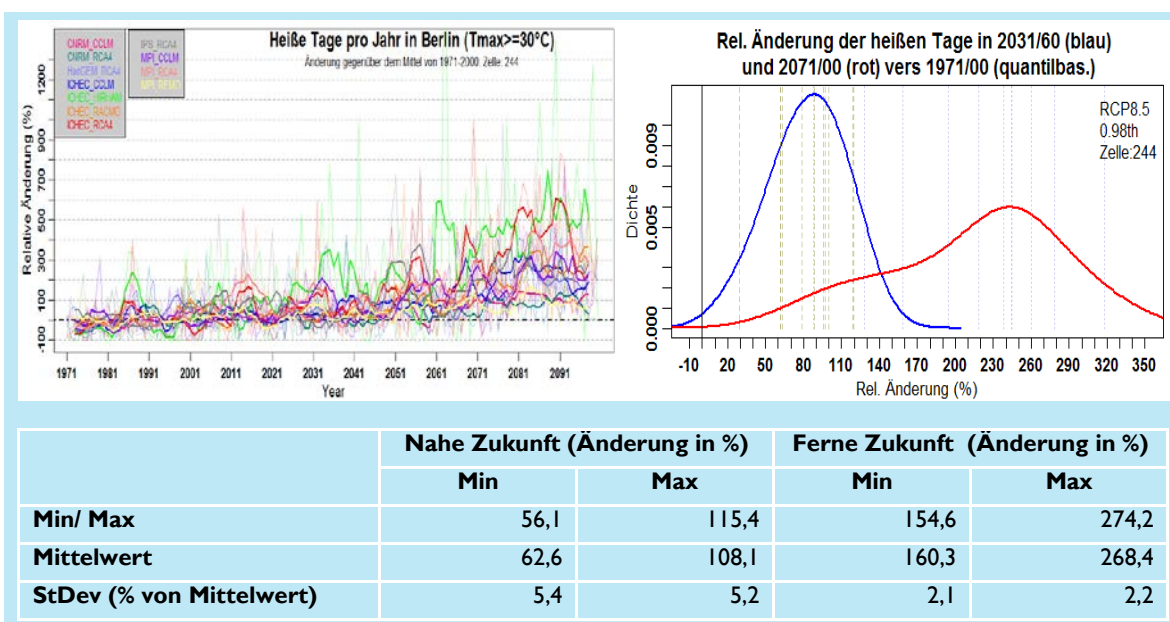


Abbildung 12: Relative Änderung der Variable „heiße Tage“ für Berlin (Gitterzelle Dahlem) – Zeitreihen der CORDEX-Modellergebnisse (oben links), Verteilung der relativen Häufigkeitsänderungen (oben rechts) und die über alle betrachtete Gitterzellen aggregierte Änderung der Mehrheit der Modelle (Tabelle unten). Quellen: Eigene Berechnungen – Siehe Text.

Die tabellarische Übersicht im unteren Teil von Abbildung 12 gibt genauere quantitative Werte der Änderungen der mittleren 2/3-Modellmehrheit wieder. Diese Angaben sind jedoch über alle neun betrachteten Gitterzellen gemacht, so dass die MIN- und MAX-Angaben für den Raum Berlin gelten. Die Standardabweichung in der dritten Zeile verdeutlicht jedoch auch, dass die Schwankungen zwischen den Gitterzellen relativ klein sind (im Vergleich zu anderen Variablen, insbesondere dem Niederschlag).

In Abbildung 13 sind die Ergebnisse der entsprechenden Analyse für Eistage dargestellt. Die Zeitreihe der Entwicklung der Variablen gegenüber dem Zeitraum 1971 bis 2000 zeigt sehr klar die Abnahme des Ereignisses – ebenfalls jedoch wieder mit starken interannuellen Schwankungen. Dies bedeutet, dass ein Kälteereignis auch gegen Ende des Jahrhunderts durchaus noch auftreten kann – allerdings mit deutlich geringerer Wahrscheinlichkeit.

Für die nahe Zukunft projizieren die Modelle eine Abnahme der Ereignisse um ein bis zwei Drittel. Verglichen mit den beobachteten Werten von etwa 20 Tagen entspräche die einer Verringerung der Eistage um 6 bis 12 Eistage. Damit wären bereits zur Mitte des Jahrhunderts Eistage seltenere Ereignisse als Hitzetage.

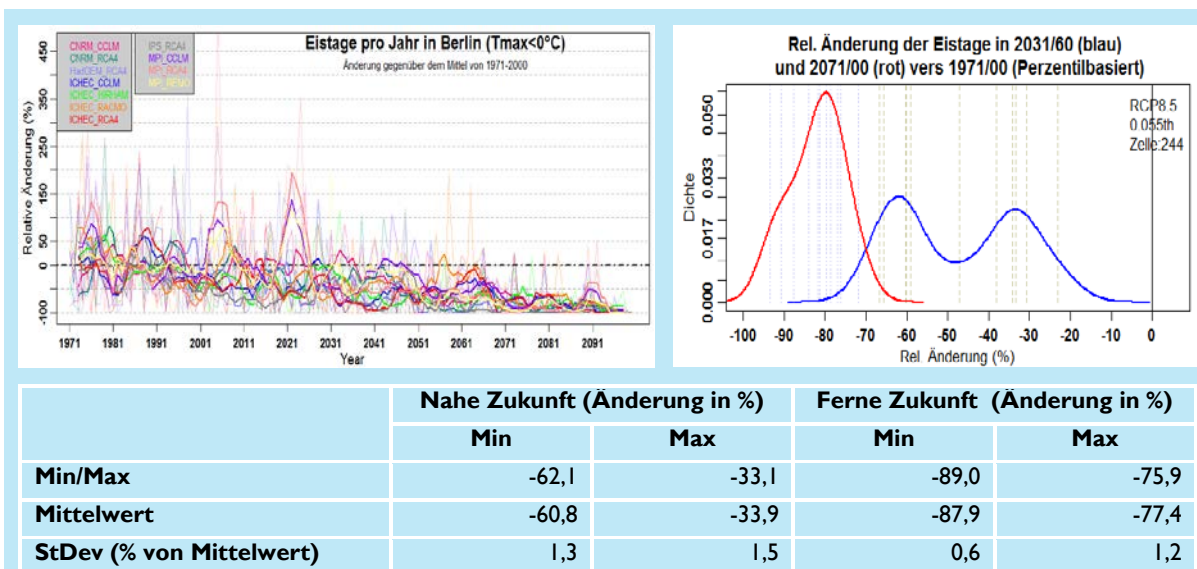


Abbildung 13: Relative Änderung der Variable „Eistage“ für Berlin (Gitterzelle Dahlem) – Zeitreihen der CORDEX-Modellergebnisse (oben links), Verteilung der relativen Häufigkeitsänderungen (oben rechts) und die über alle betrachtete Gitterzellen aggregierte Änderung der Mehrheit der Modelle (Tabelle unten). Quellen: Eigene Berechnungen – siehe Text.

Für die Ferne Zukunft wird mit einer Abnahme um 75 bis 90% gerechnet, womit im Mittel lediglich noch zwei bis drei Eistage am Ende des Jahrhunderts auftreten werden. Die Schwankungen zwischen den Gitterzellen sind noch geringer als bei den heißen Tagen.

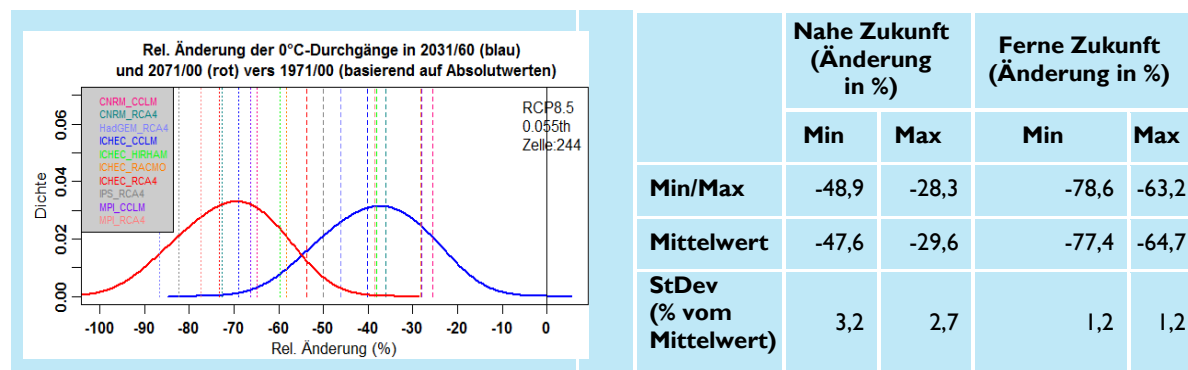


Abbildung 14: Relative Änderung der Variable „Glatteistage“ für Berlin (Gitterzelle Dahlem) – Zeitreihen der CORDEX-Modellergebnisse (links) und die über alle betrachtete Gitterzellen aggregierte Änderung der Mehrheit der Modelle (Tabelle rechts). Quellen: Eigene Berechnungen – siehe Text.

In Abbildung 14 sind die Ergebnisse (Zeitreihen wurden für diese Variable nicht berechnet) für die Glatteistage dargestellt. Diese werden bis zur nahen Zukunft um 30 bis 50% und bis zur fernen Zukunft um 60 bis 80% abnehmen. Die Schwankung zwischen den Gitterzellen ist wieder relativ gering.

3.2 Entwicklung der Wettervariablen Niederschlag – Beobachtung und Projektion

3.2.1 Niederschlagsmittel

Analog zur Wettervariable Temperatur betrachten wir zu Beginn die Mittelwerte und Trends des Jahresniederschlags und der saisonale Niederschlagssummen (siehe Tabelle 6). Die Jahres- und saisonalen Mittelwerte an den sechs Beispielstationen sind sehr ähnlich. Die Jahressummen schwanken zwischen 510 und 580 mm. Der Jahresniederschlag ist relativ gleichförmig auf die vier Jahreszeiten verteilt, lediglich der Sommer hat an allen Stationen die höchste Niederschlagssumme. Die Trends an den einzelnen Wetterstationen sind jedoch relativ inhomogen und nicht auch signifikant. Der Herbst ist die einzige Jahreszeit mit ausnahmslos positiven Trends, diese sind jedoch nicht signifikant.

Station	Datenverfügbarkeit	Jahresniederschlag (mm) [Trend]	Frühling (mm) [Trend]	Sommer (mm) [Trend]	Herbst (mm) [Trend]	Winter (mm) [Trend]
Potsdam	1893-2014	565 [+0,05]	131 [-0,01]	177 [-0,09]	124 [-0,01]	134 [+0,14]
Berlin Dahlem	1950-2014	578 [+0,05]	132 [+0,07]	183 [-0,16]	127 [+0,03]	136 [+0,21]
Berlin-Alexanderplatz	1981-2011	544 [+1,11]	124 [-0,18]	159 [+2,24]	111 [+0,81]	144 [-0,55]
Berlin-Tempelhof	1948-2014	571 [-0,04]	131 [-0,09]	182 [-0,08]	126 [+0,04]	131 [+0,21]
Berlin-Buch	1961-2014	567 [+1,33]	131 [+0,13]	175 [+0,84]	128 [+0,07]	133 [+0,53]
Berlin-Schönefeld	1967-2014	510 [+0,82]	122 [-0,21]	167 [+0,99]	111 [+0,05]	111 [+0,17]

Tabelle 6: Mittelwerte und Trends für jährliche und saisonale Mittel des Niederschlags an sechs Wetterstationen im Raum Berlin (keine signifikante Trends vorhanden; Mittelwerte in 1971-2000; Trends über Zeiträume aus Spalte 2: eckige Klammern). Quelle: Eigene Berechnungen – siehe Text.

Abbildung 15 gibt detailliertere Informationen über die projizierte Entwicklung des Jahresniederschlags durch die regionalen Klimamodelle: Sowohl die Zeitreihendarstellung (links) als auch die reine Darstellung der Änderungsraten (rechts) verdeutlichen, dass es für beide betrachteten Zeiträume in der Zukunft kein Modell gibt, welches einen Rückgang der Jahressumme des Niederschlags projiziert.

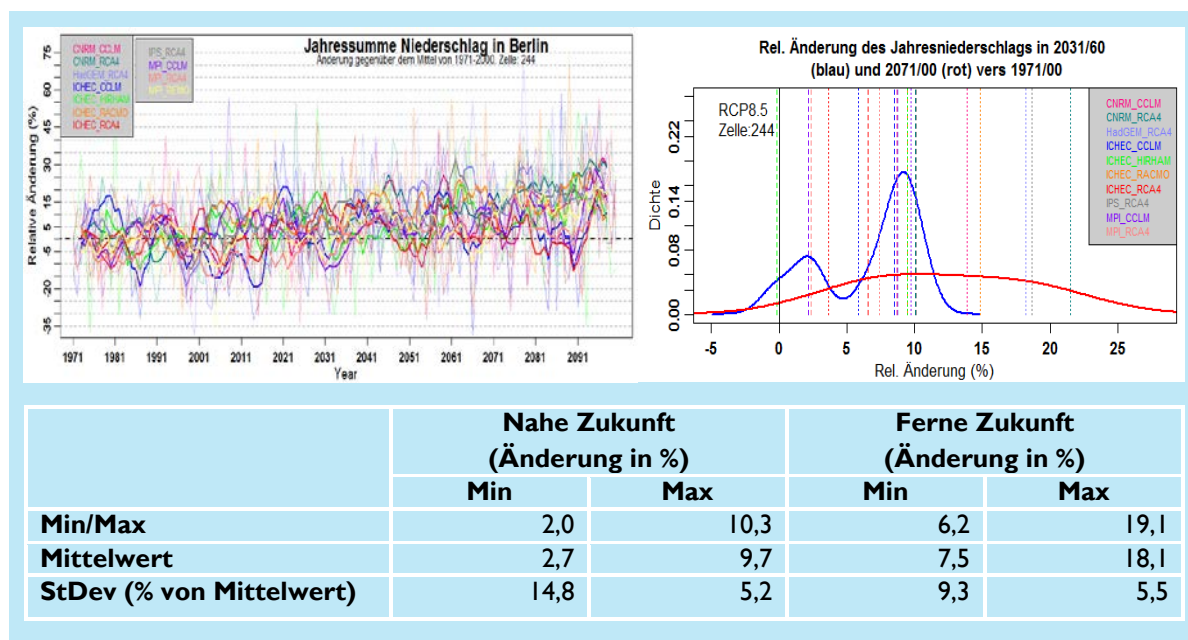


Abbildung 15: Relative Änderung der jährlichen gemittelten Niederschlagssummen für Berlin (Gitterzelle Dahlem) – Zeitreihen der CORDEX-Modellergebnisse (oben links), Verteilung der relativen Häufigkeitsänderungen (oben rechts) und die über alle betrachtete Gitterzellen aggregierte Änderung der Mehrheit der Modelle (Tabelle unten). Quellen: Eigene Berechnungen – siehe Text.

Für die nahe Zukunft ist die Zunahme mit 2 bis 8% noch relativ gering. Für die ferne Zukunft laufen die Modelle etwas weiter auseinander und der Bereich der Mehrheit der Modelle umfasst den Bereich von +6 bis +18%. Relativ betrachtet ist die Schwankung zwischen den Gitterzellen bei dieser Variablen größer als bei den Temperaturgrößen.

Abbildung 16 zeigt die entsprechenden Änderungen in der Variablen nach Jahreszeiten aufgeschlüsselt. Auch hier sind die Schwankungen zwischen den Gitterzellen nur minimal.

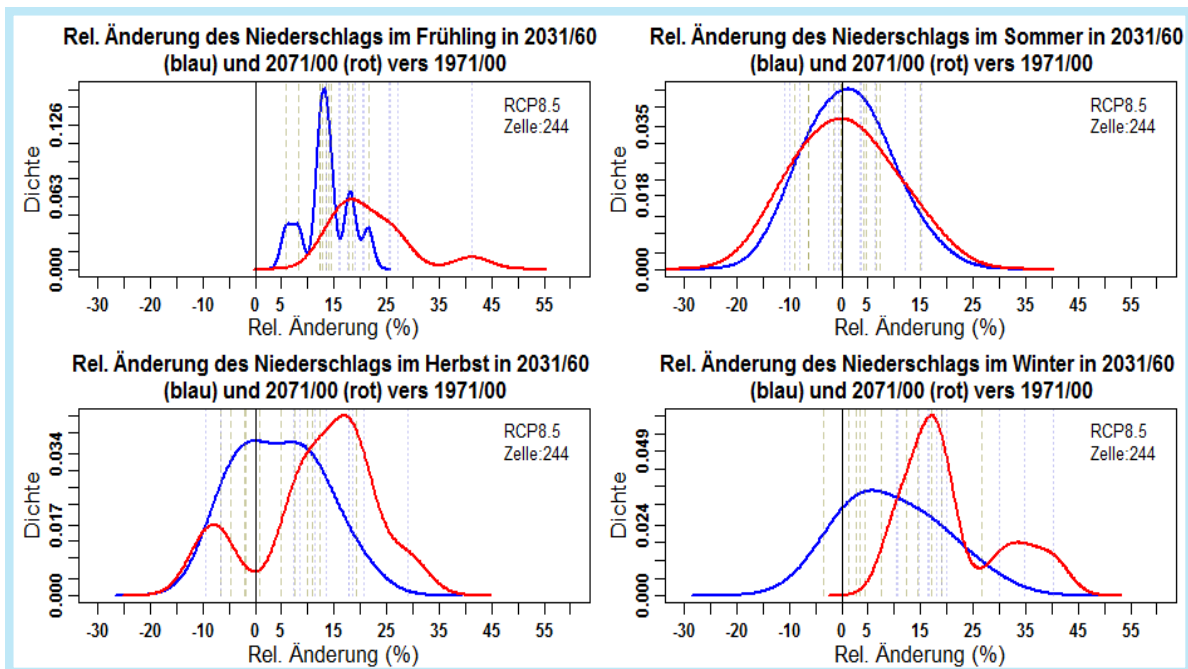


Abbildung 16: Jahreszeitliche Betrachtung der relativen Änderungen in der Niederschlagssumme in der Gitterzelle Dahlem. Quellen: Eigene Berechnungen – siehe Text.

Die Angaben für die Mehrheit der Modelle (siehe Tabelle 7 und die Gesamtschau in der Tabelle am Kapitelende) wurden über alle Zellen betrachtet und geben die jeweiligen Minima und Maxima wieder.

Jahreszeit	Niederschlagsänderung bis 2031-2060	Niederschlagsänderung bis 2071-2100
Frühling	+9 bis +19 %	+15 bis +26 %
Sommer	-7 bis +10 %	-9 bis +9 %
Herbst	-5 bis +12 %	+6 bis +20 %
Winter	+1 bis +18 %	+13 bis +30 %

Tabelle 7: Änderungsraten (MIN/MAX über alle Gitterzellen) der saisonalen Niederschlagssummen für die nahe und ferne Zukunft. Quellen: Eigene Berechnungen – siehe Text.

Die Mehrheit der Modelle stimmt darin überein, dass die Niederschlagssummen im Frühling und im Winter zunehmen, wobei sich diese Zunahme zur fernen Zukunft hin noch verstärkt. Für Sommer und Herbst sind die Modelle in der nahen Zukunft indifferent. Hier scheint sowohl eine leichte Abnahme oder leichte Zunahme möglich. Für die ferne Zukunft bleibt diese Indifferenz nur für den Sommer erhalten, ändert sich allerdings für den Herbst in eine eindeutige Zunahme.

3.2.2 Niederschlagsextreme

Im nächsten Schritt wollen wir die Niederschlagsextreme betrachten. Dafür sind in Tabelle 8 wieder die beobachteten Eigenschaften von verschiedenen Kennwerten an den Beispielsstationen aufgeführt. Die maximale Niederschlagsmenge innerhalb von 5 Tagen im Mittel der Jahre 1971 bis 2000 lag an den Stationen zwischen 53 und 60 mm. Die zugehörigen Trends sind stark inhomogen und schwanken zwischen -0,32 und +0,13 mm/a.

Starkniederschlagstage, welche hier als Tage über 10 mm Niederschlag definiert wurden, traten etwa zwischen 10 und 12-mal im Jahr im Raum Berlin auf. Hier zeigen die Trends alle, bis auf die Station Potsdam, ein positives Vorzeichen, sind jedoch nicht signifikant.

Als Indikatoren für das andere Ende der Niederschlagsverteilung war die längste Phase von aufeinander folgenden Tagen mit einem Niederschlag von jeweils unter 1 mm gewählt (engl.: *Consecutive Dry Days*; CDD), sowie die sogenannten *DrySpell*-Tage (KRYANOVA/ VETTER/ HATTERMANN 2008). Bei diesen handelt es

sich um Tage, welche zu einer Phase länger als 20 Tage mit einer Durchschnittshöchsttemperatur von über 25°C (modifiziert gegenüber KRYANOVA et al.) und einer über den Zeitraum gemittelten Niederschlagsmenge von unter 1 mm /Tag zählen. Zusätzlich wurde das jährliche Mittel der Tage bestimmt, an denen kein Niederschlag fällt.

Station	Datenverfügbarkeit	MaxPrec-5 Days (mm) [Trend]	Starkregentage (P>10mm)	Schnee (Niederschlag bei Tmin<1°C)	Längste Trockenphase	DrySpell-Tage	Anzahl Trockentage
Potsdam	1893-2014	56 [-0,04]	10,9 [-0,04]	119 [-0,1]	22,3 [+0,00]	34,3 [+0,16]	257 [+0,04]
Berlin Dahlem	1950-2014	56 [+0,04]	11,7 [+0,01]	108 [-0,5]	23,2 [+0,06]	26,7 [+0,30]	255 [+0,17]
Berlin-Alexanderplatz	1981-2011	58 [-0,32]	10,7 [+0,09]	81 [+1,3]	25,8 [+0,04]		252 [+0,21]
Berlin-Tempelhof	1948-2014	59 [-0,03]	12,2 [+0,01]	94 [-0,2]	26,3 [+0,05]	30,5 [+0,38]	259 [+0,01]
Berlin-Buch	1961-2014	60 [+0,13]	10,9 [+0,03]	104 [-0,2]	24,3 [+0,10]	30,7 [+0,36]	256 [-0,12]
Berlin-Schönefeld	1967-2014	53 [-0,05]	9,9 [+0,04]	97 [-0,6]	24,9 [-0,02]	38,7 [+0,03]	264 [+0,01]

Tabelle 8: Beobachtete Mittelwerte und Trends für Niederschlagsextreme an sechs Wetterstationen im Raum Berlin (grüne Zellen markieren signifikante Trends; Mittelwerte in 1971-2000; Trends über die Zeiträume aus Spalte 2 in eckigen Klammern; keine Berechnung für DrySpell-Tage am Alexanderplatz). Quelle: Eigene Berechnungen – siehe Text.

Die längste Trockenphase schwankt nur wenig zwischen den Stationen. Zwischen 1971 und 2000 betrug im Mittel die längste Zeit ohne Niederschlag zwischen 22 und 26 Tagen. Außer an der Wetterstation Schönefeld deuten die Trends auf eine Verlängerung dieser Phase hin. Die Zahl der DrySpell-Tage schwankte zwischen 27 und 39. Alle Stationen verzeichnen eine deutliche, für Tempelhof und Potsdam sogar signifikante Zunahme dieser Ereignisse. Die Häufigkeit der niederschlagsfreien Tage ist sehr homogen an den Stationen. Etwa 2/3 der Tage im Jahr fallen in diese Kategorie. Die Trends sind positiv (außer für die Wetterstation Berlin-Buch), jedoch nicht signifikant.

In Abbildung 17 sind die Ergebnisse der regionalen Klimamodelle für die größte Niederschlagsmenge in 5 Tagen dargestellt. Keines der Modelle projiziert für die nahe und ferne Zukunft eine Abnahme dieser Größe. Die Zunahme liegt zwischen 2 und 19% bis zur Mitte und 5 und 29% bis zum Ende des Jahrhunderts.

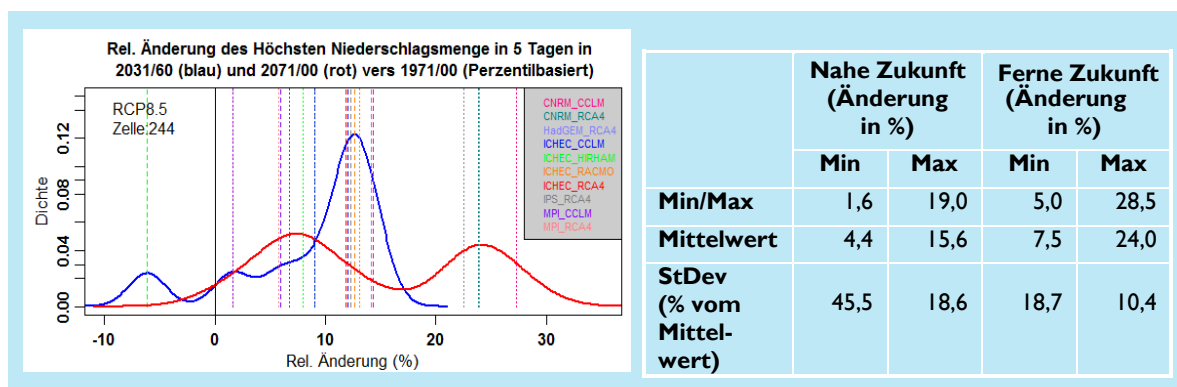


Abbildung 17: Relative Änderung der Variable „Höchste Niederschlagsmenge in 5 Tagen“ für Berlin (Gitterzelle Dahlem) - Verteilung der Häufigkeitsänderungen (links) und die über alle betrachtete Gitterzellen aggregierte Änderung der Mehrheit der Modelle (Tabelle rechts). Quellen: Eigene Berechnung – siehe Text.

Abbildung 18 stellt die Modellergebnisse für die relative Änderung der Starkregentage dar. Diese wurden als Überschreitungshäufigkeit des 99,7 Perzentils analysiert, das bedeutet, dass ein Ereignis im Mittel nur etwa einmal pro Jahr auftritt.

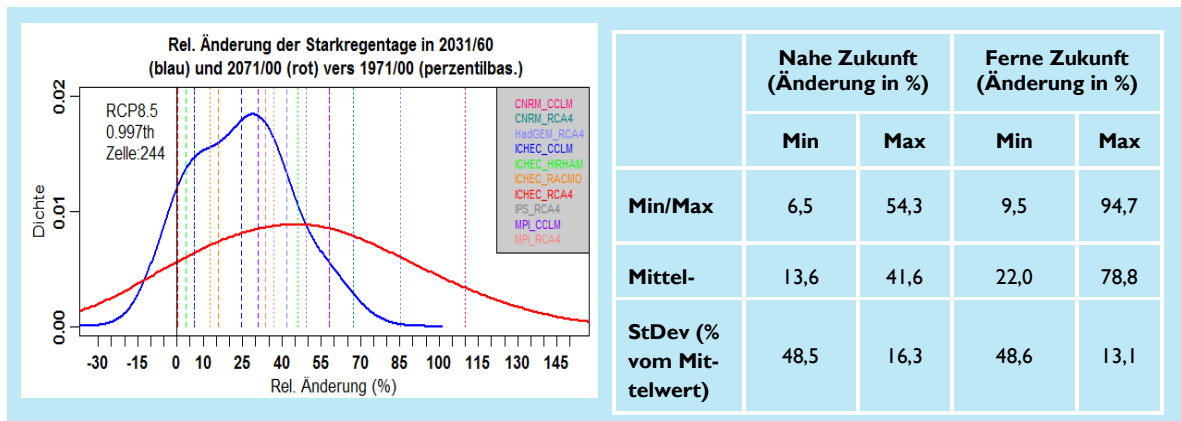


Abbildung 18: Relative Änderung der Variable „Starkregentag“ für Berlin (Gitterzelle Dahlem) – Verteilung der Häufigkeitsänderungen (links) und die über alle betrachtete Gitterzellen aggregierte Änderung der Mehrheit der Modelle (Tabelle rechts). Quelle: Eigene Berechnungen – siehe Text.

Die Mehrheit der Modelle projiziert eine Änderung dieser Größe von +7 bis +54% für die nahe Zukunft und +10 bis +95% für die ferne Zukunft. Die räumlichen Schwankungen der Änderungen sind relativ groß, was auf die Seltenheit des Ereignisses zurückzuführen ist. Die Statistik wird hier für ein Ereignis erstellt, welches im Mittel nur 30-mal im betrachteten Zeitraum auftritt. Als Vergleich lässt sich anmerken, dass für den Zeitraum 1971 bis 2000 das 99,7 Perzentile an der Wetterstation Dahlem etwa 27 mm Niederschlag an einem Tag entspricht. Die Änderungen in der Variablen Starkregen wurden des Weiteren noch für die einzelnen Jahreszeiten untersucht (siehe Abbildung 19).

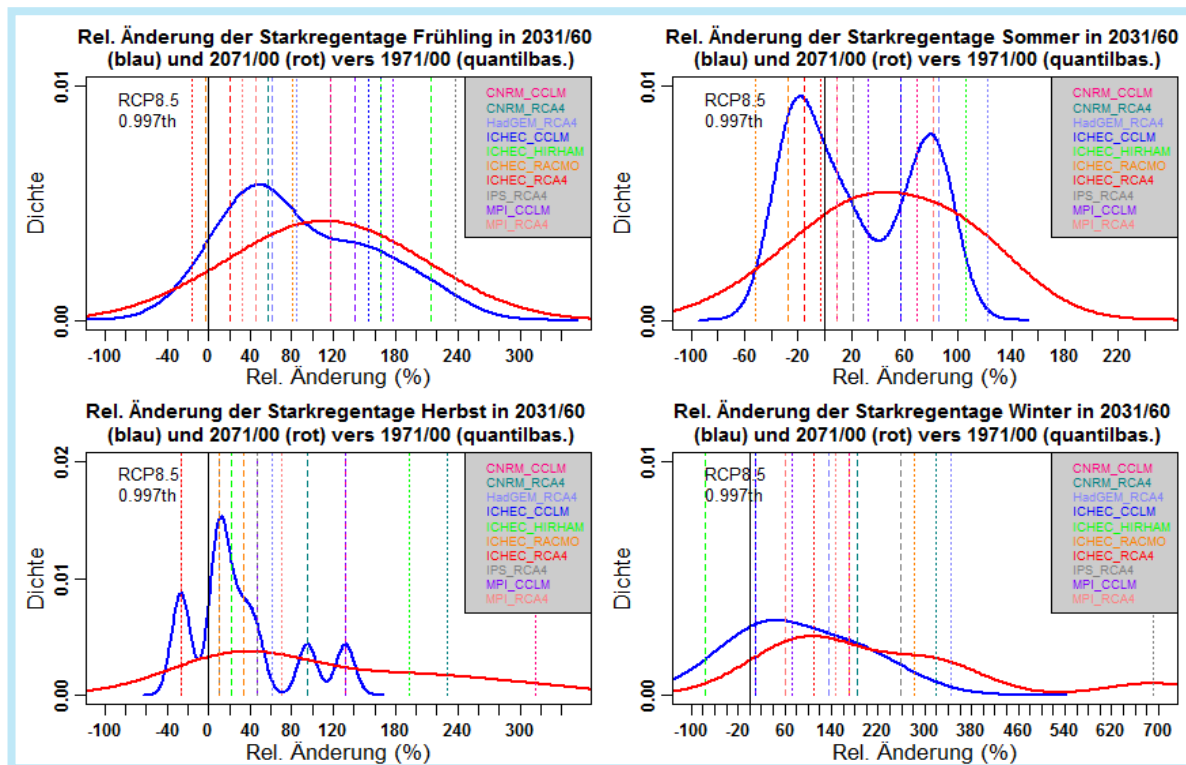


Abbildung 19: Jahreszeitliche Betrachtung der relativen Änderungen der Starkniederschlagstage in der Gitterzelle Dahlem. Quelle: Eigene Berechnungen – siehe Text.

Diese Ergebnisse sind in Tabelle 9 zusammengefasst. Es wird deutlich, dass insbesondere für das Frühjahr und den Winter mit einer stärkeren Zunahme dieser Starkregenereignisse zu rechnen ist. Für den Sommer und den Herbst ist die Zunahme geringer bzw. für die nahe Zukunft projizieren einige Modelle gar eine Abnahme. Die Schwankungen zwischen den Zellen sind bei dieser Größe verhältnismäßig groß.

Jahreszeit	Starkregenänderung 2031-2060	Starkregenänderung 2071-2100
Frühling	+45 bis +142%	+81 bis +166%
Sommer	-15 bis +81%	+9 bis +105%
Herbst	+10 bis +46%	+10 bis +193%
Winter	+11 bis +171%	+72 bis +319%

Tabelle 9: Änderungsraten (MIN/ MAX über alle Gitterzellen) der saisonalen Starkniederschlags-Häufigkeiten für die Nahe und Ferne Zukunft. Quelle: Eigene Berechnungen – siehe Text.

Um eine Abschätzung für die Änderungen in den Schneemengen zu erhalten, haben wir die Änderungen des Niederschlages an Tagen mit Tiefstwerten unterhalb von 1°C berechnet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 20 dargestellt und zeigen eine deutliche Abnahme dieser Größe, um 30 bis 40% bis zur nahen Zukunft und 60 bis über 70% bis zum Ende des Jahrhunderts.

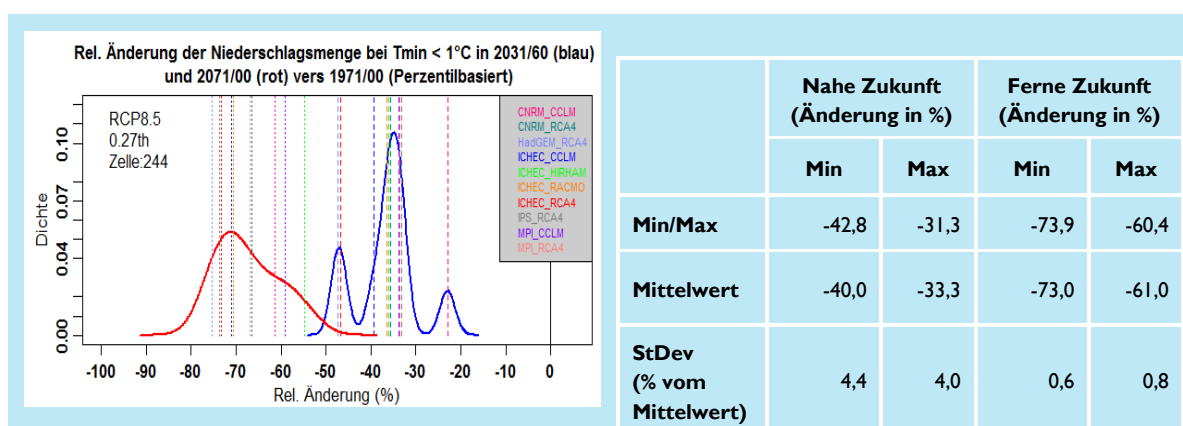


Abbildung 20: Relative Änderung der Variable „Niederschlag an Tagen unter 1°C“ für Berlin (Gitterzelle Dahlem) – Verteilung der Häufigkeitsänderungen (links) und die über alle betrachteten Gitterzellen aggregierte Änderung der Mehrheit der Modelle (Tabelle rechts). Quellen: Eigene Berechnungen – siehe Text.

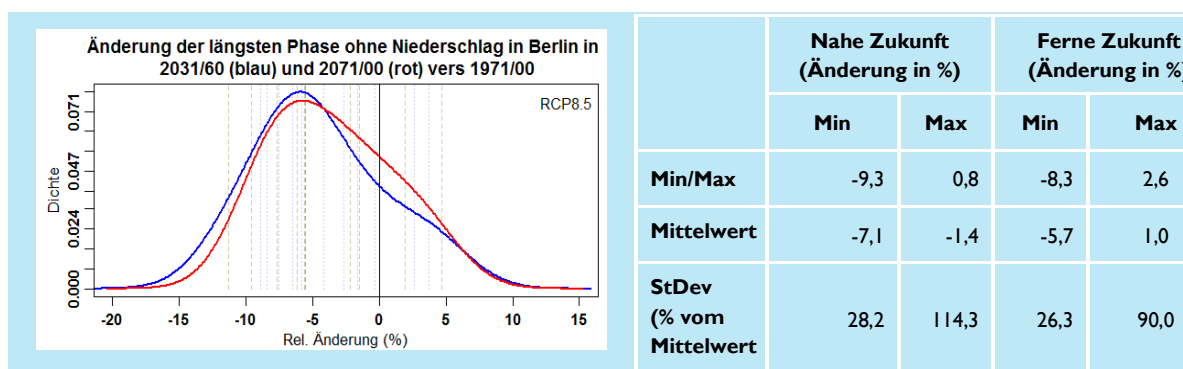


Abbildung 21: Relative Änderung der Variable „Längste Phase ohne Niederschlag“ für Berlin (Gitterzelle Dahlem) – Verteilung der Häufigkeitsänderungen (links) und die über alle betrachteten Gitterzellen aggregierte Änderung der Mehrheit der Modelle (Tabelle rechts). Quelle: Eigene Berechnungen – siehe Text.

Des Weiteren wurden Wettervariablen betrachtet, welche Informationen über die Entwicklung von Trockenphasen liefern. Abbildung 21 stellt die projizierten Änderungen für die längste Phase ohne Niederschläge dar. Diese zeigen eine leichte Abnahme bis leichte Zunahme für beide betrachteten Zeiträume. Das Vorzeichen der Änderung ist hier nicht eindeutig klar; die kleinen Änderungen führen zu einer verhältnismäßig großen Schwankung zwischen den einzelnen Gitterzellen.

Ähnlich wie für den historischen Zeitraum, zeigen die *DrySpell*-Tage (Abbildung 22) für die nahe Zukunft eine Zunahme von etwa 20 bis 70% und für die ferne Zukunft eine deutliche Zunahme von über 6 bis 140%.

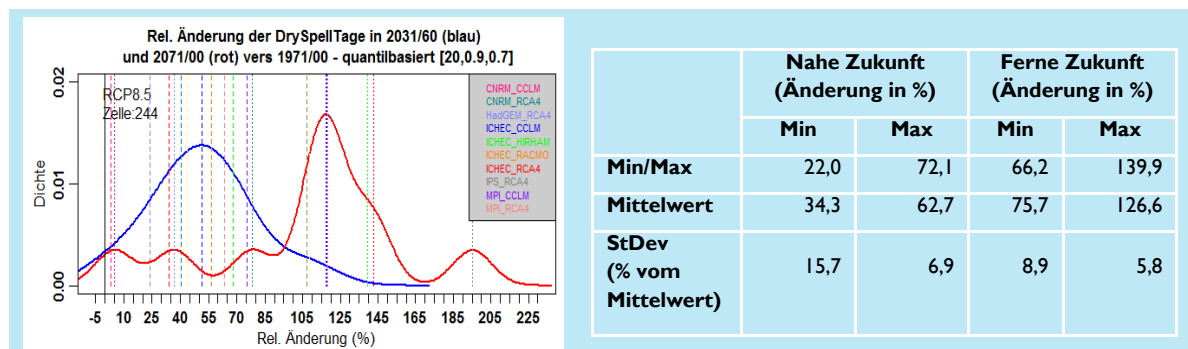


Abbildung 22: Relative Änderung der Variable „DrySpell-Tage“ für Berlin (Gitterzelle Dahlem) – Verteilung der Häufigkeitsänderungen (links) und die über alle betrachteten Gitterzellen aggregierte Änderung der Mehrheit der Modelle (Tabelle rechts). Quellen: Eigene Berechnungen – siehe Text.

Die räumlichen Schwankungen sind gering. Die Berechnungen wurden auf der Basis von Perzentilen durchgeführt – wobei das 90. Perzentil der Höchsttemperatur in Dahlem etwa 25°C und das 70. Perzentil des Niederschlags etwa 1 mm entspricht.

3.3 Entwicklung weiterer Wettervariablen – Beobachtung und Projektion

3.3.1 Gesamtabfluss (Total Runoff)

Die Variable *Gesamtabfluss* oder *Total Runoff* stellt eine Größe dar, mit welcher die jährlich verfügbare Wassermenge abgeschätzt werden kann (Grundwasserneubildung plus Oberflächenabfluss). Die reine Niederschlagsmenge kann diese Verfügbarkeit *nicht* widerspiegeln, da große Teile des Wassers durch Verdunstung verloren gehen.

Der Gesamtabfluss ist etwa die Niederschlagsmenge abzüglich der aktuellen Evapotranspiration und ist neben Temperatur und Niederschlag abhängig von Bodeneigenschaften und Vegetation. Abbildung 23 (unten) stellt die Ergebnisse der Analyse dieser Größe dar. So zeigt die Mehrheit der Modelle zur nahen Zukunft eine Zunahme zwischen 1 und 26%. Zum Ende des Jahrhunderts nimmt die Schwankungsbreite zwischen den Modellen zu und es wird eine Änderung von -3 bis plus 52% projiziert. Es zeigt sich also, dass für die verfügbare Wassermenge für beide Zeiträume von der Mehrheit der Modelle kaum von einer Abnahme, eher von einer Zunahme ausgegangen werden kann.

Diese Ergebnisse für die Gesamtabflussänderung in der Region stehen im Widerspruch zu früheren Angaben für ganz Brandenburg (GERSTENGARBE/ BADECK/ HATTERMANN et al. 2003). Aktuelle Veröffentlichungen bestätigen jedoch diese Projektionen. Der IPCC Bericht WGII (IPCC 2014) gibt an, dass die Wasserverfügbarkeit (mittlerer jährlicher *Runoff*) in den höheren Breiten zunehmen wird. LABAT/ GODDERIS/ PROBST et al. (2004) beschreibt, dass der globale Gesamtabfluss unter Berücksichtigung von regionalen Unterschieden mit jedem Grad Temperaturanstieg im 20. Jahrhundert um 4% zugenommen hat.

Hierbei spielen neben Niederschlags- und Temperaturänderungen auch Faktoren wie die Auswirkungen der CO₂-Konzentration auf die Pflanzenphysiologie eine Rolle. GEDNEY et al. (2006) konnte erste Hinweise auf eine Zunahme im Gesamtabfluss durch diesen Effekt belegen.

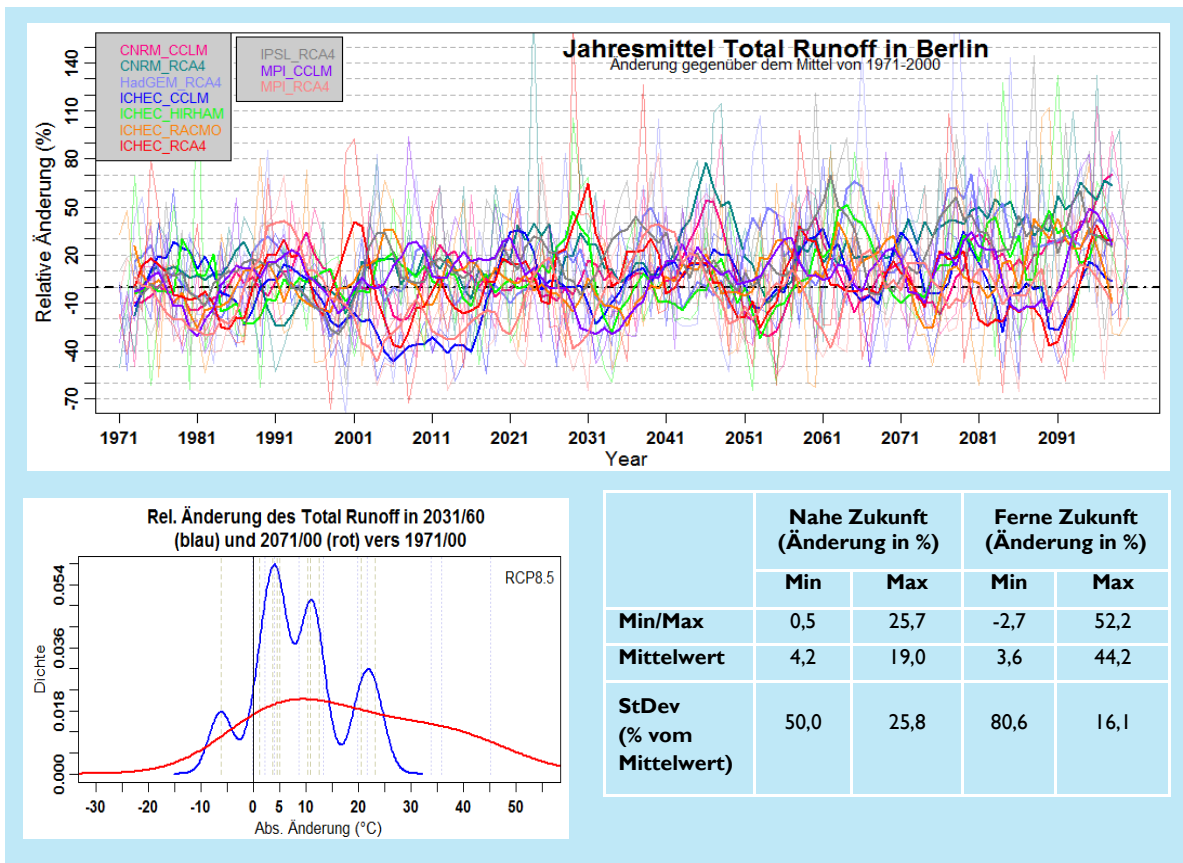


Abbildung 23: Relative Änderung der Variable „Total Runoff“ oder „Gesamtabfluss“ für Berlin (Gitterzelle Dahlem) – Zeitreihen der CORDEX-Modellergebnisse (oben), Verteilung der relativen Häufigkeitsänderungen (unten links) und die über alle betrachteten Gitterzellen aggregierte Änderung der Mehrheit der Modelle (Tabelle unten rechts). Quellen: Eigene Berechnungen – siehe Text.

3.3.2 Sturmereignisse

Die Analyse der beobachteten Winddaten wurden lediglich an drei Stationen durchgeführt (vgl. im Folgenden Tabelle 10). Die anderen drei Stationen verfügten nicht über eine ausreichende Datenlage. Die Stationen Potsdam und Tempelhof zeigen für die betrachteten Größen signifikant abnehmende Trends.

Station	Jahresmittel Tagesmittelgeschwindigkeit (m/s)	Tage über 9,6 m/s (Tagesmittelgeschwindigkeit) (Anz. d. Tage)	Jahresmittel Tageshöchstgeschwindigkeit (m/s)	Tage über 18 m/s (Tageshöchstgeschwindigkeit) (Anz. d. Tage)
Potsdam	4,5 [-0,01]	6,6 [-0,04]	12,24 [-0,05]	43,8 [-0,58]
Berlin-Tempelhof	4,0 [-0,01]	2,6 [-0,08]	11,08 [-0,04]	30,0 [-0,64]
Berlin-Schönefeld	3,9 [+0,01]	3,8 [-0,04]	10,42 [+0,01]	30,0 [-0,04]

Tabelle 10: Beobachtete Mittelwerte und Trends zu Kennwerten der Wettervariablen Wind an vier Wetterstationen im Raum Berlin (grüne Zellen markieren signifikante Trends; Mittelwerte in 1971-2000; Trends über Zeiträume aus Spalte 2/ eckige Klammern; Dahlem, Buch und Alexanderplatz wurden wegen unvollständiger Zeitreihen nicht verwendet). Quellen: Eigene Berechnungen – siehe Text.

Sowohl die Jahresmittel vom Tagesmittel des Windes sowie vom Tagesmaximalwind zeigen einen abnehmenden Trend, als auch die Überschreitungshäufigkeiten von 9,6 m/s Tagesmittel des Windes und 18 m/s Tageshöchstgeschwindigkeit. Für die Station Schönefeld sind die Trends nicht signifikant. Für die Projektionen der Wettervariablen Wind wurden die Änderungen der Variablen Jahresgemittelte Tagesmittelgeschwindigkeit sowie Anzahl der Tage mit Tagesmittelwerten über 9,6 m/s betrachtet (Abbildung 24 und Abbildung 25).

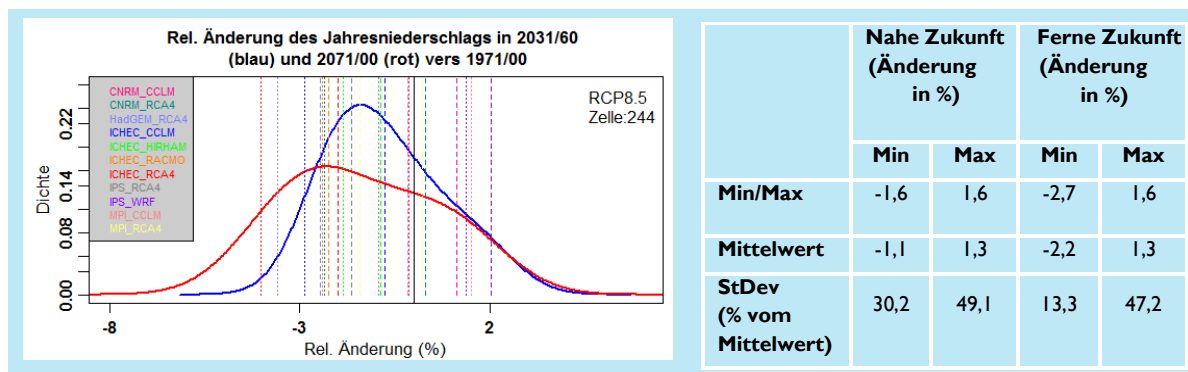


Abbildung 24: Relative Änderung der Variable „Mittlere Windgeschwindigkeit“ für Berlin (Gitterzelle Dahlem) – Verteilung der Häufigkeitsänderungen (links) und die über alle betrachteten Gitterzellen aggregierte Änderung der Mehrheit der Modelle (Tabelle rechts). Quellen: Eigene Berechnungen – siehe Text.

Die Änderungen für die Mittlere Windgeschwindigkeit verbleiben indifferent, da einige Modelle eine minimale Abnahme und andere eine minimale Zunahme projizieren.

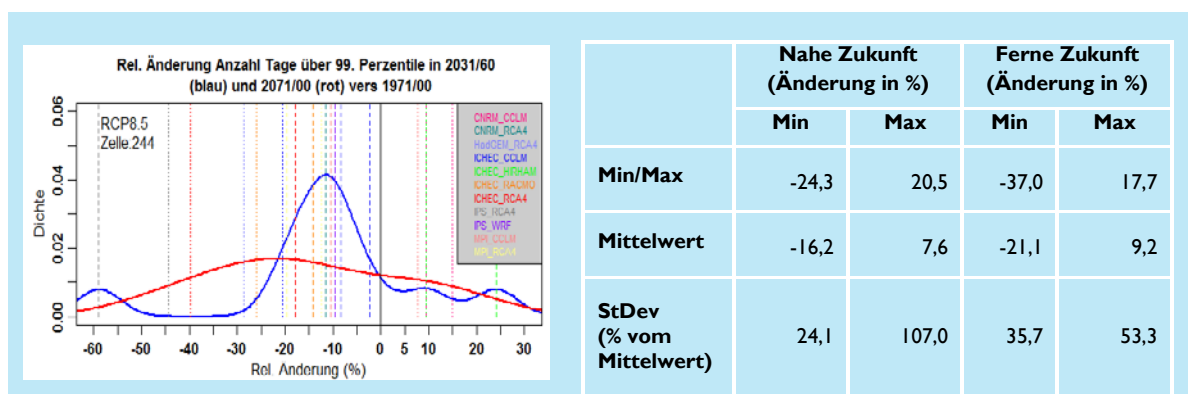


Abbildung 25: Relative Änderung der Variable „Überschreitungen des 99. Perzentiles (~9.6 m/s in Schönefeld) Tagesmittelgeschwindigkeit“ für Berlin (Gitterzelle Dahlem) – Verteilung der Häufigkeitsänderungen (links) und die über alle betrachteten Gitterzellen aggregierte Änderung der Mehrheit der Modelle (Tabelle rechts). Quellen: Eigene Berechnungen – siehe Text.

Gleiches gilt für die Anzahl der Überschreitungen über das 99. Perzentil des Zeitraums 1971 bis 2000 in der entsprechenden Gitterzelle (99. Perzentil entspricht an der Station Schönefeld etwa 9,6 m/s). Hier sind die Änderungsraten größer, jedoch ebenfalls indifferent, da eine Abnahme um etwa 1/4 sowie eine Zunahme um 1/5 für die nahe Zukunft projiziert wird. In der fernen Zukunft schwanken die Werte zwischen eine Abnahme über 1/3 bis zu einer Zunahme um etwa 1/6.

3.4 Relevante Wettervariablen in der Übersicht

In Tabelle II am Kapitelende sind noch einmal alle Ergebnisse zusammengefasst. Es wurden die niedrigsten und höchsten Änderungswerte an den sechs Stationen (beim Wind nur drei) bzw. in den neun Gitterzellen dargestellt. Zusätzlich enthält die Tabelle eine Spalte, welche den qualitativen Trend der entsprechenden Größe angibt.

Es lässt sich mit Blick auf Tabelle II zusammenfassend feststellen, dass alle hitzebezogenen Größen eine Zunahme und alle kältebezogenen Größen eine Verringerung erfahren. Die Größen des Niederschlages sind bis auf die Sommerniederschläge zunehmend. Für die betrachteten Größen der Trockenheit ist das Bild stark von der Wettervariablen abhängig.

Der Gesamtfluss spiegelt wieder, dass insgesamt ein steigendes Angebot an Niederschlag zu verzeichnen ist, gleichzeitig spiegelt aber auch die Zunahme von DrySpell-Tagen die höhere Temperatur und damit auch die steigende Verdunstung wieder.

Wettervariable	Änderung in den stationspezifischen Zeiträumen (MIN-MAX 6 WS)	Änderungen bis 2031-2060 (*) (MIN-MAX 9 GZ)	Änderungen bis 2071-2100 (*) (MIN-MAX 9 GZ)	Qualitativer Trend
Jahresmittel Tmax	+0,02 bis +0,04°C/a	+1,2 bis +1,9°C	+2,9 bis + 3,7°C	Wärmer
Frühling Mittel Tmax	+0,04 bis +0,06°C/a	+0,9 bis +1,8°C	+2,3 bis +3,1°C	Wärmer
Sommer Mittel Tmax	+0,02 bis +0,04°C/a	+1,0 bis +1,7°C	+2,3 bis +3,5°C	Wärmer
Herbst Mittel Tmax	+0,00 bis +0,03°C/a	+1,3 bis +2,1°C	+3,0 bis +4,1°C	Wärmer
Winter Mittel Tmax	+0,02 bis +0,04°C/a	+1,1 bis +2,5°C	+3,5 bis +4,4°C	Wärmer
Heiße Tage	+0,05 bis +0,14 d/a	+56 bis +115 %	+155 bis +274 %	Deutlich mehr
Eistage	-0,06 bis -0,22 d/a	-33 bis -62 %	-76 bis -89 %	Deutlich weniger
Schnee (P an Tagen unter 1°C)	-0,6 bis + 1,3 mm/a	-34 bis -45 %	-62 bis -76 %	Deutlich weniger
0°C – Durchgänge	-0,13 bis +0,13 d/a	-28 bis -49 %	-63 bis -79 %	Deutlich weniger
Jahressumme Niederschlag	-0,13 bis +1,34 mm/a	+2 bis +10%	+ 6 bis +19 %	Leichte Zunahme
Frühlingssumme Niederschlag	-0,21 bis +0,13 mm/a	+9 bis +19 %	+15 bis +26 %	Zunahme
Sommersumme Niederschlag	-0,31 bis +0,99 mm/a	-7 bis +10 %	-9 bis +9 %	Indifferent
Herbstsumme Niederschlag	-0,04 bis +0,51 mm/a	-5 bis +12 %	+6 bis +20 %	Leichte Zunahme
Wintersumme Niederschlag	+0,17 bis 0,62 mm/a	+1 bis +18 %	+13 bis +30 %	Zunahme
Max P in 5 Tagen/ Dauerregen	-0,32 bis +0,13 mm/a	+2 bis +19 %	+5 bis +29 %	Leichte Zunahme
Starkregentag	-0,04 bis +0,09 d/a	+6 bis +42 %	+13 bis +85 %	Zunahme
Trockenphasen (CDD; P<1mm)	-0,02 bis +0,12 d/a	-9 bis +1 %	- 8 bis +3 %	Indifferent
Trockenphasen (DrySpells)	+0,03 bis +0,38 d/a	+22 bis +72 %	+66 bis +140 %	Deutlich mehr
Gesamtabfluss (Total Runoff)	/	+0,5 bis +26%	-2,7 bis +52%	Zunahme
Wind (Tagesmittel >9,6m/s)	-0,08 bis -0,04 d/a	- 24 bis + 21 %	-37 bis +20 %	Indifferent

Tabelle 11: Zusammenfassung der beobachteten und projizierten Änderung der wichtigsten Wettervariablen (Höchst- und Tiefstwerte über 6 Wetterstationen [WS] bzw. 9 Gitterzellen [GZ]) in der Nahen und der Fernen Zukunft für Berlin. P=Niederschlag; (*) = Bereich der mittleren 2/3 der Modelle; Mit / = Keine Daten für die Vergangenheit betrachtet. Quellen: Eigene Berechnungen – siehe Text.

Box 1: Klima-Analoge Ende des Jahrhunderts: Berliner Klima wie im heutigen Toulouse

Es stellt sich die Frage, wie die hier ermittelten Temperatur- und Niederschlagsänderungen greifbarer dargestellt werden könnten. Man kann sich nur schwer eine Vorstellung davon machen, was z.B. die Angabe „Anstieg der Jahresmitteltemperatur um 3° C bis zum Ende des Jahrhunderts“ wirklich bedeutet.

Deshalb sei hier kurz eine mögliche Darstellungsweise erläutert – sogenannte *Klima-Analoge*.

Diese wurden beispielsweise von HALLEGATTE/ HOURCADE/ AMBROSI (2007) verwendet. Dabei wird für einen Ort unter *projiziertem* Klima ein vergleichbarer Ort unter *heutigen* klimatischen Bedingungen ermittelt. Die Autoren führten eine derartige Untersuchung für verschiedene Städte in Europa auf der Basis von zwei Klimamodellen durch; als Vergleichskriterien wurden Monatswerte von Temperatur und Niederschlag verwendet.

Im hier vorliegenden Kontext wurde diese Untersuchung nun auf der Basis des wesentlich größeren AFOK-Modellensembles für Berlin wiederholt und die Monatswerte verwendet, wie sie in Kapitel 3 für Berlin für das Ende des Jahrhunderts projiziert wurden. Als Resultat zeigt sich, dass das *zukünftige* Klima von Berlin etwa dem *derzeitigen* Klima von Toulouse entsprechen wird und insofern klimatisch eine „Verschiebung“ in den Südwesten Frankreichs zu erwarten ist (Abbildung 27).

Abbildung 26: Impression Toulouse. Quelle: Wikimedia²¹.



Abbildung 27: Ende des Jahrhunderts - Berliner Klima wie im heutigen Toulouse. Quelle: Eigene Berechnungen. Kartenhintergrund: GoogleMaps.

Toulouse hat heute eine Jahresniederschlagssumme von 640 mm sowie eine Jahresdurchschnittstemperatur von 12,7 °C, was recht genau den für 2100 projizierten Werten für Berlin entspricht. Das gleiche gilt für den Temperaturverlauf (Monatsmittel Dezember, Januar und Februar um 5°C, Juli und August über 21°C) und den Monatsniederschlagsverlauf (zwischen 40 und 80 mm mit Maxima im Mai und Juni sowie relativ feuchte Winter).²²

Das Foto der Abbildung 26 zeigt die *Rue de l'Homme Armé*, eine typische Straße im Altstadtkern von Toulouse – die Abschattungswirkung in der engen Straße ist augenfällig.

Obwohl ein solches *Klima-Analogon* tatsächlich einen groben Eindruck über das zukünftige Berliner Klima vermitteln kann, muss man im Blick behalten, dass bei weitem nicht alle wichtigen Wettervariablen abgeglichen werden; die Statistiken von extremen Wetterereignissen (Starkregen, Hitzewellen) etwa bleiben außen vor. Dies einzubeziehen wäre im Prinzip auch möglich, allerdings würde es immer unwahrscheinlicher, ein heute existierendes Analogon zum zukünftigen Berliner Klima zu finden. Aber selbst das auf einer Auswahl an Variablen basierende Beispiel legt schon nahe, dass eine Anpassung Berlins an den Klimawandel beträchtliche Veränderungen erfordern wird.

²¹ O.V.: Impression Toulouse, in: Wikimedia (http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rue_de_Toulouse.JPG, Zugriff: 20.12.15).

²² Wenig überraschend ist der Tatbestand, dass die Stadt Toulouse ebenfalls als Klima-Analogon für Berlins Nachbarstadt Potsdam in Frage kommt, die – mit Blick auf die betrachteten Wettervariablen – ein sehr ähnliches Klima aufweist (REUSSWIG/ WEYER/ HAAG et al. 2015).

4 Sektorale Vulnerabilitäten und Maßnahmen

4.1 Einführung

Die Spezifizierung der Klimaänderungen für Berlin sagt noch nichts darüber aus, welche Effekte der Klimawandel hier haben wird. Dazu muss die ▶ Vulnerabilität (Verwundbarkeit) der potenziell betroffenen Sektoren (Bereiche/ Handlungsfelder) abgeschätzt werden. Die Vulnerabilität eines Sektors ist das Ergebnis eines Abschätzungsprozesses, in den mehrere Faktoren eingehen: Die ▶ Exposition (das „Ausgesetztsein“) eines Sektors vis-à-vis dem ▶ Klimasignal verbunden mit der ▶ Sensitivität („Empfindlichkeit“) dieses Sektors gegenüber diesem Signal ergibt die ▶ potenziellen Schäden im Sektor. Aber nur unter Berücksichtigung der ▶ Anpassungsfähigkeit dieses Sektors kann seine tatsächliche Verwundbarkeit abgeschätzt werden (vgl. IPCC 2007 und Abbildung 28).



Abbildung 28: Schematische Darstellung des Verwundbarkeitskonzepts des IPCC.

Quelle: Eigene Darstellung nach IPCC 2007.

Zusätzlich berücksichtigt wurden bereits laufende Anpassungsmaßnahmen, so dass nur die mit Blick auf den kommenden Klimawandel zusätzlich erforderlichen Maßnahmen identifiziert wurden. Dies kann die Fortführung einer bereits laufenden Maßnahme einschließen, sofern diese als hinreichend eingeschätzt wird.

Für jeden Sektor²³ wurde eine Vulnerabilitätsanalyse auf der Basis der relevanten Klimaänderungen vorgenommen. Außerdem wurden sektorspezifische Maßnahmen entwickelt, die die potenziellen Schäden vermindern/ vermeiden und damit die Vulnerabilität herabsetzen sollen. Die Ergebnisse dieses Prozesses wurden pro Sektor in je ein graphisches Wirkungsmodell (ein sog. Pfaddiagramm) übertragen, das die besonderen Auswirkungen einer Facette des Klimawandels (→ Kap. 3, Wetterschmetterling) im Sektor durch Pfeilverbindungen darstellt und die Klimaanpassungsmaßnahmen denjenigen potenziellen Klimafolgen zuordnet, die durch die Maßnahmen vermindert/ vermieden werden sollen.

Sektor-Pfaddiagramme (auch „Klimawirkungsdiagramme“)

Anhand des Handlungsfelds „Gebäude, Stadtentwicklung, Grün- und Freiflächen“ (GSGF) sei im Folgenden erläutert, wie die Sektor-Pfaddiagramme zu verstehen sind (vgl. im Folgenden Abbildung 29). Die wesentlichen inhaltlichen Elemente der *Klimawirkung* werden als runde, ellipsenförmige, rechteckige oder rautenförmige Kästen dargestellt (siehe unten), zwischen denen Pfeile gezeichnet sind, die die *Einfluss- oder Wirkbeziehungen* zwischen den Faktoren darstellen.

Am oberen und unteren Rand der Diagramme werden in *Kreisform* und grau hinterlegt die für Berlin relevanten *Klimafaktoren* – basierend auf der Semantik des „Wetterschmetterlings“ – dargestellt. Im gewählten Beispiel sind es die beiden Niederschlags-Variablen „Starkregen“ und „Dauerregen, lange Regenperioden“. Der farbige Rand dieser Kreise symbolisiert den langfristigen Klimatrend der Variable, wie er sich aus den Szenarienberechnungen (→ Kap. 3) ergibt. Ein roter Kreisrand (wie hier dargestellt) wurde vergeben, wenn die Variable im Zuge des Klimawandels in Berlin zunehmen wird (2/3 der Modelle), ein grüner, wenn sie abnimmt, ein gelber, wenn die Modelle mehrheitlich keinen eindeutigen Trend ergeben haben. Ein grauer Kreisrand steht für die seltenen Fälle, in denen die Modelle keine Projektionen erlauben.

²³ In diesem Bericht werden die Begriffe „Sektor“ und „Handlungsfeld“ synonym gebraucht. Während der Begriff Sektor dabei auf eine objektive Struktur bzw. deren funktionale Ausdifferenzierung abstellt, unterstreicht der Begriff Handlungsfeld die Akteursabhängigkeit und damit den Gestaltungscharakter eines Sektors.

Die zweite Ebene der Pfaddiagramme wird von den *direkten physischen Wirkungen* des Klimasignals eingenommen, die in *Ellipsen* dargestellt werden. Im gezeigten Beispiel sind dies „Wassererosion“ und „pluviales Hochwasser“, die durch die Zunahme von Stark- bzw. Dauerregen im Stadtgebiet hervorgerufen werden. Zusätzlich ist hier eine Wirkbeziehung zwischen den beiden Ellipsen abgebildet, weil mehr pluviales (regenbedingtes) Hochwasser auch die Wassererosion des Bodens fördert.

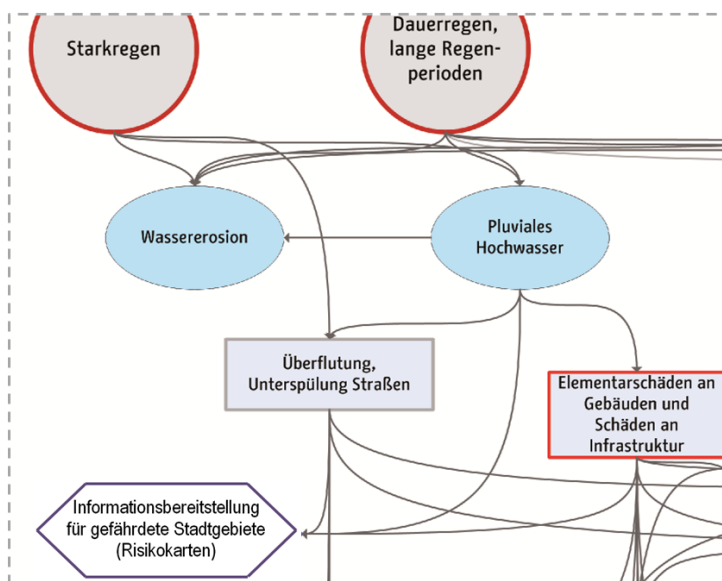


Abbildung 29: Beispielhafter Ausschnitt aus einem Pfaddiagramm (auch „Klimawirkungsmodell“).

Als dritte Ebene werden in den *Rechtecken* die *sektoralen Klimawirkungen* dargestellt. Auch die Rechtecke haben eine farbliche Umrandung, die ihre Zugehörigkeit zu einem der neun betrachteten Sektoren anzeigt (vgl. Abbildung 30). Im Beispiel aus Abbildung 29 gehört die Auswirkung „Überflutung, Unterspülung Straßen“ mit grauer Umrandung zum Sektor Verkehr & Verkehrsinfrastruktur, während die Wirkfolge „Elementarschäden an Gebäuden und Schäden an Infrastruktur“ mit roter Umrandung zum Sektor Gebäude, Stadtentwicklung, Grün- und Freiflächen gehört. Die Darstellung von Wirkfolgen aus einem Sektor im Pfaddiagramm eines anderen ist aufgrund der Folgenverflechtungen unvermeidlich und verdeutlicht die Interdependenzen der Sektoren.²⁴

Sektoren

- | | |
|---|--|
| Bildung & Öffentlichkeit | Menschl. Gesundheit & Bevölkerungsschutz |
| Energie- & Abfallwirtschaft | Tourismus, Kultur & Sport |
| Umwelt & Natur | Verkehr & Verkehrsinfrastruktur |
| Gebäude, Stadtentwicklung & Grün- und Freiflächen | Wasserhaushalt & Wasserwirtschaft |
| Industrie, Gewerbe & Finanzwirtschaft | |

Abbildung 30: Farbcode der sektoralen Wirkungen in den Klimawirkungsdiagrammen.

Auf einer vierten Ebene schließlich werden in *Rautenform* die erforderlichen *Anpassungsmaßnahmen* zur Schadensminderung dargestellt. Auch sie sind farblich entsprechend ihrer Sektorenzugehörigkeit gekennzeichnet. Dabei liegt der Schwerpunkt auf dem zusätzlichen Anpassungsbedarf an den zukünftigen

²⁴ Diese Interdependenzen – und damit den Querschnittscharakter von Klimaanpassung – sichtbar zu machen, ist ein wichtiges Anliegen.

Klimawandel in Berlin – darauf bezieht sich ja auch das auf der ersten Ebene dargestellte Klimasignal. Bereits ergriffene Anpassungsmaßnahmen in Berlin wurden in die Pfaddiagramme nur aufgenommen, wenn ihnen auch in Zukunft eine Bedeutung zur Reduktion der städtischen Verwundbarkeit zukommt.

4.2 Vulnerabilitäten und Maßnahmen in den Handlungsfeldern

4.2.1 Menschliche Gesundheit, Bevölkerungsschutz

Das Handlungsfeld Menschliche Gesundheit, Bevölkerungsschutz (MGBS) fokussiert auf mögliche gesundheitliche Folgen des Klimawandels für die Berliner Bevölkerung und umfasst dabei die Ebene der/ des Einzelnen bis hin zum Gesundheitswesen als Branche.²⁵ Dabei werden schleichende Folgen ebenso betrachtet wie solche katastrophischer Natur (z.B. im Kontext von Hitzewellen, Starkregenereignissen etc.). Menschliche Gesundheit stellt ein hohes Schutzgut dar und wird vom Klimawandel in verschiedener Hinsicht potenziell beeinträchtigt, weshalb Anpassung an den Klimawandel in diesem Sektor eine hohe Priorität besitzt.²⁶ Betrachtet werden hier insbesondere die allgemeine oder öffentliche Gesundheit (*public health*) und das Gesundheitswesen im weitesten Sinne. Auch in anderen Handlungsfeldern – z.B. in der Wirtschaft, dem Abfallbereich oder dem Bildungssektor – werden potenzielle Auswirkungen des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit dann betrachtet, wenn die zu ergreifenden Anpassungsmaßnahmen sinnvollerweise auch in den jeweiligen Sektoren ergriffen werden sollen (z.B. aufgrund der Zuständigkeit des Arbeitgebers für den Gesundheitsschutz der Mitarbeiter/-innen).

4.2.1.1 Vulnerabilitäten

In der Folge wird zwischen direkten und indirekten Auswirkungen des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit unterschieden. Direkt (siehe Abschnitt 4.2.1.1.1) wirkt der Klimawandel, wenn Wetterparameter die Funktionsfähigkeit des menschlichen Organismus unmittelbar beeinträchtigen, etwa wenn es infolge von Hitzestress zu Herz-Kreislauf-Problemen kommt. Indirekt (4.2.1.1.1) wirkt der Klimawandel dann, wenn sich z.B. die Umweltbedingungen für Krankheitserreger verändern und in der Folge davon Infektionskrankheiten häufiger auftreten.

4.2.1.1.1 Direkte Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit

Unter den Klimasignalen, die zu direkten Gesundheitswirkungen führen, stehen extreme Hitzeereignisse deutlich im Vordergrund (4.2.1.1.1.1). Unter den weiteren direkten Auswirkungen (4.2.1.1.1.2) sind u.a. solche Extremwetterereignisse wie Stürme oder extreme Niederschlagsereignisse zu nennen, die Feuerwehr und Katastrophenschutz immer wieder vor erhebliche Herausforderungen stellen.

4.2.1.1.1.1 Extreme Hitzeereignisse

Heiße Tage und Hitzewellen sind in Berlin zukünftig hinsichtlich Anzahl, Dauer und Intensität vermehrt zu erwarten (→ Kap. 3). Neben leichteren Komplikationen wie Schlafstörungen oder Beeinträchtigungen der Arbeitsproduktivität (ZACHARIAS/ KOPPE 2015; HÜBLER/ KLEPPER 2007; (→ Handlungsfeld Wirtschaft) kommt es bei Hitzetagen und Hitzewellen beispielsweise zu vermehrten Herz-Kreislauf-Notfällen (bis hin zum „Hitzschlag“), Fällen der Dehydrierung (des „Austrocknens“ aufgrund mangelnder Flüssigkeitszufuhr) und zu Atemwegserkrankungen (wie chronischer Lungenerkrankung (*Chronic Obstructive Pulmonary Disease*; COPD) (KOPPE/ JENDRITZKY 2008). Nach WITT/ SCHUBERT/ JEHN et al. (2015) gilt, dass Hitzestress insbesondere bei Patienten mit chronischen Lungenerkrankungen zu einem bis zu 43% erhöhten Mortalitätsrisiko führt.

Besonders belastend für den menschlichen Organismus ist das Auftreten mehrerer heißer Tage nacheinander, bei denen auch nachts keine merkliche Abkühlung eintritt und das Schlafen vielen Menschen daher schwerer fällt (GOSLING/ LOWE/ MCGREGOR et al. 2009, ZACHARIAS/ KOPPE 2015). Mit VON WICHERT (2008) können die durch Hitzeereignisse hervorgerufenen Symptome wie folgt systematisiert werden (Tabelle 12):

²⁵ Das Klimawirkungsmodell des Sektors „Menschliche Gesundheit, Bevölkerungsschutz“ (MGBS) findet sich in Teil II des AFOK-Endberichts (→ Kap. 11).

²⁶ Vgl. hierzu auch die zusammenfassenden Ausführungen zum Zusammenhang von Stadtklima und Gesundheit im Umweltatlas (http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/db411_13.htm; Zugriff: 22.05.2016).

Symptom	Beschreibung
Hitzestress	Beeinträchtigungs- und Belastungsgefühl bei Hitzeexposition und körperlicher Arbeit
Hitzesynkope	Ohnmächtigwerden bei hoher Umgebungstemperatur durch periphere Vasodilatation (Gefäßerweiterung)
Hitzekrämpfe	Muskuläre Krämpfe während körperlicher Anstrengung in heißer Umgebung, vermutlich durch Salzverlust verursacht und in der Regel harmlos
Überwärmung	Milder bis mittelgradig schwerer Zustand durch Wasser- und/oder Salzverlust (Dehydrierung), bedingt durch Hitzeexposition oder schwere körperliche Arbeit. Symptome sind hauptsächlich Körperkerntemperaturen von 37 bis 40 °C, niedriger Blutdruck, Schwäche, Kopfschmerzen, Erbrechen und Verwirrung
Hitzschlag	Körpertemperatur erhöht sich gegen ein nicht funktionierendes Thermoregulationssystem (Rektaltemperatur 40 °C). Dieser schwere Zustand äußert sich durch Delirium (Bewusstseinsstörung), Krämpfe oder Koma als Folge von Hitzeexposition oder schwerer körperlicher Belastung. Bei älteren Menschen ist der klassische Hitzschlag eher ein passives Ereignis, bei jungen Betroffenen ist der Hitzschlag meist eine Ursache beruflicher oder sportlicher Anstrengung. Symptome sind unter anderem Hyperpyrexie (Fieber über 40,5 °C), Hyperventilation (schnelles Atmen), zentralnervöse Störungen, Lungenödeme (Wassereinlagerung in der Lunge), Niereninsuffizienz (eingeschränkte Nierenfunktion) und Schock. Da es bei voller Ausprägung auch zu einem Multiorganversagen kommen kann, ist eine intensivpflichtige Situation gegeben.
Hyperthermie	Erhöhung der Körpertemperatur, wenn Thermoregulation durch Krankheiten, Medikamente oder durch exzessive äußere oder innere Wärmezufuhr bzw. -produktion gestört ist. Hyperthermie kann gesundheitsunschädliche bis lebensbedrohliche Formen annehmen

Tabelle 12: Spektrum der Folgen von Hitze auf menschliche Gesundheit. Quelle: Mit kleinen Änderungen übernommen aus VON WICHERT 2008.

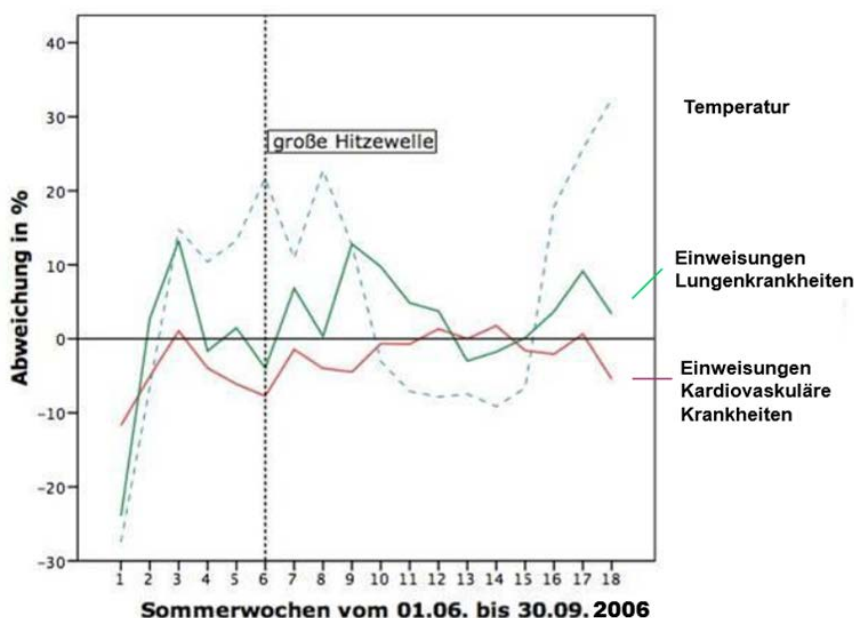


Abbildung 31: Abweichungen der max. Lufttemperatur und der stationären Aufnahmen im Sommer 2006 vom Erwartungswert (gemittelt 2002-2006), Projekt INKA BB; Quelle: WITT 2011.

In einer Studie zum Zusammenhang von sommerlichem Hitzestress, Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen für die Jahre 1994-2009 in Berlin konnte gezeigt werden, dass die Risiken sowohl für krankheitsbedingte Patientenaufnahmen (► Morbidität) als auch für Sterbefälle im Krankenhaus (► Mortalität) ab einer hohen Wärmebelastung (ca. 35 °C) stark ansteigen (SCHERBER 2014).

WITT (2011) beschreibt den Zusammenhang zwischen erhöhten Temperaturen und den erhöhten Einweisungen ins Krankenhaus (beide: Abweichungen vom Mittelwert 2002-2006) aufgrund von kardiovaskulären Krankheiten einerseits und den Lungenkrankheiten (Abbildung 31, oben). Laut Prof. Witt (Charité Berlin, persönl. Mitteilung) wurde die Bedeutung letzterer „... im Zusammenhang mit Hitzewellen lange unterschätzt“.

Box 2: Beispiel „Hitzesommer 2003“ – Extremwerte an hitzebedingten Sterbefällen in Europa und in Berlin

Historische Hitzesommer mit ihren deutlich erhöhten Morbiditäts- und Mortalitätsraten in Europa können exemplarisch unterstreichen, was im hypothetischen Fall des Ausbleibens von Anpassungsmaßnahmen auch zukünftig an Gefährdungspotenzial besteht.²⁷

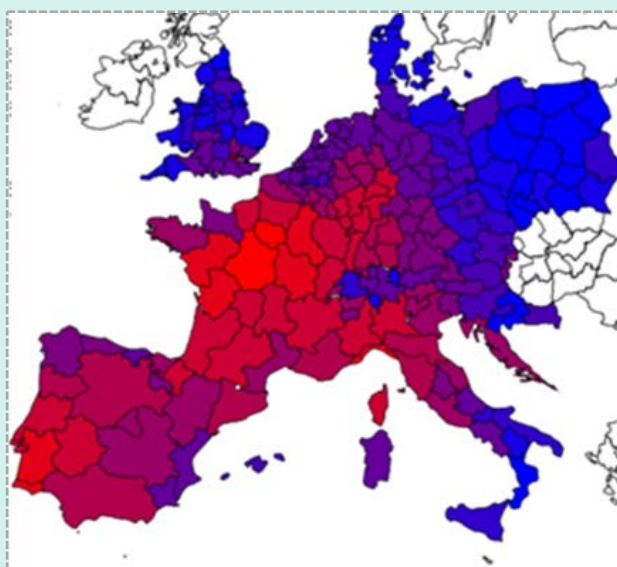


Abbildung 32: Zusätzliche Mortalität in europäischen Teilregionen Anfang August (03.-16.08.2003) bezogen auf Normalwert der Sommer 1998-2002 (geographische Verteilung mit steigenden Werten von blau nach rot). Quelle: ROBINE/ CHEUNG/ LE ROY et al. 2007: 9.

Ein markantes Beispiel war die Hitzewelle von 2003, bei der nach einem EU-Forschungsvorhaben europaweit ca. 70.000 zusätzliche Hitzetote zu verzeichnen waren (ROBINE/ CHEUNG/ LE ROY et al. 2007; CHEUNG/ ROBINE/ VAN OYEN et al. 2007) – davon in Deutschland ca. 7.000²⁸. Dies ist europaweit verglichen mit einem durchschnittlichen Sommer – ein Anstieg der *Mortalitätsrate* um 11%, wobei die ▶jährlichkeit eines derartigen Ereignisses mit großer Spannweite an-

Legende

Die Werte geben an, um das wievielfache höher (Werte >1) oder niedriger (Werte <1) die hitzebedingten Todesfälle in den farblich dargestellten europäischen Regionen zur Zeit der Hitzewelle im August 2003 über den durchschnittlichen August-Todesraten der Jahre 1998-2002 lagen.

0.8559466 - 0.9857836	0.8559466 - 0.9857836
0.9857836 - 1.027293	0.9857836 - 1.027293
1.027293 - 1.068382	1.027293 - 1.068382
1.068382 - 1.106557	1.068382 - 1.106557
1.106557 - 1.163743	1.106557 - 1.163743
1.163743 - 1.250936	1.163743 - 1.250936
1.250936 - 1.343148	1.250936 - 1.343148
1.343148 - 1.428175	1.343148 - 1.428175
1.428175 - 1.64647	1.428175 - 1.64647
1.64647 - 2.249914	1.64647 - 2.249914
2.249914 - 2.645876	2.249914 - 2.645876

gegeben wird. In den Berliner Krankenhäusern lag während der Hitzewelle 2003 das Risiko für Sterbefälle der über 65jährigen um das 8- bis 11-fache über dem eines normalen Sommers – je nach Lage des Krankenhauses im Stadtgebiet. Auch die *Morbiditätsraten* steigen bei einer Hitzewelle deutlich an. Speziell ältere Menschen sind davon betroffen. Im Sommer 2003 etwa lag die Einweisungsquote ins Krankenhaus für über 65jährige bei Atemwegserkrankungen 10-fach über dem langjährigen Durchschnitt (SCHERBER/ LANGNER/ ENDLICHER 2014).

SCHERER/ FEHRENBACH/ LAKES (2013) haben in einer Studie die zusätzlichen Hitzetoten in Berlin zwischen 2001 und 2010 berechnet. Dabei wird der Mortalitäts-Effekt von Hitzeereignissen und ihrer Nachwirkung gemessen, d.h. es wird die Intensität und Dauer der Überschreitung eines bestimmten Temperaturschwellwertes sowie die zeitliche Nachwirkung dieses Ereignisses berücksichtigt. Schwellwert wie Nachwirkungsdauer wurden nicht vorab festgelegt, sondern empirisch-statistisch ermittelt. Im Ergebnis zeigt sich, dass im untersuchten Zeitraum zwischen 695 und 2.118 zusätzliche Hitzetote in Berlin zu beklagen waren (vgl. Abbildung 33, unten). Die höchste Anzahl zusätzlicher hitzebedingter Todesopfer wurde im Jahr 2006 erreicht (2.118 ± 396), gefolgt von den Jahren 2010 (1.832 ± 328) und 2002 (1647 ± 331).

²⁷ LASS/ HAAS/ HINKEL et al. (2011) zeigen Ansatzpunkte für ein Risikomanagement für diese Art von Hitzebedingten Katastrophen auf EU-Ebene auf und betonen die Vermeidbarkeit von Schäden dieses Ausmaßes durch effektive, proaktive Anpassungsmaßnahmen („Preparedness“).

²⁸ Für den mittlerweile gut untersuchten Hitzesommer 2003 werden unterschiedliche Todeszahlen genannt, je nach Untersuchungsgebiet und Untersuchungsmethodik; LARSEN (2006) z.B. kommt für West- und Mitteleuropa auf rd. 52.000 zusätzliche Hitzetote.

2003 war in dieser Dekade mit 1.542 zusätzlichen Hitzetoten das viertschlimmste Jahr (SCHERER/ FEHRENBACH/ LAKES et al. 2013: 257).²⁹ Im 10jährigen Schnitt sind damit durch Hitzeereignisse 1.400 Berliner/-innen gestorben – mit einem klaren Schwerpunkt bei den über 65jährigen. Zum Vergleich: Im selben Zeitraum starben auf Berlins Straßen im Schnitt 64,2 Menschen pro Jahr durch Verkehrsunfälle (vgl. ebd.: 258). Das unterstreicht den bestehenden Handlungsbedarf.

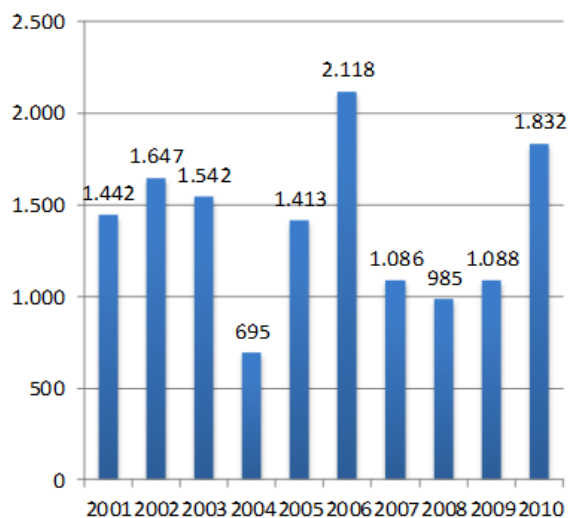


Abbildung 33: Zahl der zusätzlichen Hitzetoten in Berlin 2001-2010. Quelle: Eigene Darstellung nach SCHERER/ FEHRENBACH/ LAKES ET AL. 2013: 257.

Die Anfälligkeit einer Person gegenüber Hitzestress hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie Lebensalter und Geschlecht, genetischer Disposition, geographischer Lage, sozio-ökonomischem Status und individuellem Lebensstil (vgl. CAPELLARO/ STURM 2015a, b; GABRIEL 2009, 2011; GABRIEL/ ENDLICHER 2011; JENDRITZKY 2007; WHO 2010 und Tabelle 13). Mitentscheidend sind weiterhin sachlich-situative Faktoren wie etwa die baulichen Bedingungen der Wohnung (Isolierung, Luftzirkulation, verwendete Baustoffe, Fensterflächen) und die Siedlungsdichte in der individuellen Wohnumgebung (▶ städtischer Wärmeinsel-Effekt).³⁰ Auch die Belastungen am Arbeitsplatz können zu den sachlich-situativen Faktoren gerechnet werden, also z.B. das Ausüben körperlich anstrengender Tätigkeiten im Außenbereich oder die Lage eines nicht-klimatisierten Büros mit großen Fensterflächen. Schließlich spielt hier auch die Verkehrsdichte eine wichtige Rolle, da etwa die verkehrsbedingte Luftschadstoffbelastung am Wohnort ein erhöhtes Gesundheitsrisiko darstellt.

Zur Abschätzung der zukünftigen Vulnerabilität der Berliner Bevölkerung gegenüber dem Klimasignal Hitze ist es erforderlich, neben der Klimaänderung auch die zahlenmäßige Entwicklung vulnerabler Bevölkerungsgruppen zu betrachten (mit dem „demographischen Wandel“ als einem wesentlichen Faktor). Das Schadensrisiko steigt nicht nur in dem Maße, in dem Berlins Bevölkerung absolut wächst, sondern auch besonders dadurch, dass der Anteil und die Anzahl älterer, insbesondere hochbetagter Menschen deutlich ansteigen werden (SENGESOZ 2013a). Bis 2030 wird der Anteil der über 65-Jährigen an der Berliner Bevölkerung um 30% zunehmen, der der über 80-Jährigen dagegen um 80%. Bezirkliche Schwerpunkte der absoluten Zahl der Hochbetagten 2030 werden sein: Charlottenburg-Wilmersdorf, Steglitz-Zehlendorf, Tempelhof-Schöneberg und Reinickendorf. Vergleichsweise geringer wird deren Anteil in den Bezirken Mitte und Friedrichshain-Kreuzberg sein, obwohl auch dort wie überall in Berlin die absolute Zahl der Älteren und der Hochbetagten steigen wird.

²⁹ Das Jahr 2003 war zwar im Schnitt wärmer als 2002, und es gab 2003 auch insgesamt mehr Hitzetage als 2002 (30 gegenüber 27), aber 2002 traten *häufiger* Perioden mit Hitze auf (4 gegenüber 3 in 2003). Dadurch gab es auch statistisch mehr Nachwirkungs-Perioden mit erhöhter Mortalität (vgl. SCHERER/ FEHRENBACH/ LAKES et al. 2013: 256, Tab. 7). Es sei angemerkt, dass sich Ergebnisse von Studien dieser Art – je nach spezifischem Erkenntnisinteresse und gewählter Methodik – unterscheiden.

³⁰ Nach Auswertungen der Planungshinweiskarte liegen derzeit (Stand 2016) fast 55% der Berliner Krankenhäuser und knapp 65% der Pflegeheime in einer thermisch belasteten Umgebung (vgl. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/db411_10.htm; Zugriff: 12.06.2016).

Dimension	Merkmalsausprägungen erhöhter Vulnerabilität
Alter	<ul style="list-style-type: none"> - Viele Studien: >65 (je älter, desto vulnerabler) - Kinder (Flüssigkeitshaushalt) - Säuglinge/ <2 Jahre (Flüssigkeitshaushalt, thermische Regulierung)
Geschlecht	<ul style="list-style-type: none"> - Männer (35 – 65 Jahre); Frauen (>55 Jahre, zunehmend)
Sozio-ökonomische Faktoren	<ul style="list-style-type: none"> - sozial isolierte Menschen - Menschen mit schwachem sozial-ökonomischen Status - Menschen, die nicht täglich ihre Wohnung verlassen - Wohnungslose
Sachlich-situative Faktoren	<ul style="list-style-type: none"> - Menschen mit beruflichen Tätigkeiten im Freien - Personen, die ihre Freizeit im Freien verbringen (Sportler/-innen etc.) - Pflegeheimbewohner/-innen je nach Anpassungssituation³¹ - Bewohner/-innen von Wohnlagen mit hoher Siedlungsdichte oder Verkehrsaufkommen
Gesundheitlich-psychologische Determinanten	<ul style="list-style-type: none"> - chronisch Kranke - Personen mit multiplem Medikamentengebrauch - Bettlägerige und hospitalisierte Menschen - Personen mit psychiatrischen Grundkrankheiten

Tabelle 13: Dimensionen individueller Vulnerabilität gegenüber extremen Hitzeereignissen.
Quelle: Eigene Gruppierung auf der Basis von FOUILLET/ REY/ LAURENT et al. (2006); DÍAZ/ LINARES/ TOBIAS (2006); GABRIEL 2009; LAMPERT/ KROLL/ VON DER LIPPE ET AL. 2013; RKI 2011; SCHERBER 2014; LANGNER/ SCHERBER/ ENDLICHER 2014 sowie der dort angegebenen Literatur.

Rein rechnerisch kann allein aufgrund des demographischen Wandels (also noch ohne Klimawandel) von einem Anstieg der Morbiditätsrate in der Altersgruppe der über 65-Jährigen um 34 bis 49%, der Mortalitätsrate um ca. 7 bis 16% ausgegangen werden – genauere Untersuchungen und statistische Auswertungen sind hier aber erforderlich. Dennoch sollte deutlich geworden sein, dass hier dringender Handlungsbedarf besteht. Auch die Weltgesundheitsorganisation geht von einem signifikanten Anstieg der hitzebedingten Mortalität für die Bevölkerung über 65 bis 2050 ohne Anpassung aus (WHO 2014)

4.2.1.1.1.2 Weitere direkte Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit

Neben extremen Hitzeereignissen können weitere Klimasignale zu direkten Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit führen. Treten Sturmereignisse in Trockenperioden auf, kann es – in Abhängigkeit von der ▶ Orografie und der ▶ Topografie des betroffenen Standortes – zu Winderosion kommen. Dies wirkt sich nicht nur auf die Bodenfruchtbarkeit, sondern auch auf die menschliche Gesundheit negativ aus. Die Luftqualität wird großräumig beeinträchtigt – so können windbedingte ▶ Erosionsereignisse auf Äckern in Brandenburg zur Erhöhung der Feinstaubkonzentration und damit der Gesundheitsrisiken in Berlin führen (HOFFMANN/ FUNK/ REIMER 2012).

³¹ An dieser Stelle muss die Kausalitätsrichtung beachtet werden: Menschen weisen zunächst einmal *nicht* deshalb eine erhöhte Vulnerabilität auf, weil sie sich in einem Pflegeheim befinden. Vielmehr versammeln Pflegeheime – ihrer gesellschaftlichen Funktion entsprechend – speziell Personen mit ohnehin schon vorhandenen Risikofaktoren (z.B. Alter, chronische Erkrankungen), was dann zu entsprechend positiven statistischen Korrelationen führt. – Je nach baulicher, organisatorischer, pflegerischer und medizinischer Situation des Heims wird die grundsätzlich höhere Vulnerabilität von Pflegebedürftigen dann erhöht oder gesenkt (vgl. z.B. SENGUV 2007). Im Jahr 2011 waren in Berlin 107.917 Personen pflegebedürftig (Pflegestufen I-III), darunter 65% Frauen (SENGesSOZ 2013b: 114).

Box 3 : Klimawandel und Bevölkerungsschutz in Berlin

Der Klimawandel und seine spezifischen Risiken wie Hitze, Sturm und Starkregenereignisse stellen für die Berliner Bevölkerung in einigen Bereichen eine potenzielle Bedrohung dar, vor denen sie durch ein geeignetes Notfallvorsorge- und Gefahrenabwehrsystem möglichst weitgehend geschützt werden soll. „Bevölkerungsschutz“ ist ein Oberbegriff für Katastrophenschutz (für den die Länder zuständig sind) und den Zivilschutz (in Kriegs- und sonstigen politisch ausgelösten Krisenfällen – hierbei liegt die Zuständigkeit beim Bund). Nach den Terroranschlägen in den USA 2001 und der Hochwasserkatastrophe von 2002 an der Elbe haben Bund und Länder eine „Neue Strategie zum Schutz der Bevölkerung in Deutschland“ erarbeitet (Gemeinsame Melde- und Lagezentrum (GMLZ); zentral gesteuerte satellitengestützte und modulare Warnsysteme für die Bevölkerung).

Die Gefahrenabwehr im Land Berlin (Katastrophenschutz) ist gesetzlich geregelt (z.B. durch das Katastrophenschutzgesetz (KSG) oder das Rettungsdienstgesetz (RDG) des Landes Berlin) und untersteht der Senatsverwaltung für Inneres und Sport (SenInnSp). Neben den Senatsverwaltungen, den Bezirken und der Berliner Feuerwehr sind auch die Hilfs- und Rettungsdienste (z.B. der Arbeiter-Samariter-Bund (ASB), das Deutsche Rote Kreuz (DRK) oder das Technische Hilfswerk (THW) Bestandteil des Katastrophenschutzes. Es wird zwischen *Alltagsgefahren* (Brände, Unfälle, Explosionen, Überschwemmungen etc.), *außergewöhnlichen Schadensereignissen* (Flugunfälle, Massenveranstaltungen, Schadstoffunfälle, extreme Wetterlagen etc.) sowie *Katastrophen* (Großschadensereignisse mit großer Wirkung/ Betroffenheit, Naturkatastrophen) unterschieden, die Eintrittshäufigkeit nimmt dabei ab.

Im seltenen Fall von Katastrophen wird eine Zentrale Einsatzleitung einberufen, bei außergewöhnlichen Schadensereignissen ist der Katastrophenschutz-Dienst zuständig, ein nach Landesrecht organisiertes System der Gefahrenabwehr und Hilfeleistung. Die Berliner Feuerwehr ist zur Erfüllung der Aufgaben des Katastrophenschutzes im Zivilschutz verpflichtet (§ 11 Zivilschutz- und Katastrophenhilfegesetz – ZSKG) und wird dabei von den privaten Hilfsdiensten unterstützt. Die Feuerwehr bildet auch die Gemeinsame Einsatzleitung bei außergewöhnlichen Schadensereignissen. Den AFOK-Klimaszenarien zufolge wird der Berliner Katastrophenschutz in mindestens zwei Hinsichten zukünftig stärker herausgefordert:

1. Es ist mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit davon auszugehen, dass die *Anzahl der wetterbedingten Einsätze* bei sog. Alltagsgefahren zunehmen wird. Dies betrifft in erster Linie Überschwemmungen, Notfalleinsätze durch Hitzebelastungen und – in geringerem Umfang – auch Brände aufgrund zunehmender Trockenphasen.

2. Die Klimaszenarien deuten auf eine hohe Wahrscheinlichkeit dafür hin, dass sich in naher, vor allem aber ferner Zukunft die *Häufigkeit und der Charakter* von außergewöhnlichen Schadensereignissen erhöhen/ verändern werden.

Hier sind insbesondere zwei Aspekte zu nennen: Zum Einen wird die Intensivierung von Starkregenereignissen nicht nur die *Anzahl* urbaner Überflutungen erhöhen, sondern – falls keine Anpassungsmaßnahmen ergriffen werden – auch ihre *räumliche Ausdehnung* vergrößern. Zum Anderen ist besonders in den Sommermonaten mit der *Kombination* aus urbanen Überflutungen nach Starkregen und den gesundheitlichen Nachwirkungen von vorausgegangenen Hitzeperioden zu rechnen – ähnlich wie z.B. am 07.07.2006 (vgl. Abbildung 34). Die Studie von SCHERER/ FEHRENBACH/ LAKES et al. (2013) hat gezeigt, dass auch ca. fünf Tage nach einer Hitzeperiode noch erhöhte Mortalität festzustellen ist. Aus Sicht des Katastrophenschutzes wird damit z.B. die Frage der Erreichbarkeit von Notfall-Wohnungen bzw. von Krankenhäusern aufgeworfen. Bei großflächigen starken Überflutungen steigt zudem die Wahrscheinlichkeit von Ereignis-Fortpflanzungen – also etwa der Stromausfall in einem Gebiet aufgrund überfluteter Trafo-Stationen, Einschränkungen des Verkehrs, Ausfall von Kommunikationskanälen etc.

Die Untersuchung von urbanen Sturzfluten in Berlin der Jahre 2002-2007 (HYDROTEC/ FH AACHEN/ DWD 2008) kommt zu dem Ergebnis, dass die Bekämpfung von lokalen Überflutungen, bedingt durch extreme Wetterlagen und den Überlauf der Kanalisation, einer verbesserten Zusammenarbeit zwischen den Rettungsdiensten und den Berliner Wasserbetrieben bedürfen. Außerdem wird die Veröffentlichung von Risikokarten, eine verbesserte Frühwarnung und Einbeziehung der Bevölkerung empfohlen. Seitdem wurden insbesondere im Bereich der Frühwarnung deutliche Fortschritte gemacht. So bietet etwa das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) die Katastrophenwarn-App NINA an.³²

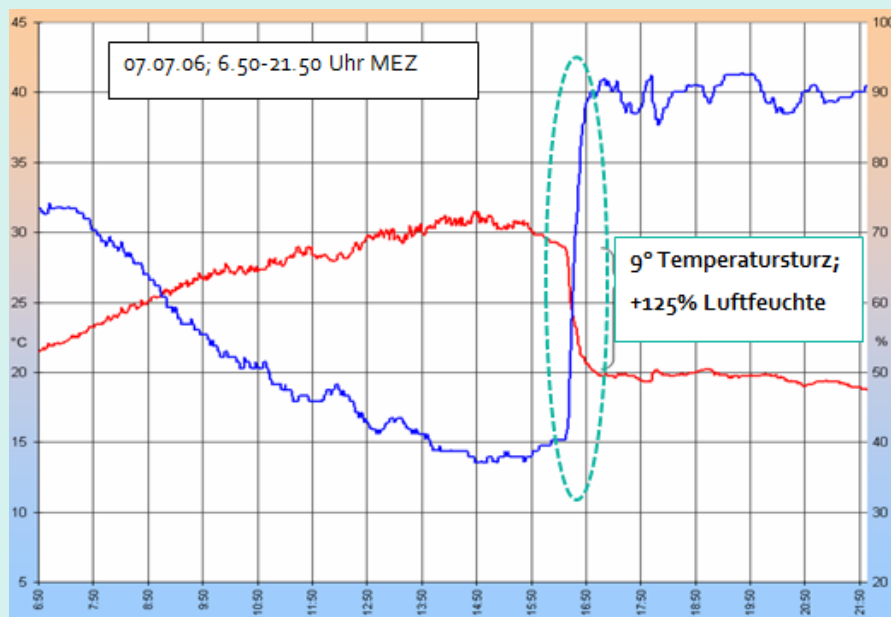
Die Berliner Feuerwehr hat mit dem Kommunalen Warn- und Informationssystem (KATWARN) ein vergleichbares System geschaffen, das neben einer Smartphone-App auch SMS und E-Mails abdeckt.³³

Diese Systeme sind der Bevölkerung allerdings bisher noch nicht hinreichend bekannt. Im Rahmen einer ganzen Reihe von Beteiligungen an Forschungsprojekten hat sich die Berliner Feuerwehr zudem in den letzten Jahren mit verschiedenen Facetten der Verbesserung der Notfall-Kommunikation, der Rekrutierung freiwilliger Helfer oder der Verbesserung des Notfalleinsatzes in der U-Bahn befasst. Im Januar 2016 haben die privaten Katastrophenschutzorganisationen eine Kooperationsvereinbarung zur Nutzung von Synergien bei Fortbildung und Rekrutierung freiwilliger Helfer getroffen. Die Anpassungsfähigkeit des Berliner Bevölkerungs- und Katastrophenschutzes mit der

³² Siehe online: http://www.bbk.bund.de/DE/NINA/Warn-App_NINA.html ; Zugriff: 24.01.16.

³³ Siehe online: <http://www.berliner-feuerwehr.de/ihreresicherheit/praevention/katwarn/>. Das System wurde im Jahr 2010 vom Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme entwickelt.

Abbildung 34: Abrupte Entwicklung (grün gestrichelter Bereich umfasst ca. 1 Stunde) von Temperatur (rot) und starkregenbedingter Schwankung der Luftfeuchte (blau) (Station der FU im Botanischen Garten, Dahlem) am 07.07.2006.
Quelle: JANKIEWICZ/ MYRCIK/ WEHRY 2006: 4.



Feuerwehr als tragender Säule ist damit als hoch einzustufen. Gleichwohl stellen die klimawandelbedingte Intensivierung von Alltagsgefahren und die Verschiebung von Gefahrenlagen aus dem Bereich der Alltagsgefahren in den der außergewöhnlichen Schadensereignisse den gesamten Bereich des Bevölkerungs- und Katastrophenschutzes nicht nur in Berlin vor neue Herausforderungen. Eine bundesweite Arbeitsgruppe Klimawandel und Anpassung aus Feuerwehren, Hilfsorganisationen und dem Technischen

Hilfswerk (THW) hat sich beim BBK mit Schwachstellen und Abhilfemöglichkeiten befasst. Dabei wurde, neben einer verbesserten Koordinierung der Hilfs- und Rettungsdienste, auch die Aufstockung von Fahrzeugen, technischen Anlagen und der Kommunikationstechnik vorgeschlagen (BBK 2016).

Auch den sich in Berlin abzeichnenden Gefahrenlagen wird nur durch ein Aufstocken der Kapazitäten begegnet werden können.

4.2.1.1.2 Indirekte Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit

Der Klimawandel wirkt nicht nur – etwa über Hitzespitzen – direkt auf den menschlichen Organismus, sondern birgt auch vielfältige indirekte Gesundheitsrisiken, die genau beobachtet werden müssen. Hier sind steigende Gefahren durch Vektorkrankheiten, Allergien sowie weitere indirekte Auswirkungen zu nennen.³⁴

4.2.1.1.2.1 Vektorkrankheiten

Im Winter sind die Auswirkungen des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit als ambivalent einzuschätzen. Einerseits ist bei feuchten und milden Wintern eine Zunahme von Infektionskrankheiten zu verzeichnen, was vor allem für chronisch kranke Personen zu Problemen führen kann (RKI 2010). Andererseits verringert sich in milderem Wintern die Sturzgefahr durch Glatteis, die gerade für ältere Menschen gefährlich ist. Auch die Zahl der Glätteunfälle mit Autos und Fahrrädern könnten sich dann reduzieren. Es ist zudem davon auszugehen, dass die milderem Winter zu einer Reduktion der jahreszeitlich bedingten Mortalität führen. Allerdings lassen sich keine Einschätzungen dazu treffen, wie hoch der Mortalitätsrückgang im Winter ausfallen und ob er zukünftig durch eine erhöhte Hitze-Mortalität im Sommer überkompensiert wird (HÜBLER/ KLEPPER 2007, RKI 2010, ZACHARIAS/ KOPPE 2015).

Der Klimawandel ändert mit den wichtigen Wetterparametern die Lebensbedingungen von Tieren und Pflanzen (→ Kapitel 4.2.4). Dadurch können auch neue Krankheitserreger – i.d.R. vermittelt über neue oder heimische Krankheitsüberträger („Vektoren“, z.B. Mäuse, Mücken oder Zecken) – in ein Gebiet wandern, das ihnen durch bestimmte Wetterbedingungen bislang „versperrt“ war. Der Klimawandel beeinflusst die räumliche Verbreitung der Wirte, ihre ökologische „Fitness“ sowie ihre Fortpflanzungsrate und verändert damit auch Lebensraum und Auftrittshäufigkeit der Erreger.

³⁴ Vgl. überblicksartig etwa RKI 2010; INGENDAHL 2010; die auch Forschungsbedarfe benennen.

Zecken als Krankheitsüberträger

Hier kann es sich zum einen um Krankheiten handeln, die in Deutschland bereits aufgetreten sind. Die Zecke – als Überträger von Krankheiten wie FSME (*Frühsommer-Meningoenzephalitis*), Lyme-Borreliose oder Hirnhautentzündung – ist ein Beispiel dafür, aber in Berlin bislang ein vergleichsweise kleines Problem (vgl. Abbildung 35, rechts).³⁵

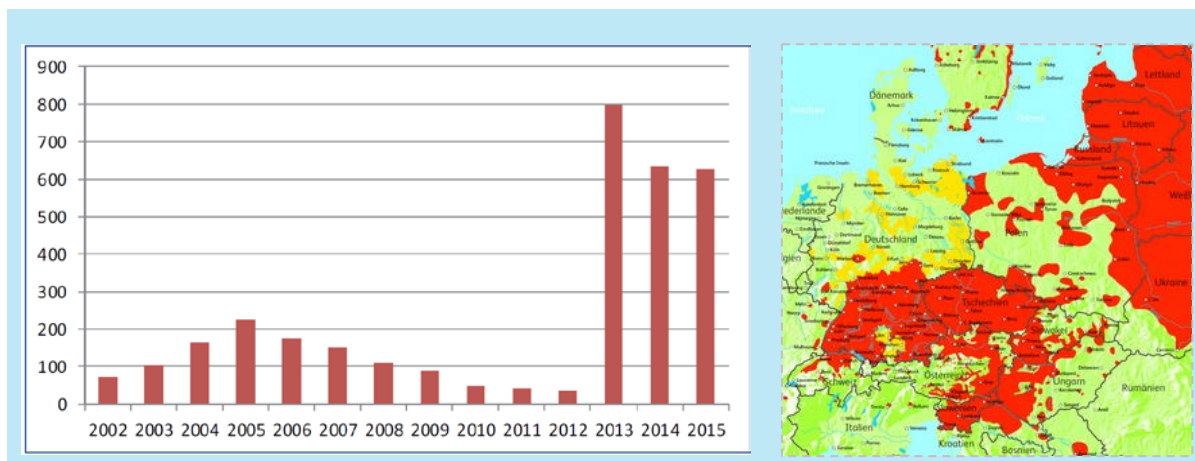


Abbildung 35: Gemeldete Fälle von Lyme-Borreliose 2002 - 2015 in Berlin (links; Quelle: LAGeSo 2016:11). Berlin ist gegenwärtig (Stand Mai 2015) noch wenig betroffen im europäischen Vergleich (rechts: Hauptauftrittsgebiete in rot; Quelle: www.zecken.de.

Mit den zu erwartenden Klimaveränderungen dürfte das Infektionsrisiko steigen, insbesondere durch die Zunahme milderer Winter. Studien haben gezeigt, dass sich die Winterruhe von Zecken in milden Wintern verkürzt bzw. vollständig ausbleibt; und somit die Zecke kontinuierlich auf Wirtssuche geht, womit ein deutlicher Anstieg der FSME-Fälle verbunden ist (SÜB 2008).

Der Forschungsbedarf ist allerdings noch hoch. Er betrifft auch die Gefahr der stärkeren Ausbreitung in den Berliner Raum. Zecken gelten als klimaabhängige Vektoren, ihre Verbreitung ist – neben der Existenz geeigneter Wirte – insbesondere von Temperatur und Luftfeuchtigkeit abhängig (HEMMER et al. 2007). Gleichwohl kann derzeit noch nicht gesagt werden, ob mit zunehmendem Klimawandel auch die Populationsdichte von Zecken in Berlin ansteigen wird: Da in Berlin sowohl Trockenperioden als auch Starkregenereignisse zunehmen werden, ist weitere Forschung notwendig.

Neue Vektorkrankheiten

Der Klimawandel kann auch das Auftreten neuer Wirtstiere (*Vektoren*) befördern, die die Erreger bisher hier unbekannter Krankheiten mitbringen. Der Forschungsbedarf ist in diesem Bereich noch hoch. Belegt ist allerdings, dass sich mit zunehmender Erwärmung (mildere Winter) und unter feuchten Bedingungen einzelne gefährliche Mückenarten Richtung Norden ausbreiten können und dies auch schon tun.

Der seit 2012 in Form eines ► *Citizen Science*-Projekts, d.h. mit Unterstützung aus der Bevölkerung erstellte *Mückenatlas Deutschland* hilft dabei, bestehende Forschungslücken zu schließen.³⁶ So wurde entdeckt, dass

³⁵ Laut Robert-Koch-Institut ist Berlin derzeit *kein* FSME-Risikogebiet (RKI 2015). Im benachbarten Brandenburg traten deutlich mehr Fälle auf. Ein gutes Drittel der Berliner Meldungen von 2015 geht auf einen Zeckenstich in Brandenburg zurück. Auch innerhalb Berlins ist auf Wald- und Wiesenflächen ein höheres Risiko für Zeckenbisse gegeben. Nach Inkrafttreten der Änderung der Meldeverordnung 2013 (vgl. LAGeSO 2012) stiegen die Fallzahlen deutlich an. Im Jahr 2015 wurde bei 585 Betroffenen das für Lyme-Borreliose typische klinische Bild eines *Erythema migrans* angegeben, von denen 48 Fälle auch eine Neuroborreliose in verschiedenen Ausprägungen zeigten. 18 Erkrankte wurden hospitalisiert, es gab keine Todesfälle aufgrund von Lyme-Borreliose. Die Bezirke mit den höchsten Meldezahlen in Berlin (2015) waren Pankow, Marzahn-Hellersdorf, Treptow-Köpenick und Steglitz-Zehlendorf (LAGeSO 2016: 12).

³⁶ Seit April 2012 wurden über 25.000 Stechmücken eingeschickt (siehe im Internet unter: www.mueckenatlas.de). Auch in Form des von der Leibniz Gemeinschaft geförderten interdisziplinären Forschungsprojektes „Vorkommen und Vektorkompetenz von Stechmücken“ arbeiteten Wissenschaftler/-innen des Senckenberg Deutsches Entomologisches Instituts (SDEI) in Müncheberg und des Bernhard-Nocht-Instituts für Tropenmedizin (BNI) in Hamburg an einer Mückenkarte für ganz Deutschland.

z.B. die bis vor einigen Jahren in Deutschland unbekannt Asiatische Tigermücke (*Aedes albopictus*) 2011 am Oberrhein heimisch geworden ist. Diese Mücke konnte bis vor kurzem nur in den Tropen und Subtropen, nicht aber in Deutschland nachgewiesen werden.

Auch die Asiatische Buschmücke (*Aedes japonicus* oder *Ochlerotatus japonicus*) wurde jüngst in Deutschland nachgewiesen (KAMPEN/ WERNER 2014) (Abbildung 36). Sie überträgt die ebenfalls in Deutschland noch exotischen Fieberarten Dengue und Chikungunya. Beide können tödlich enden. Nach TANNICH gilt es, die Gefahr „eines Ausbruchs neuer Seuchen“ zu erkennen, um ihr rechtzeitig vorbeugend entgegenzutreten zu können.³⁷ Die Wissenslücken in diesem Bereich sind jedoch noch sehr groß.

In der Folge dieses Auftretens neuer Vektoren sind in den letzten Jahren in Südeuropa Fälle tropischer Erkrankungen aufgetreten, die es dort bisher nicht gab. Beispiele: Chikungunya-Fieber-Epidemie in Norditalien 2007, Fälle von Chikungunya-Fieber in Südfrankreich 2010, Dengue-Fieber-Fälle in Südfrankreich 2010 sowie zwei Fälle in Kroatien 2010, Malaria-Fälle in Griechenland 2011 - 2012 bzw. 2012, West-Nil-Fieber-Epidemie in Griechenland 2010-2012, Dengue-Fieber-Epidemie auf Madeira (Portugal) 2012.³⁸

Bei den in Berlin zugewanderten Mückenarten konnten bisher keine dieser Krankheitserreger nachgewiesen werden. Der Schwerpunkt des Auftretens neuer Vektoren liegt derzeit im Oberrheingraben. Dennoch ist mit Blick auf den zukünftigen Klimawandel Vorsicht geboten. Die geographische Breite Berlins wurde schon erreicht (vgl. Abbildung 36, rechts).

Zudem kann nicht ausgeschlossen werden, dass einige der von den neuen Mückenarten übertragenen Krankheiten bereits aufgetreten, aber nicht zutreffend diagnostiziert worden sind – sondern etwa als „Sommergrippe“ erfasst wurden, da hier selten differentialdiagnostische Untersuchungen erfolgen.³⁹



Abbildung 36: Neue Krankheitsüberträger breiten sich nach Norden aus – Beispiel „Mücken“. Links: Eigentlich in den Tropen zu Hause, jüngst in Deutschland nachgewiesen: Asiatische Tigermücke (oben) und Asiatische Buschmücke (unten). Quellen: Wikimedia. Rechts: Aktuelle Vorkommen der *Aedes japonicus japonicus* auf geographischer Breite Berlins (Kartenausschnitt). Quelle: ZIELKE/ IBAÑEZ-JUSTICIA/ KALAN et al. 2015: 4 (Übers. d. Verf.).

Tatsächlich ist der Klimawandel nicht die einzige Ursache dafür, dass aktuell das Risiko steigt, an einer neuen (oder erneut auftauchenden) Infektionskrankheit zu erkranken: Auch der kontinuierlich zunehmende (internationale) Reiseverkehr, der zunehmende internationale Handel⁴⁰, grenzüberschreitende (Tier-) Transporte oder Landnutzungsänderungen (z.B. Renaturierungen) tragen dazu bei, dass sich Erreger ver-

³⁷ Siehe Prof. Egbert Tannich, Tropenmediziner und Leiter der Abteilung Molekulare Parasitologie am Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin (BNI) in Hamburg anlässlich der Vorstellung eines 2011 gestarteten Großforschungsprojektes (Online: http://www.sk-zag.de/Neues_gemeinsames_Grossprojekt_Die_deutsche_Mueckenlandschaft_Forschung_am_blutsaugenden_Insekt.html ; Zugriff: 03.04.15).

³⁸ Angaben nach Mückenatlas (Online: <http://www.mueckenatlas.de/Content/Culicidae/PartII.aspx>; Zugriff: 08.09.15).

³⁹ Vgl. Mückenatlas, Stechmücken in Deutschland (<http://www.mueckenatlas.de/Content/Culicidae/PartIII.aspx>).

⁴⁰ Eine weitere signifikante Intensivierung des deutschen und europäischen Außenhandels ist ein erklärtes Ziel der gegenwärtig diskutierten Freihandelsabkommen TTIP und CETA (vgl. z.B. BMWi 2015).

breiten. Der Forschungsbedarf – insbes. auch zu den Zusammenhängen mit dem „Faktor „Klimawandel“ – gilt insgesamt als noch relativ hoch. Dennoch kann festgehalten werden, dass (1.) der Klimawandel die Lebensbedingungen vieler Vektoren „verbessert“ und damit das Krankheitsrisiko tendenziell erhöht. (2.) Zudem können auch heimische Arten zu Wirten für neue Krankheitserreger werden (vgl. WERNER/GRUNEWALD 2014; WERNER/ KRONEFELD/ SCHAFFNER et al. 2012).

4.2.1.1.2.2 Pollenallergien

Klimaveränderungen können zu einer Verstärkung von Pollenallergie-Erkrankungen führen. Überträgt man die Allergiker-Rate für ganz Deutschland in Höhe von 20 bis 30% auf Berlin, so dürfte die Zahl derjenigen Berliner/-innen, die bereits an einer Allergie leiden, rund 700.000 Menschen betragen.

Die häufigste Allergie ist die Pollenallergie (auch Heuschnupfen, medizin.: *Pollinosis*).⁴¹ Dabei handelt es sich um eine allergische Reaktion auf Pollen (Blütenstaub), die i.d.R. durch die Pollen von Windbestäubern (dazu zählen z.B. verschiedene Gräser; Birke, Haselnuss, Erle) ausgelöst wird. Sie ist an sich bereits unangenehm, aber kann darüber hinaus bei Nichtbehandlung zu chronischem Asthma führen.

Allergiker/-innen leiden bereits gegenwärtig unter den Folgen des Klimawandels, da er den jahreszeitlichen Lebenszyklus und damit auch das Blühverhalten von Pflanzen in ungünstiger Weise beeinflusst. So weisen phänologische Studien etwa eine Verlängerung der ▶ Vegetationsperioden um durchschnittlich 10,5 Tage (im Beobachtungszeitraum 1969-1998) für Brandenburg/ Berlin nach (CHMIELEWSKI 2013). Das Institut für Meteorologie der FU Berlin hat den Pollenflug der Birke zwischen 1984 und 2008 in Berlin untersucht und kommt zu dem Schluss, dass sich in diesen 25 Jahren der Beginn der Birkenblüte im Kalender um elf Tage nach vorne verschoben hat. Da gleichzeitig das Blühende um drei Tage früher eintritt, ergibt sich eine Netto-Verlängerung der Blühzeit der Birke um acht Tage (KANNABEI 2008).⁴²

Abschließend sei kurz auf zwei weitere Zusammenhänge mit gleicher Wirkrichtung hingewiesen. Zum einen erhöhen höhere Temperaturen die allergene Wirkung von Pollen; zum anderen weisen allergologische Studien einen positiven Zusammenhang zwischen der Belastung der Luft mit Luftschadstoffen und Auftreten von Allergien nach – eine hohe Staubbelastung in der Luft ist ein in lang andauernden Hitzeperioden übliches Phänomen.

Ambrosia

Die Ambrosiapflanze (Beifußblättriges Traubenkraut, engl.: *Ragweed*) ist eine ursprünglich aus Nordamerika stammende invasive Art, die bereits seit über 100 Jahren in Deutschland vereinzelt nachgewiesen wurde. In den letzten Jahren breitet sie sich – bedingt nicht zuletzt durch sich verändernde klimatische Bedingungen - verstärkt aus und etabliert sich zunehmend beständig. Ambrosia produziert Pollen mit einem extrem aggressiven ▶ Inhalationsallergen. Die Pollen können bereits bei geringer Konzentration dazu führen, dass bisher nicht allergische Personen für Heuschnupfen bzw. Pollenallergie oder eine allergische Lungenerkrankung (*Asthma bronchiale*) sensibilisiert werden. Selbst der bloße Kontakt mit der Pflanze kann zu Nesselsucht (*Urtikaria*) und Ekzemen führen. Ihre hochallergenen Pollen machen Allergikern vermehrt vom Spätsommer bis in den Herbst hinein Probleme – Zeiträume, in denen viele andere Pollenbelastungen bereits abgeklungen sind.⁴³

Modellbasierte Studien für Europa zeigen, dass die Ambrosia-Pollen-Konzentration in der Luft 2050 etwa viermal so hoch wie heute sein wird, und dass der Klimawandel zu rd. 2/3 dafür verantwortlich sein wird -

⁴¹ Dabei gilt gleichzeitig, dass die Angaben zur Verbreitung von Heuschnupfen in verschiedenen Studien zum Teil erheblich differieren. Nach zusammenfassenden Angaben des Weißbuchs *Allergien in Deutschland* beträgt der Anteil der von Heuschnupfen betroffenen Erwachsenen 13 bis 24%; die Rate der betroffenen Kinder liegt niedriger bei – in beiden Fällen – ansteigenden Trends (vgl. RING/ BACHERT /BAUER /CZECH 2010). Eine aktuelle Untersuchung von Bergman/ Heinrich/ Niemann (2016) nennt Heuschnupfen ebenfalls auf Platz 1 mit einem Anteil von knapp 15% der Erwachsenen (ebd. S. 23).

⁴² Dazu kommt, dass die meisten Pollen bei höheren Temperaturen regelrecht aufplatzen. Die allergene Wirkung steigt und damit das Leiden der Asthmatiker. Kinder sind besonders betroffen.

⁴³ Siehe: JKI 2015; SOFIEV/ BERGMANN 2013.

überwiegend die mehrjährige *Ambrosia psilostachya*, die meist durch Transporte verunreinigter Erde im Rahmen von Baumaßnahmen verbreitet wird. Die Bezirke Lichtenberg und Treptow-Köpenick sind hier am stärksten betroffen⁴⁸. Ein „Hot-Spot“ der Besiedlung mit der schwerer zu bekämpfenden mehrjährigen Staude *Ambrosia psilostachya* ist dabei der Ortsteil Adlershof (DÜMME/ SCHUBERT 2016). Seit kurzem ist jedoch auch eine stärkere Ausbreitung der mehrjährigen Ambrosia im Westteil zu beobachten, da auch hier die Bauaktivitäten unter Verwendung von mit Ambrosiasamen und –wurzeln verunreinigten Erdtransporten zunehmen.

Trotz deutlicher Bekämpfungserfolge wurde kürzlich (am 05.09.2014) mit 158 Pollen/m³ Luft die bisher höchste Pollenbelastung seit Beginn der Messungen in Berlin ermittelt – ein Indiz dafür, dass nach wie vor von einer hohen Vulnerabilität auszugehen ist.

Eichenprozessionsspinner

Höhere Jahresmitteltemperaturen und insbesondere wärmere Sommer begünstigen auch das Auftreten des ursprünglich in Südeuropa heimischen Eichenprozessionsspinner (*Thaumetopoea processionea*) (EPS). Gab es auch bereits früher lokale Massenvermehrungen des einstmals fast ausgestorbenen wärmeliebenden Schmetterlings in Deutschland, so ist seit dem Hitzesommer 2003 eine anhaltende Vermehrungs- und Ausbreitungsphase zu verzeichnen (BRÄSICKE 2013; BRÄSICKE/ STEIN 2014) (Abbildung 39).

Das Vorkommen des EPS in Berlin ist durch erstaunliche Schwankungen gekennzeichnet (vgl. im Folgenden SOBCZYK 2014): Die historischen Nachweise gehen bis ins Jahr 1766 zurück, wo er erstmals als heimischer Schmetterling erwähnt wird. In den Folgejahren bleibt es bei einzelnen Nachweisen und er gilt im gesamten Zeitraum 1920-1982 als „selten“. Die Art wird dementsprechend gemäß der damals gültigen Roten Liste für Berlin als „Vom Aussterben bedroht“ identifiziert. Abgesehen von einzelnen Funden wurde dann erst wieder zu Beginn des 21. Jahrhunderts „ein erstmaliges Wiederauftreten in Berlin im Jahr 2004“ diagnostiziert. Zur aktuellen Plage wurde er in Rekordzeit: „Die Besiedlung des gesamten Stadtgebietes erfolgte innerhalb von sieben Jahren, wobei westliche Stadtteile stärker besiedelt sind.“ (SOBCZYK 2014:14).

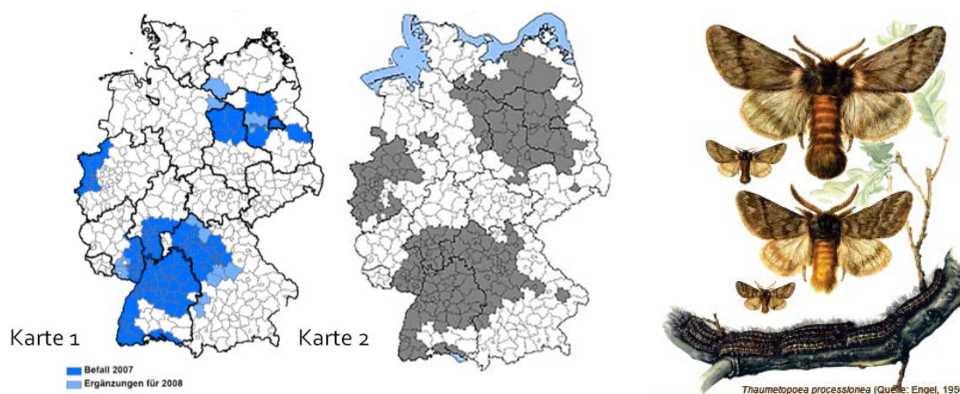


Abbildung 39: Ausbreitungsgeschwindigkeit des EPS in Deutschland (Entwicklung 2007 /2008 in Karte 1; 2013 in Karte 2) (beide links); Quelle: Verbreitungskarte des Eichenprozessionsspinner⁴⁹; EPS – Historische Darstellung der Entwicklungsstadien (ENGEL 1956, zit. n. BRÄSICKE 2013) (rechts).

Die Beobachtungen des EPS (Abbildung 40) stellen ein signifikant vermehrtes Auftreten in Berlin sowie eine räumliche Ausbreitung der EPS-Verbreitungsgebiete von West nach Ost im Stadtgebiet fest. Für das Jahr 2015 wurde ein weiterer deutlicher Anstieg der Falterzahlen im Vergleich zu den Vorjahren in Berlin dokumentiert (SENSTADTUM 2015f).

A&docid=CHNBG4QlXhMKXM&ei=N-iUVqvjDMH5yQPR74iQDQ&tbm=isch&iact=rc&uact=3&dur=428&page=1&start=0&ndsp=24&ved=0ahUKEwjr2tGimqTKAhXBfHIKHdE3AtlQrQMlJDA; Zugriff: 07.01.15.

⁴⁸ Siehe FU Berlin, Institut für Meteorologie, Berliner Aktionsprogramm gegen Ambrosie: http://ambrosia.met.fu-berlin.de/ambrosia/aktionstag_erster_2015.php; Zugriff: 03.01.16.

⁴⁹ Angaben: Forstliche Versuchsanstalten bzw. Wald- und Pflanzenschutzdienste der Länder; Zusammenstellung: Julius Kühn-Institut; zit. n. BRÄSICKE/ STEIN (2014: 20 ff.).

Die Spiegelhaare (Brennhärchen) der Raupen brechen leicht ab und enthalten ein Nesselgift (*Thaumetopoein*); Kontaktgefahr besteht bis zu 50 m um den betroffenen Baum herum. Kontakt mit Haut- und Schleimhäuten können innerhalb von 24 Stunden *Raupendermatitis* (allergologische Reaktionen wie Juckreiz, lokale Hautausschläge und Pustelbildungen), Reizung der Schleimhäute/ Bindehautentzündungen, Atemwegsreizungen bis hin zu Asthma auslösen (LEHMANN 2015; LEITZ 2003). Besonders empfindlich reagieren

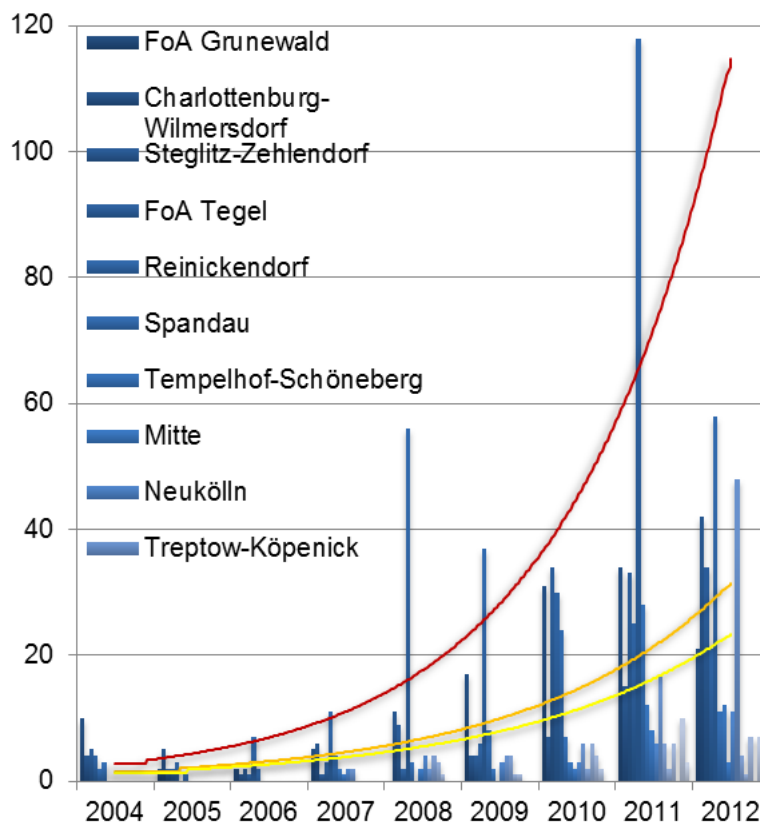


Abbildung 40: Verbreitung des EPS in Berlin, Stand 2013/2014. FoA = Forstamt; Expon. = Exponentielle Trendberechnung, ausgewählte Stationen. Quelle: Eigene Darstellung; Datenbasis: <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/pflanzenschutz/stadtgruen/de/ueberwachung/eps.shtml>; Zugriff: 03.11.15.

Menschen, die von Allergien betroffen sind; in einzelnen Fällen kommt es bei dieser Bevölkerungsgruppe zum lebensgefährlichen allergischen Schock. Auch in der Berliner Charité stellt man fest, „...dass die Beschwerden durch den Eichenprozessionsspinner deutlich zunehmen“ (METZ o.J.: 2).

Neben seinem humanpathogenen Potenzial ist er auch als Forstschädling gefürchtet: In den letzten Jahren wurden durch ihn vermehrt auch Baumbestände in Berlin und Brandenburg befallen (→ Kap. 4.2.4).⁵⁰

4.2.1.1.2.3 Weitere indirekte Gesundheitsfolgen des Klimawandels

Durch den Anstieg der Jahresmitteltemperaturen erhöhen sich die Wasser- und Bodentemperatur. Dies kann sich negativ auf die Trinkwasserqualität auswirken, da die Gefährdung durch Keimbelastung in Trinkwasserleitungen und Oberflächengewässern ansteigt (BENDER 2015). Hitzetage und -wellen lassen zudem Lebensmittel schneller verderben, sodass bei unsachgemäßer Lagerung (mangelnder Kühlung) Durchfallerkrankungen häufiger auftreten können (DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNG e. V. 2015).

⁵⁰ Zur deutschlandweiten Verbreitung des EPS siehe die unter Federführung des JKI-Instituts für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst entwickelten Karten (Abbildung 39, links). Sie liefern Daten bis auf Landkreisebene und wurde in enger Zusammenarbeit mit den Forstlichen Versuchsanstalten sowie den Wald- und Pflanzenschutzdiensten der Bundesländer erarbeitet.

Dem Zusammenwirken von physikalischen (*thermischen*) Faktoren und Luftqualität (chemischen Faktoren) scheint in verschiedener Hinsicht eine besondere Bedeutung zuzukommen (vgl. schematische Darstellung in Abbildung 41).

Die Belastung der Luft mit Schadstoffen wie Stickoxiden (NO₂), Ozon (O₃) oder Feinstaub ist von den klimatischen Bedingungen abhängig: So können z.B. bei steigenden Temperaturen und vermehrter Sonneneinstrahlung vermehrt Sekundärschadstoffe wie Ozon entstehen (→ Kap. 4.2.7, Handlungsfeld Verkehr), durch die sich die Sonneneinstrahlung intensiviert⁵¹. Umgekehrt verstärkt etwa die Feinstaubbelastung die negativen Gesundheitsfolgen von Hitzewellen.⁵²

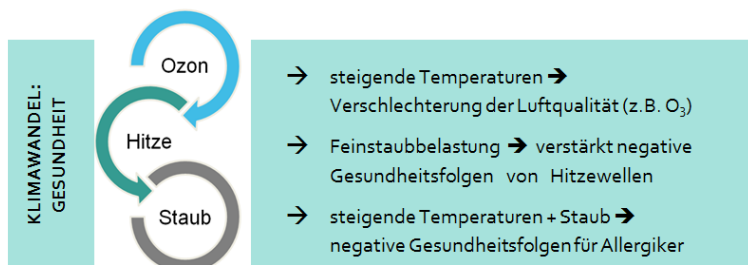


Abbildung 41: Für die Auswirkungen auf die Gesundheit von großer Bedeutung: das Zusammenwirken von thermischen Faktoren und Luftqualität (Feinstaub und Ozon). Quelle: Eigene Darstellung.

Erhöhte UV-Strahlung kann Sonnenbrand, Bindehautentzündung sowie *Hautkrebs* (Melanom) befördern. Dem humanbioklimatischen Ansatz folgend gehört Hautkrebs zum fotoaktinischen Wirkkomplex (HUPFER/KUTTNER 2006: 492ff). Bei Männern und Frauen gehören Hautkrebsfälle in den letzten Jahren zu den zehn häufigsten und zunehmenden Krebsarten in Berlin (Abbildung 42).

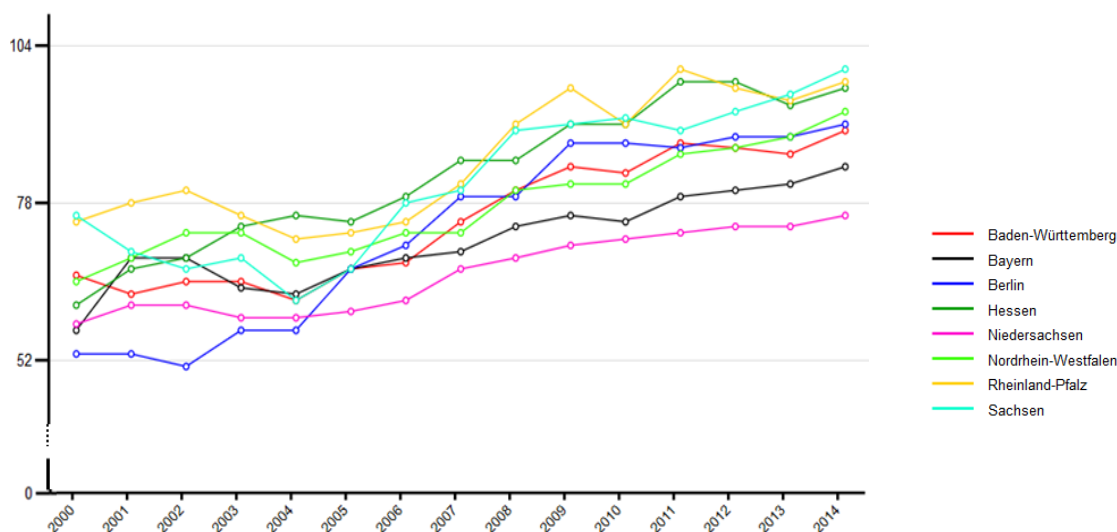


Abbildung 42: Entwicklung der Hautkrebsfälle (Diagnosen durch Krankenhaus) je 100.000 Einw. in Berlin (blaue Linie) (2000-2014) im Vergleich mit ausgewählten Bundesländern; Quelle: RKI/ GBD.⁵³

⁵¹ Vgl. RKI/ GBD (2014), Fußnote 53.

⁵² Siehe zu dem positiven Zusammenhang zwischen z.B. Feinstaub- oder Ozonkonzentration und der thermischen Belastung etwa DÍAZ et al. 2002a; DÍAZ et al. 2006a; FILLEUL et al. 2006; GRASS/ CANE 2007; ISHIGAMI et al. 2008.

⁵³ Online abrufbar unter: http://www.gbe-bund.de/oowa921-install/servlet/oowa/aw92/dboowasys921.xwdevkit/xwd_init?gbe.isgbetol/xs_start_neu/&p_aid=i&p_aid=78688165&nummer=594&p_sprache=D&p_indsp=50537&p_aid=86384456#SEARCH=%2522hautkrebs%2522 ; Zugriff: 21.01.16.

Gegenwärtig wird mit der Einführung einer Neuorganisation der bislang in Teilen primär bevölkerungsbezogenen Erfassungsform eine bundesrechtliche Vorgabe zur flächendeckenden Einführung auch eines klinischen Krebsregisters bis 2018 umgesetzt („Berliner Krebsregister“). Damit stehen dann noch bessere Informationen auch zu Therapie und Krankheitsverlauf für alle Bezirke zur Verfügung.

Effektive Prävention gegen die gefährlichen UV-Strahlen (wie Mittagssonne meiden, Sonnenschutz etc.) können oft durch Einzelne durchgeführt werden; besonders vulnerable Gruppen sind Säuglinge, Kleinkinder, Kinder: die epidermalen Stammzellen liegen hier dichter unter der Hautoberfläche und UV-Strahlung daher stärker ausgesetzt. Auch wegen des weiter bestehenden Forschungsbedarfs ist eine aussagefähige Statistik in diesem Bereich sehr wichtig. Trotz Einführung der Meldepflicht ist die Rate der ärztliche Meldungen von Neuerkrankungen an die Berliner Erfassungsstelle noch optimierungsfähig.⁵⁴ Neben der Temperatur ist der Niederschlag eine wichtige Klimavariablen. Längere Trockenphasen erhöhen das Waldbrandrisiko und damit auch die Feinstaubbelastung im Stadtgebiet.

In niederschlagsreichen Sommern begünstigt die erhöhte Luftfeuchtigkeit die Entstehung von gesundheitsschädlichen Schimmelpilzen in Wohnungen und auf Lebensmitteln. Zudem werden hohe Temperaturen bei hoher Luftfeuchtigkeit als belastender empfunden als bei niedriger Luftfeuchte.

4.2.1.2 Maßnahmen

Maßnahmen im Handlungsfeld Menschliche Gesundheit, Bevölkerungsschutz müssen sowohl die breite Masse der Bevölkerung adressieren, als auch institutionelle Akteure und Organisationen.⁵⁵ Sie lassen sich unten den Begriffen „Stärkung der Eigenvorsorge“ und „Stärkung der Fremdvorsorge“ subsumieren.

Nr.	Maßnahme
Stärkung der Eigenvorsorge	
MGBS-1	Ausbau von Frühwarnsystemen
MGBS-2	Steigerung der körperlichen Fitness
MGBS-3	Anpassung der Medikation und Beratung
Stärkung der Fremdvorsorge	
MGBS-4	Rettungsdienste und Katastrophenschutz aufstocken
MGBS-5	Schwerpunktprogramm Klimaanpassung (Alten-)Pflege
MGBS-6	Schwerpunktprogramm Klimaanpassung Krankenhausbereich
MGBS-7	Sicherstellen einer ausreichenden Trinkversorgung
MGBS-8	Anpassung/Verbesserung des Arbeitsschutzes

⁵⁴ Vgl. Gemeinsames Krebsregister der Länder Berlin, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt und der Freistaaten Sachsen und Thüringen (Herausgeber) (2015): Krebsinzidenz und Krebsmortalität 2009-2012 im Erfassungsgebiet des Gemeinsamen Krebsregisters. Jahresbericht; Fälle sind hier aufgeschlüsselt z.B. nach Geschlecht, nach Bezirk u.a. aufbereitet. Die Melderate wird mit < 80% angegeben. Dieser Umstand wird z.T. kompensiert durch die Übermittlungen der Leichenschauischeine durch die Gesundheitsämter an das Gemeinsame Krebsregister. Dabei werden sowohl die erhaltenen Daten abgeglichen, als auch Fälle erstmals aufgenommen, die noch nicht gemeldet wurden. – Dennoch gilt: Eine ausreichende empirische Datengrundlage („Vollständigkeit“) ist Voraussetzung für die dringend benötigte statistische Auswertung. In anderen Bundesländern geht man dieses Problem mit finanziellen Sanktionen an (z.B. in NRW) – dies ist in Berlin (noch) nicht der Fall; sollte evtl. zukünftig als ultima ratio in Erwägung gezogen werden.

⁵⁵ Für eine ausführlichere Darstellung der Maßnahmenblätter sei auf die jeweiligen Maßnahmenblätter im Anhang (→ Kap. 10) verwiesen.

MGBS-9	Flexibilisierung von Arbeits- und Öffnungszeiten
MGBS-10	Hitzeangepasste Speise- und Getränkeangebote in Kantinen und Gaststätten
MGBS-11	Erforschung und Bewertung klimabedingter Gesundheitsrisiken
MGBS-12	Berücksichtigung von Allergiefolgen bei der Landschaftsplanung

Tabelle 14: Maßnahmenvorschläge im Handlungsfeld Gesundheit und Bevölkerungsschutz – Übersicht.

4.2.2 Gebäude, Stadtentwicklung, Grün- und Freiflächen

Das Handlungsfeld Gebäude, Stadtentwicklung, Grün- und Freiflächen (GSGF) stellt einen Schlüsselbereich der städtischen Vulnerabilität im Zeichen des Klimawandels und zugleich ein zentrales Handlungsfeld für deren Verminderung im Rahmen städtischer Anpassungsstrategien dar.⁵⁶ Dies hat bereits der Stadtentwicklungsplan (StEP) Klima 2011 deutlich gemacht und durch eine Vielzahl von Analysekarten und Handlungsoptionen belegt (SENSTADTUM 2011).

Im Rahmen des AFOK geht es darum, aufbauend auf den dort festgehaltenen Erkenntnissen, das Handlungsfeld GSGF in einen größeren Zusammenhang der sektoralen Verwundbarkeit und ihrer Interdependenzen mit anderen Sektoren zu stellen.

Städtische Dichte hat im Zeichen des Klimawandels eine scheinbar gegensätzliche Bedeutung. Sie geht einher mit einer höheren Interaktionsdichte und positiven Skaleneffekten, die sich etwa in guten Auslastungsquoten für den öffentlichen Personennahverkehr niederschlagen oder in einer hinreichend hohen Anschlussdichte für das städtische Fernwärmenetz. Auch bei Flächenverbrauch (als ökologischer Komponente) schneidet die verdichtete urbane Siedlungstypologie besser ab als etwa die Einfamilienhaussiedlung am Stadtrand oder im Speckgürtel. Aus Klimaschutzgründen ist städtische Dichte daher zu begrüßen, und Nachverdichtung ist eine sinnvolle Strategie, um Wachstumsdruck klimafreundlich ins Stadtgebiet zu integrieren (vgl. HIRSCHL / REUSSWIG/ WEIß et al. 2015). Die dichte Stadt ist die Stadt der kurzen Wege und bleibt damit das Leitbild zum urbanen Klimaschutz.

Auf der anderen Seite ist es gerade die bauliche und Bevölkerungsdichte, die den städtischen Raum überdurchschnittlich stark dem Klimawandel exponiert und ihn anfällig macht für seine Folgen. Zur höheren Expositionsstärke des verwundbaren Inventars treten im Falle des Siedlungstyps Stadt noch eine Reihe vulnerabilitätssteigernder Eigenschaften, die allesamt die gebaute städtische Umwelt zum tendenziell riskanten Nachteil ihrer Bewohner/-innen geraten lassen:

- Versiegelte Stadtoberflächen verhindern das rasche Versickern von Niederschlägen und leiten das sich sammelnde Wasser an möglicherweise unerwünschte Stellen.
- Versiegelte Flächen verhindern auch die Verdunstung aus Boden und Vegetation und die damit verbundene Abkühlung.
- Die Oberfläche der Stadt – speziell der Dächer, Fassaden und Straßen – sind oft dunkel und reflektieren die Sonneneinstrahlung kaum, sondern heizen sich auf.
- Der umbaute Raum hindert den Luftstrom und damit den Luft- und Wärmeaustausch.
- Die Stadt ist voller großer und kleiner Wärmequellen, die das Stadtgebiet zusätzlich aufheizen. So geben die Autos Wärme dezentral ab, Kühlanlagen von Kaufhäusern und klimatisierten Bürogebäuden an bestimmten konzentrierten Orten.
- Die komplexe Stadtstruktur mit ihrem modifizierten Mesoklima schafft vielfältige mikroklimatische Nischen, von denen einige noch ungünstigere Wirkungen auf Mensch und Gesundheit haben als die Stadt im Durchschnitt.

Im Ergebnis sind Städte weltweit messbar wärmer als ihre ländliche oder auch suburbane Umgebung. Der Fachterminus für diese thermische Besonderheit lautet ▶ “städtische Wärmeinsel“ (*Urban Heat Island*, UHI).⁵⁷ Je nach geographischer Lage und Stadtstruktur können die Temperaturunterschiede zwischen Stadt und ländlicher Umgebung 5-10 °C betragen, in Einzelfällen sogar bis zu 15 °C (ARNFIELD 2003, KUTTLER 2004, OKE 2011). Auch Berlin ist eine solche städtische Wärmeinsel, insbesondere in seinen inneren, dichter bebauten und versiegelten Gebieten (vgl. Abbildung 43).

⁵⁶ Das Klimawirkungsmodell des Sektors „Gebäude, Stadtentwicklung, Grün- und Freiflächen“ (GSGF) findet sich in Teil II des AFOK-Endbericht (→ Kap. 11).

⁵⁷ Der Erste, der das Phänomen des *Urban Heat Island*-Effektes gemessen hat, ist der Brite Luke Howard gewesen, der 1818 London und seine Umgebung verglichen hatte. Die zweite Stadt, in der dieser Effekt nachgewiesen wurde, war Paris, das Emilien Renou Mitte des Jahrhunderts thermisch genauer unter die Lupe nahm. Anfang des 20. Jahrhunderts konnte Wilhelm Schmidt dasselbe Phänomen in Wien nachweisen, danach wurde es in den USA gemessen (GARTLAND 2008: 2). Die erste Messung dieses Effekts in Berlin konnte nicht ermittelt werden.

Im Vergleich zum weitgehend offenen Umland (blaue und dunkelblaue Zonen) weisen die stark modifizierten Gebiete der Kernstadt (orange) Temperaturdifferenzen von über 5 °C im langjährigen Mittel (1961-1990) auf. Die Tagesamplitude der Lufttemperatur in diesen hoch urbanen Zonen liegt im Herbst bei unter 6,8 °C, im dünn besiedelten Umland bei über 10,4 °C. Innenstädtische Bereiche kühlen nachts deutlich weniger ab – im Sommer ist dieses Phänomen sogar noch ausgeprägter. FENNER/ MEIER/ SCHERER et al. (2014) berichten, dass die höchste Differenz zwischen Innenstadt und Umland in Sommernächten auftritt und rd. 10 °C beträgt. Auch die Schwülebelastung ist dann in der Stadt deutlich höher. Umgekehrt gibt es im Herbst in der Stadt deutlich weniger Frosttage (<11 Tage) als im Umland (>31 Tage).

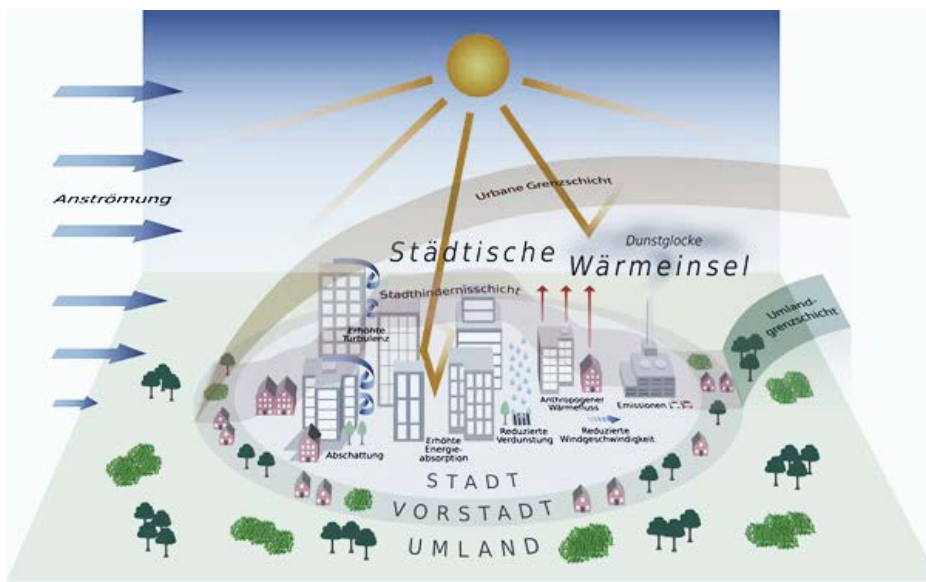


Abbildung 43: Schematische Darstellung der städtischen Wärmeinsel. Quelle: DEUTSCHER WETTERDIENST.⁵⁸

Durch den Wärmeaustausch zwischen bodennaher Luft, Boden und Grundwasser manifestiert sich der städtische Wärmeinsel-Effekt auch in den Stadt-Land-Temperaturgradienten des Bodens und des oberflächennahen Grundwassers. In 20 Metern Tiefe bestehen im Berliner Raum Temperaturunterschiede von ca. 5 °C, und von mehr als 4 °C im Grundwasser (HENNING/ LIMBERG 2012).

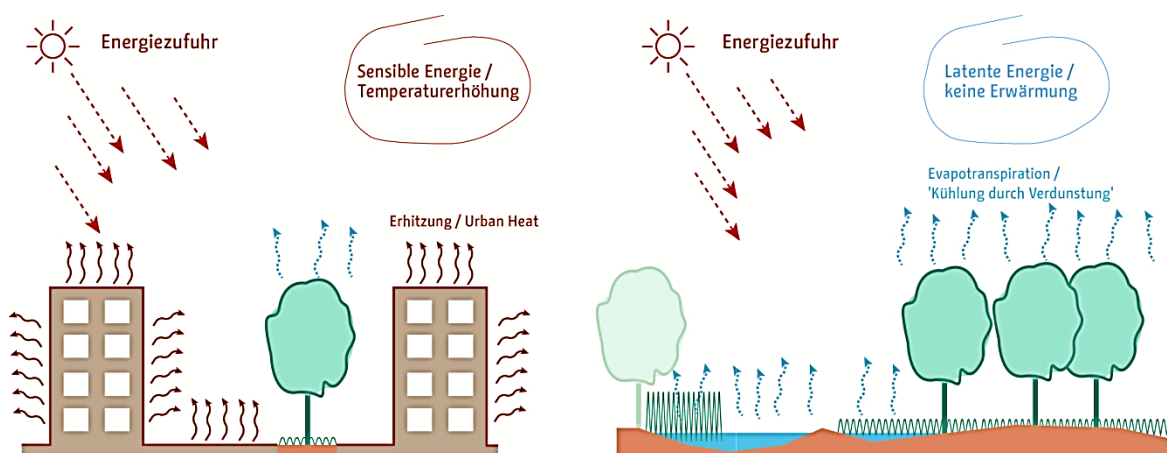


Abbildung 44: Veränderung der klimatischen Situation bei unterschiedlicher Verdunstungskapazität von Oberflächen führt zu sensibler (links) und latenter (rechts) Energie. Quelle: BBSR 2015b: 38; Grafik BGMR LANDSCHAFTSARCHITEKTEN, verändert.

⁵⁸ Siehe im Internet: http://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaforschung/klimawirk/stadt/pl/projekt_waermeinseln/projekt_waermeinseln_node.html.

Die städtische Hitzeinsel ist ein fraktales Phänomen, d.h. Temperaturdifferenzen finden sich auch innerhalb des Stadtgebiets je nach Bebauungsdichte, Versiegelungsgrad, Vegetationsbedeckung und verwendeten Materialien/ Oberflächen. An einem Mittag im Sommer können über Dächern 50-55 °C gemessen werden, über exponierten Straßen und Parkplätzen 40-45 °C, an sonnenbeschienenen Wänden 30-40 °C, an Oberflächen unter schattigen Bäumen 22-27 °C und auf schattigem, bewässerten Rasen 15-20 °C (OKE 2011).

Diese Werte variieren zudem im Tagesgang. Ein der Sonnenstrahlung exponiertes, mit Teerpappe gedecktes Dach kann bei Sonnenaufgang 18 °C aufweisen und heizt sich am Mittag auf über 60 °C auf, um nach Sonnenuntergang gut 20 °C zu erreichen. Asphalt (unter Sonne) kommt morgens auf gut 23 °C, heizt sich mittags auf 44,5 °C auf und kühlt abends auf 21 °C ab. Die schattige Wiese dagegen hat morgens 20,4 °C, mittags 25,7 °C und abends 21,4 °C, heizt sich also aufgrund der spezifisch biologisch-physiologischen Prozesse der Vegetation erst gar nicht so stark auf (WEBER 2013: 112). Verantwortlich dafür sind unterschiedliche Wärmeabsorptions- und Strahlungsreflexionsraten der jeweiligen Oberflächen. Ausschlaggebender Faktor für das Aufheizen oder die Kühlwirkung von Flächen ist der Grad der Verdunstung. Vegetationsflächen mit einer großen Blattoberfläche und einer guten Wasserversorgung können viel Wasser verdunsten. Sonnenenergie wird damit in *latente Wärme* überführt, die nicht zu einer starken Temperaturerhöhung führt. Auf versiegelten Flächen kann Wasser nicht verdunsten, es entsteht die *sensible Energie*, die eine deutliche Temperaturerhöhung mit sich bringt (Abbildung 44, oben).

Wesentliches Kriterium für die Temperaturerhöhung bzw. Kühlung ist die Verfügbarkeit von Wasser für die Verdunstung. Ist dies nicht gegeben, können trockene Rasenflächen sogar heißer als befestigte Flächen werden (Abbildung 45).

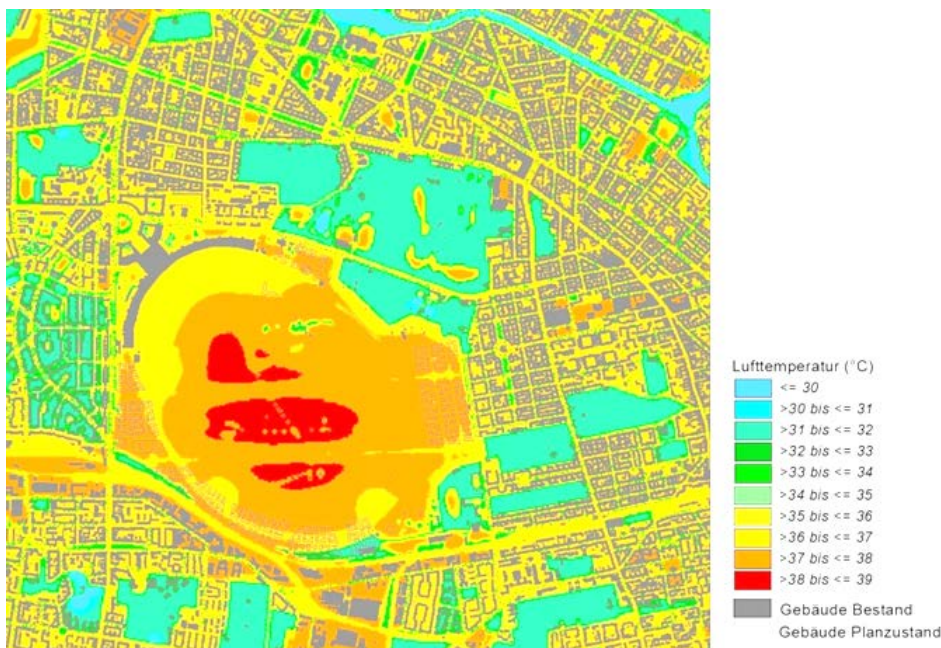


Abbildung 45: Bodennahe Lufttemperatur auf dem Tempelhofer Feld um 14 Uhr. Die Rasenflächen des Flugfeldes sind 2 bis 3 Grad wärmer als das betonierte Vorfeld. Die westlich gelegene Gartenstadt ist aufgrund des Baumbestandes deutlich kühler. Bäume können Wasser auch nach längeren Trockenperioden verdunsten. Nachts verändert sich die Situation wiederum grundlegend (nicht dargestellt). Quelle: SENSTADT 2009.

Die funktionale Abhängigkeit der städtischen Temperaturdifferenzen von Bebauungs- und Vegetationsdichte kann auch für die gesamte Stadt Berlin nachgewiesen werden. Ordnet man die Berliner Bezirke nach dem Grad ihrer Versiegelung (Prozentanteil bebauter und Verkehrsfläche) aufsteigend an, dann sieht man zudem, dass gerade in höher versiegelten Gebieten auch die Temperaturdifferenz zwischen einem Wohngebiet und einer Grünfläche größer ist (vgl. Abbildung 46).

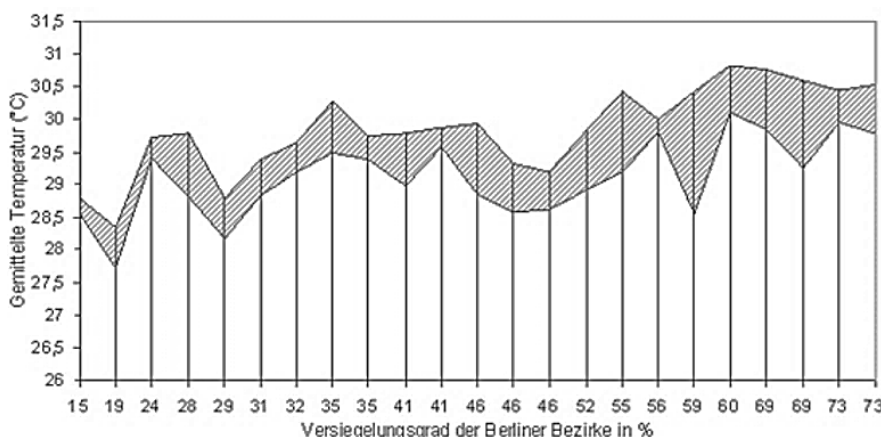


Abbildung 46: Veränderung der mittleren Landoberflächentemperatur einer bebauten Fläche (Wohngebiet – obere Kurve) gegenüber einem begrünten Areal (Grünflächen – untere Kurve) in Abhängigkeit vom Versiegelungsgrad der Berliner Bezirke, ermittelt aus Satellitendaten. Quelle: WEBER 2009: 97.

Entsiegelungsmaßnahmen oder die Aufwertung von Grünflächen haben also gerade dort die größten Temperaturentlastungseffekte, wo die Versiegelung und damit der städtische Wärmeinsel-Effekt am größten sind. Das ist eine wichtige Feststellung mit Blick auf mögliche Anpassungsmaßnahmen in diesem Sektor (→ Kap. 4.2.2) und verweist darauf, dass das Phänomen der urbanen Hitzeinsel im Klimawandel nicht zwangsläufig verstärkt werden muss. Durch geeignete Anpassungsmaßnahmen kann auch die dicht bebauten Stadt in bestimmten, noch auszuführenden Grenzen so „herabgekühlt“ werden, dass von ihrer Struktur und Charakteristik keine (zusätzliche) Gefährdung für Gesundheit und Wohlbefinden ihrer Bewohner/-innen ausgehen muss.

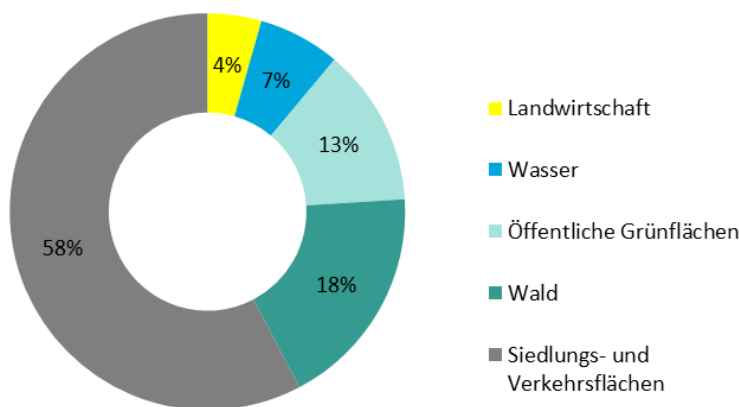


Abbildung 47: Landnutzungsclassen in Berlin am 31.12.2014. Quelle: SENSTADTUM 2015e.

Die Ausgangsbedingungen dafür sind in Berlin zunächst nicht schlecht (vgl. Abbildung 47): Trotz der für den urbanen Raum charakteristischen Dominanz von Siedlungs- und Verkehrsflächen (57,7% oder 51.469 ha) spielen die Flächentypen Wald (18,3% oder 16.323 ha), öffentliche Grünflächen (12,9% oder 11.533 ha) sowie Wasserflächen (6,7% oder 5.961 ha) eine wichtige Rolle. Auch Landwirtschaftsflächen (4,4% oder 3.882 ha) weisen eine klimatische Entlastungsfunktion auf.

Die Berliner Bezirke weisen dabei recht unterschiedliche Verteilungen der verschiedenen Nutzungstypen auf (vgl. Abbildung 48). In Mitte, Friedrichshain-Kreuzberg oder Neukölln dominieren die typisch innerstädtischen Nutzungen (Wohnen, Kerngebietsnutzungen, Gewerbe, Verkehr), während in weiter außen gelegenen Bezirken wie Treptow-Köpenick, Pankow oder Reinickendorf ein flächenmäßig eher ausgewogenes Verhältnis zwischen „urbanen“ und „grünen“ Nutzungen (Wasser, Wald, Parks, Landwirtschaft) besteht.

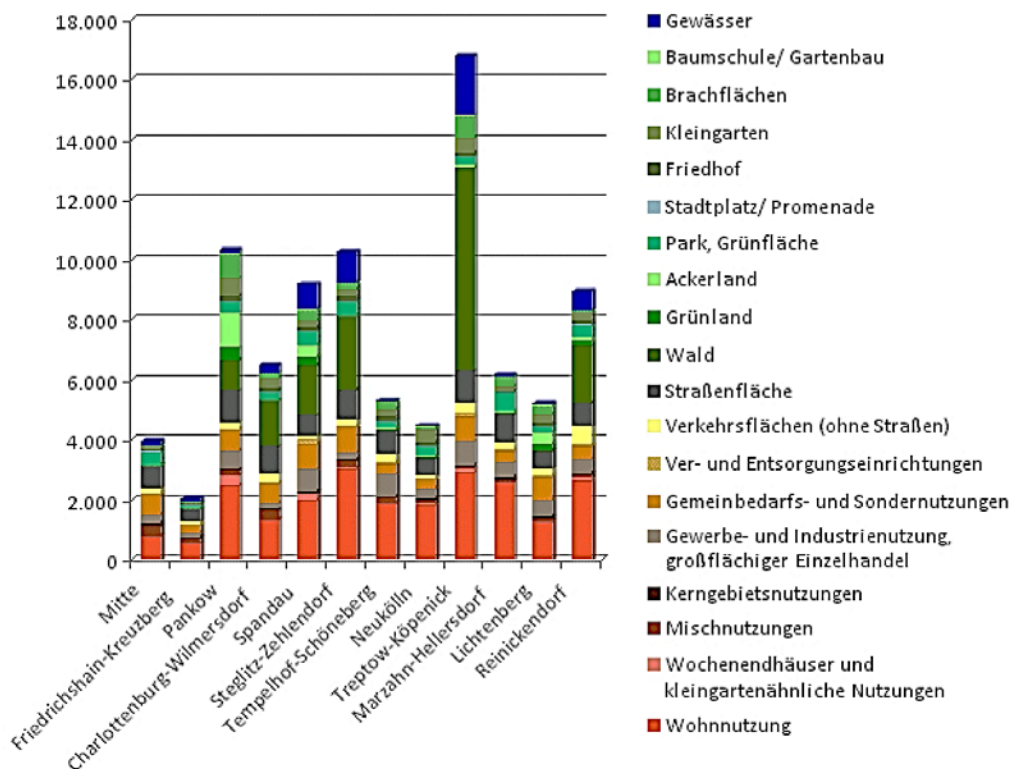


Abbildung 48: Flächenanteile verschiedener Nutzungen an der Gesamtfläche der Berliner Bezirke in ha.
 Quelle: SENSTADTUM 2015d: 12.

Trotz dieser relativ guten Grünflächenausstattung in Berlin insgesamt bleibt das Faktum bestehen, dass Berlins Stadtstruktur bereits heute ein messbar anderes Klima zur Folge hat als sein Umland. Es gibt nun zwei treibende Faktoren, die dieses Element der Vulnerabilität Berlins für den Klimawandel in Zukunft – ohne Anpassungsmaßnahmen – verstärken werden: der Klimawandel und das Stadtwachstum. Über den ersten Faktor wurde in Kapitel 3 berichtet. Der zweite Faktor wird vorwiegend im vorliegenden Sektor GSGF abgehandelt, aber auch im Sektor Industrie, Gewerbe und Finanzwirtschaft.

Stadtwachstum als Herausforderung

Eine zentrale Herausforderung für die Anpassung an den Klimawandel in Berlin stellt das *Stadtwachstum* dar. Berlin wächst – sowohl wirtschaftlich als auch hinsichtlich seiner Bevölkerung. 2014 betrug das Wachstum des realen Bruttoinlandsprodukts 2,2% – in ganz Deutschland wuchs es im gleichen Zeitraum nur um 1,6%.⁵⁹ Am 31.12.2014 betrug die Berliner Wohnbevölkerung (Hauptwohnsitz) 3.562.166 Einwohner/-innen.⁶⁰ Die Bevölkerung Berlins wächst seit einigen Jahren in beträchtlichem Umfang. In den Jahren 2011 bis 2014 hat Berlin rund 135.000 Personen hinzugewonnen. Dies liegt knapp über der oberen Prognosevariante der noch aktuellen Bevölkerungsprognose für Berlin und die Bezirke 2011 - 2030. Allein 2014 kamen netto 44.700 Neubürger/-innen hinzu (AFS 2015d). Die im Jahr 2015 enorm angestiegenen Flüchtlingszahlen sind dabei noch nicht berücksichtigt.

⁵⁹ Vgl. SENWTF 2015.

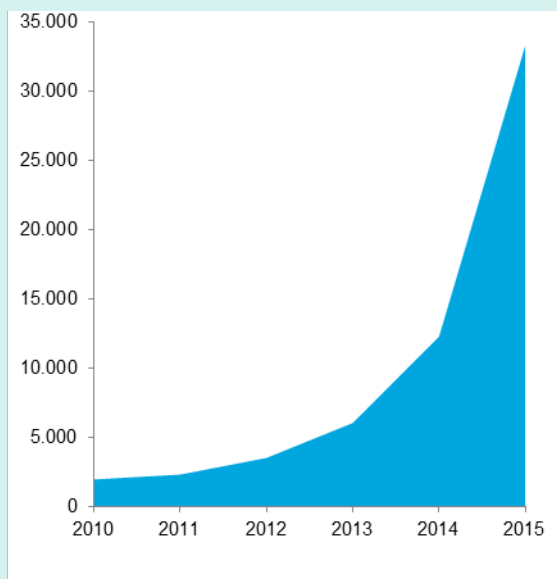
⁶⁰ Diese Zahl basiert auf den Daten des Einwohnermelderegisters des Landesamtes für Bürger- und Ordnungsangelegenheiten Berlin. Die Methodik des Melderegisters weicht von der des Mikrozensus im Jahre 2011 ab, die Bevölkerungszahlen nach Melderegister sind etwas höher. Aus Konsistenzgründen orientiert sich AFOK an den Daten des Melderegisters sowie an den darauf aufbauenden Bevölkerungsprognosen der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt.

Box 4: Klimafolgen aufgrund internationaler Interdependenzen am Beispiel von „Klimaflüchtlingen“

Die meisten Folgen des Klimawandels – wie z.B. vermehrt auftretenden Hitzewellen oder Starkregenereignisse – treffen das Berliner Stadtgebiet *unmittelbar*. Andere Folgen des Klimawandels treffen andere Regionen oder Metropolen – z.B. in Asien oder Afrika – und scheinen auf den ersten Blick weit entfernt. Und doch können auch sie – *mittelbar* – in Berlin manifest werden, sodass auch im Falle solcher „indirekter Klimafolgen“ Vulnerabilitäten auszuloten und Anpassungsbedarfe festzustellen sind.

Ein Beispiel für solche indirekten Klimafolgen zeigt sich in der Form von Migrationsbewegungen. Die Dynamiken von Migration und Flucht weltweit werden gegenwärtig auch (und zukünftig vermutlich immer mehr) durch die Folgen des Klimawandels bestimmt. Neben politisch motivierter Flucht identifiziert etwa das BMZ als eine weitere Ursache für Migration „...zunehmende Umweltzerstörungen und die bereits spürbaren Auswirkungen des Klimawandels.“ und konstatiert weiter: „Die Schätzungen, wie viele Menschen durch die globale Klimaerwärmung gezwungen sein werden auszuwandern, gehen weit auseinander. Sie reichen von 25 Millionen bis zu 1 Milliarde Menschen.“ (siehe BMZ o.J.).

Das Thema Flüchtlinge/ Migration spielt in Deutschland gegenwärtig eine große Rolle. Auch in Berlin haben diese Entwicklungen einigen Anpassungsdruck erzeugt – nicht zuletzt mit Blick auf die Bevölkerungsprognose. Ablesbar ist die Bedeutsamkeit dieser Entwicklung etwa am sprunghaften Anstieg der Asylbewerbungen (vgl. Abbildung 49).



Im ersten Halbjahr 2016 wurden in Berlin bereits 20.876 Anträge auf Asyl gestellt (BAMF 2016b: 7). Wirtschaftliche und politische Fluchtmotive dominieren gegenwärtig. Aber sie sind oft mit Klimafolgen verwoben und die Bedeutung des Klimawandels als treibender Faktor der Migrationsdynamik nimmt zu.

Zum einen deshalb, weil die Verschiebung längerfristiger Klimaparameter wie der Temperatur- und Niederschlagsmuster oder des Meeresspiegels die Lebensbedingungen vieler Menschen vor allem im ländlichen Raum

massiv beeinträchtigt, so dass sie an dem konkreten Ort keine Perspektive für sich und ihre Kinder mehr sehen.⁶¹

Zum anderen verändert der Klimawandel auch die Statistik von Wetterextremen. Viele Menschen verlassen Wohngebiete und Lebensräume, weil ein verheerender Hurrikan, eine langanhaltende Dürre oder eine Flutkatastrophe ihnen die Lebensgrundlagen entzogen haben – oft in Verbindung mit mangelnder Hilfe und/ oder Staatsversagen vor Ort. In den Jahren 2008-2013 waren durchschnittlich 26,4 Mio. Menschen jährlich aufgrund solcher Extremereignisse auf der Flucht – mehr als aufgrund politischer Ereignisse oder militärischer Gewalt (IDMC 2015).

Die letzte Entscheidung von Menschen, ihren angestammten Lebensraum temporär oder dauerhaft zu verlassen, ist dann in der Regel durch vielfältige Faktoren bestimmt und nicht leicht zu erfassen. So vermitteln etwa der Grad der Anfälligkeit des Landwirtschaftssektors oder die Stärke sozialer Netzwerke zwischen dem Klimasignal und der konkreten Fluchtentscheidung (CONIGLIO/ PESCE 2011). Der Großteil der Flüchtlinge des Jahres 2015 in Deutschland kam aus Syrien, die meisten davon auf der Flucht vor Bürgerkrieg und Vertreibung. Eine nähere Analyse der Ausgangsbedingungen dieses Bürgerkrieges deutet allerdings darauf, dass neben den direkten politischen Faktoren auch Fehlentscheidungen in der Agrarpolitik und eine vermutlich durch den globalen Klimawandel ausgelöste regionale Dürre der Jahre 2007-2010 für eine Binnenmigration von rd. 1,5 Mio. Menschen in die Städte verantwortlich war, die dort zu erheblichen Verwerfungen geführt hat (KELLEY/ MOHTADI/ CABE et al. 2015).

Der bislang noch ungebremsste Klimawandel wird aller Voraussicht nach in Zukunft noch stärker zu der komplexen Gemengelage von Fluchtursachen beitragen (IDMC 2015). Davon wird tendenziell auch Berlin weiter betroffen sein mit den entsprechenden Herausforderungen und Chancen auch im Kontext der wachsenden Stadt.

„Berlin ist keine Insel“ - Andere potenzielle Bereiche für grenzüberschreitend wirksame Folgen des Klimawandels auf Berlin sind z.B. internationale Verkehrswege sowie Strom- und Gasnetze, grenzüberschreitende Tiertransporte, der internationale Warenhandel oder Reiseverkehr. Wenn auch im AFOK die *direkten* Folgen für Berlin im Vordergrund stehen, werden doch auch ausgewählte *indirekte* Folgen an verschiedenen Stellen thematisiert.

Abbildung 49: Entwicklung der Anzahl der Asylanträge in Berlin (2010 – 2015); Quelle: BAMF 2016a: 5.

⁶¹ Wegen der faktischen Verwobenheit verschiedener Fluchtursachen lassen sich einzelne Menschen i.d.R. nicht einfach als „Klimaflüchtlinge“ bezeichnen. Eine Ausnahme bilden Menschen, die unmittelbar durch die Vernichtung (z.B. Überflutung) ihrer Lebensgrundlagen (als Folge des Klimawandels) zur Migration gezwungen wurden oder werden: sie lassen sich zweifellos auch individuell als „Klimaflüchtlinge“ bezeichnen. Diese Problematik betrifft z.B. viele in der AOSIS zusammengeschlossenen Bevölkerungsgruppen zu.

Mehr Menschen bedeuten aus rein stadtplanerischer Sicht aber auch: mehr Wohnungen, mehr Verkehrsaufkommen, mehr Arbeitsplätze, mehr Schulen, mehr Krankenhäuser, mehr Energie, mehr Ressourcen etc. Und praktisch alle diese funktionalen Ansprüche übersetzen sich in *zusätzliche Raumansprüche*. Dem muss sich die Stadtpolitik stellen. Der Stadtentwicklungsplan Wohnen (StEP Wohnen) aus dem Jahr 2014 erwartete zwischen 2012 und 2025 eine Zunahme der Bevölkerung um rund 239.000 Einwohner/-innen. Das daraus resultierende Wachstum der Haushaltszahlen erforderte im gleichen Zeitraum ein Neubauvolumen von etwa 137.000 Wohnungen. Das entspricht einer Neubauleistung von etwa 10.000 Wohnungen pro Jahr. Gegenwärtig wird ein Wohnungsneubaubedarf von 15.000 bis 20.000 im Jahr ermittelt.

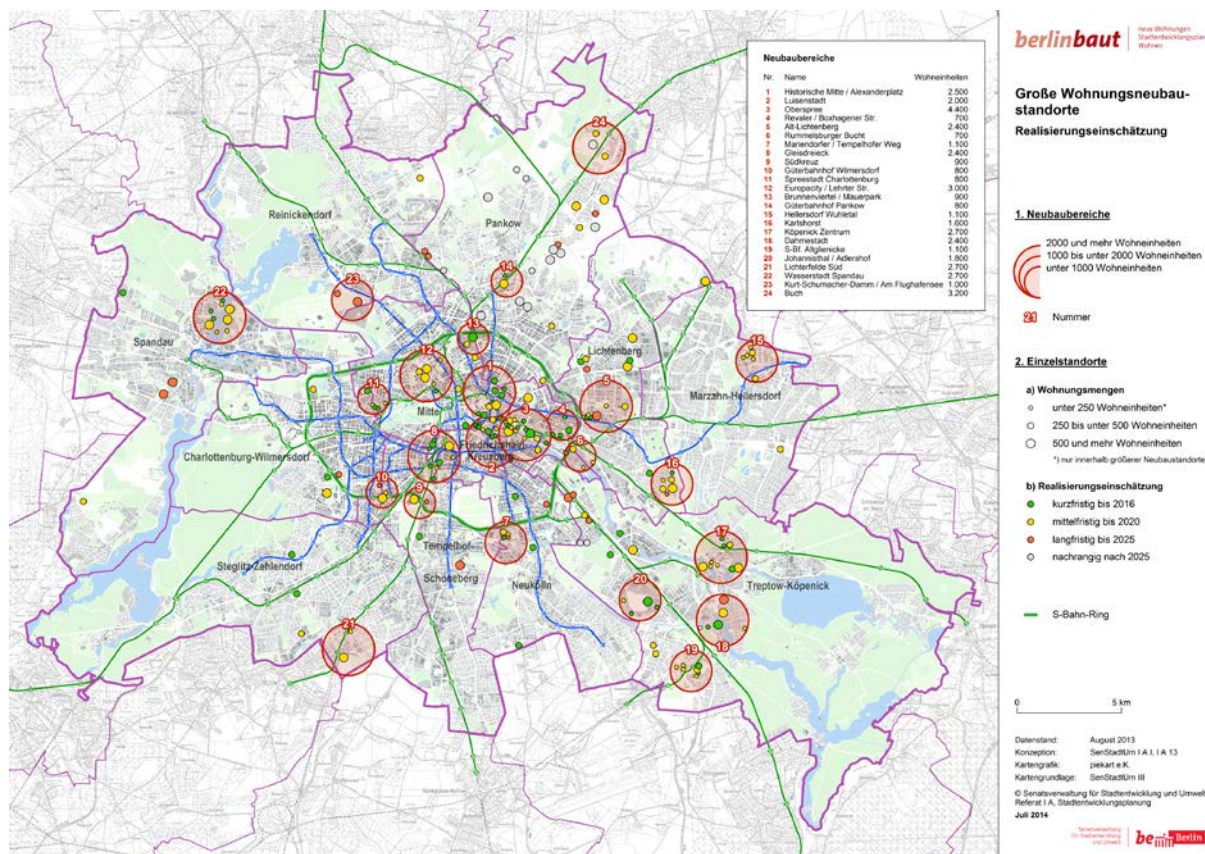


Abbildung 50: Realisierungseinschätzung großer Wohnungsneubaustandorte bis 2025 und danach. Quelle: SENSTADTUM 2014a: 17.

Die räumlichen Schwerpunkte dieses Bedarfs (vgl. Abbildung 50) liegen mehrheitlich in den oder am Rande der Verdichtungsgebiete/n, im innerstädtischen Bereich oder in den Kerngebieten der äußeren Stadt.

Im Bündnis für Wohnungsneubau zwischen Senat und den Wohnungs- und Bauwirtschaftlichen Verbänden (SENSTADTUM 2014b) verpflichteten sich beide Seiten zu vermehrten Anstrengungen, um diesen Wohnungsbedarf – möglichst auch durch bezahlbaren Wohnraum – zu decken. Seitens des Senats wird eine verstärkte Koordination mit den Bezirken zugesagt, außerdem eine Stärkung der Bauverwaltungen, die Neuausrichtung der Liegenschaftspolitik oder der Ausbau der Wohnungsbauauf Förderung. Die Einhaltung von baukulturellen und Nachhaltigkeitszielen soll dabei gewährleistet sein.⁶²

4.2.2.1 Vulnerabilitäten

Dennoch wird Berlin durch mehr Einwohner/-innen und mehr Gebäude größer, dichter und damit vulnerabler für den kommenden Klimawandel werden. Anforderungen der Klimaanpassung werden umso wichtiger.

Mit steigender Einwohnerzahl erhöht sich auch der *Nutzungsdruck auf die Freiräume*. Durch klimatische Veränderungen ist die Vegetation in den Grünräumen zusätzlichem Stress ausgesetzt. Gleichzeitig gewinnt

⁶² Zum Spannungsverhältnis „Wachsende Stadt – Nachhaltige Stadt“ siehe z.B. MENZEL 2004.

die Funktion von Freiräumen als klimatische Ausgleichsräume zunehmend an Bedeutung. Im Klimawandel kommt den Freiräumen, bei steigenden Anforderungen, eine Schlüsselrolle zu. Diese werden zu einem ausschlaggebenden Bestandteil einer lebenswerten Stadt. Wo die Ausstattung mit Grün- und Freiflächen gering ist, besteht angesichts des Klimawandels besondere Vulnerabilität mit potenziell gravierenden Folgen für die örtliche Wohnbevölkerung⁶³.

Es wird also – ganz im Sinne des Nachhaltigkeitsbezugs im Bündnis für Wohnungsneubau – zentral darauf ankommen, das zukünftige Stadtwachstum von den negativen Auswirkungen des zukünftigen Klimawandels zu entkoppeln. Nur so kann Berlin seine Lebensqualität und damit auch die Attraktivität als Wohn- und Arbeitsstandort aufrechterhalten.

Mit Blick auf die Vulnerabilität Berlins in diesem Handlungsfeld ist festzuhalten: Der durch den Klimawandel sehr wahrscheinlich zunehmende „Hitze-komplex“ (mehr heiße Tage, mehr Hitzewellentage, wärmere Sommer) führt – zusammen mit der Verstärkung des städtischen Wärmeinsel-Effekts – dazu, dass die Hitzebelastung der Menschen im Stadtgebiet zunimmt. Es ist davon auszugehen (vgl. SENSTADTUM 2011, 2015b), dass dies im Wesentlichen zwei Ausprägungen annimmt: Zum einen wird sich die Belastung in den bereits heute als bioklimatisch ungünstig eingestuften Gebieten weiter erhöhen, zum anderen dürfte sich die städtische Hitzeinsel Berlins geographisch weiter ausbreiten und auch Gebiete am Rande der heutigen innenstädtischen Verdichtungs-zonen betreffen.

Letzteres ist insbesondere dann der Fall, wenn – wie aktuell geplant – der zunehmende Bevölkerungsdruck durch wohnungs- und städtebauliche Projekte in den Außenbezirken aufgefangen wird. Die wohnungs- und städtebaulichen Projekte innerhalb des S-Bahn-rings können dazu beitragen, dass die erhöhte Exposition durch klimatische Änderungen durch eine erhöhte Sensitivität aufgrund von höherer Gebäude- und Versiegelungsdichte verstärkt wird. Ohne das Ergreifen zusätzlicher Anpassungsmaßnahmen sowohl beim Neubau als auch beim Bestand führen beide Faktoren nicht nur zu erhöhten potenziellen Schäden (→ Handlungsfeld Gesundheit, Kap. 4.2.1), sondern auch zu einer erhöhten Vulnerabilität des gesamten Stadtgebiets.

Mehr sommerliche Hitze – der Stadtkörper erwärmt sich

Gebäude und die Stadtoberfläche heizen sich auf – speziell „dunkle“ Oberflächen mit geringer Albedo – und beeinträchtigen die Wohn- und Lebensqualität in Gebäuden und im öffentlichen Raum.

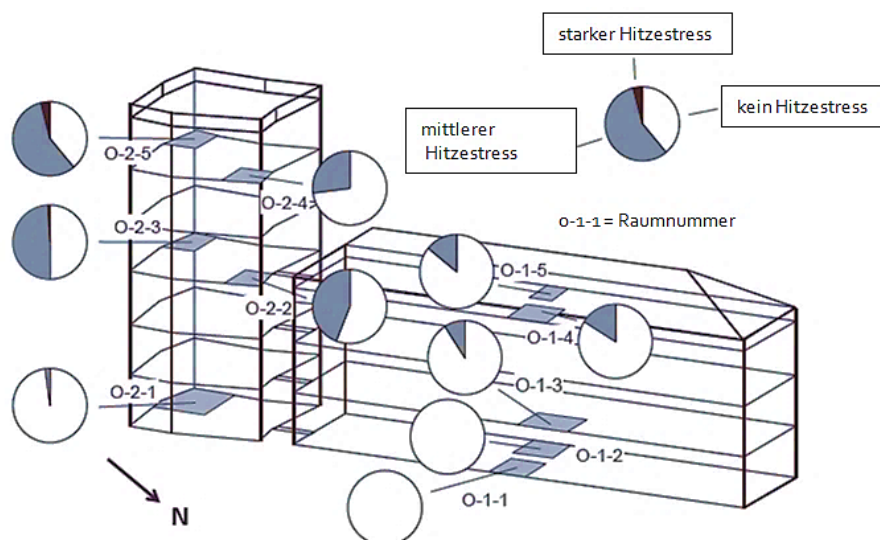


Abbildung 51: Verteilung des Hitzestresses in zwei Berliner Nichtwohn-Gebäuden in den Sommermonaten 2011/ 2012. Quelle: LANGNER et al. 2014: 267 (Eigene Übersetzung).

⁶³ Der Grad der Ausstattung mit Grün- und Freiflächen wird auch in der Karte zur Umweltgerechtigkeit im Berliner Umweltatlas ausgewiesen (vgl. SENSTADTUM 2015c).

Die Erhöhung der Innenraumtemperatur am Arbeitsplatz und in öffentlichen Gebäuden und Schulen wirkt sich auf Konzentrations- und Leistungsfähigkeit aus, die ab 25° C deutlich abnimmt (vgl. BBSR 2015a). Hier können durch Produktivitätsverluste negative Folgen für die Berliner Wirtschaft entstehen (→ Kapitel 4.2.6). Neben der Lage des Gebäudes im Stadtraum spielen für die Innenraumtemperatur auch die Ausrichtung, die Beschaffenheit und die technische Ausstattung des Gebäudes eine entscheidende Rolle (vgl. Abbildung 51, oben). An diesen Faktoren können die Anpassungsmaßnahmen sowohl für Bestands- als auch für Neubaugebäude ansetzen (→ Kapitel 4.2.2.2).



Abbildung 52: Gleisdreieckpark in Berlin – Wohlfühlräume mit Sonne und Schatten. Quelle: Foto bgmr Landschaftsarchitekten.

Der Klimawandel wird zu einem erhöhten Kühlbedarf in Gebäuden in Berlin führen. Dieser wird je nach Gebäudeart, Eigentumsstruktur, Wissen und Einstellungen der Nutzer/-innen und nicht zuletzt auch je nach verfügbarem Einkommen ganz unterschiedlich gedeckt werden. Das Spektrum reicht von *Low-Tech-* und *Low-Cost-*Strategien wie Rollläden, Jalousien, Pflanzkübeln, Sonnen- oder gar Regenschirmen bis hin zu großen Kühlanlagen in verschiedenen technologischen Ausführungen. Die heißen Sommer der letzten Jahre haben – im Zusammenhang mit der Verbreitung von Klimaanlage in Autos – dazu geführt, dass immer mehr mobile Einzelgeräte zur Raumkühlung (sog. Monogeräte) von Privatpersonen gekauft wurden (vgl. GRÄBER 2013). Sie haben einen moderaten Anschaffungspreis (ca. 250 €), lassen sich leicht installieren und leiten die heiße Innenluft über einen Luftschlauch nach außen. Diese Geräte haben einen hohen Stromverbrauch und laufen damit den Anstrengungen zum Klimaschutz zuwider. Somit wird der zunehmende „Hitzekomplex“, unter dem Berlin im Zuge des Klimawandels vermehrt zu leiden haben wird, zu einem Anstieg der Kühlnachfrage und damit – unter sonst gleichbleibenden Bedingungen – zu einer erhöhten Stromnachfrage führen. In Untersuchungen des Umweltbundesamtes wird von einem moderaten Anstieg des Strombedarfs für Klimatisierung und Lüftung in privaten Haushalten bis 2030 ausgegangen, allerdings werden im Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistungen teilweise sehr markante Anstiege prognostiziert (MATTHES et al. 2013).

Sollte es nicht gelingen, alternative Formen der Stadt-, Raum- und Gebäudekühlung zu realisieren und sollte der Anteil der erneuerbaren Energien im Berliner Strommix nicht ebenfalls steigen, konterkariert der Klimawandel damit das Klimaneutralitätsziel des Landes Berlin, vor allem in den Handlungsfeldern Wirtschaft sowie Private Haushalte und Konsum des Berliner Energie- und Klimaschutzprogramms (HIRSCHL/ REUSSWIG/ WEIß et al. 2015a).

Zunehmende Hitze- und Trockenperioden – Freiflächen unter Stress

Der sich in Berlin verstärkende „Hitze-Komplex“ wird, vor allem in Kombination mit ebenfalls vermehrt zu erwartenden *Trockenperioden*, auch die städtischen Grün- und Freiflächen (Wälder siehe Kapitel 4.2.4) negativ beeinträchtigen. Freiflächen gewinnen als klimawirksame Ausgleichsflächen für die heiße Stadt zunehmend an Bedeutung. Grün- und Freiflächen wirken, wenn sie in Hitzeperioden ausreichend mit Wasser versorgt sind, als ‚urbane Kühltürme‘, d.h. als klimatisch ausgleichende Elemente in der versiegelten Stadtstruktur, die dem Wärmeinsel-Effekt entgegenwirken.

Die Freiräume haben allerdings eine sehr unterschiedlich ausgeprägte Wirkung. Hitzestress und Trockenheit, steigender Nutzungsdruck, eine aus klimatischer Sicht „falsche“ Gestaltung oder mangelnde Pflege und Wasserversorgung können diese in ihrer Wirksamkeit stark mindern.

Wenn Pflanzen nicht ausreichend mit Wasser versorgt werden, können die Flächen ihre Kühlwirkungen durch ▶ *Evapotranspiration* (Verdunstung über Boden und Vegetation) für die umliegenden erhitzten Stadtquartiere nicht entfalten. Wie das Beispiel des Tempelhofer Feldes zeigt, heizt sich ein ausgetrockneter sonnenexponierter Rasen tagsüber genauso stark oder sogar stärker auf als z.B. eine Betonfläche.

Den AFOK-Klima-Szenarien zufolge wird es zukünftig vermehrt zu anhaltenden Trockenperioden kommen, die das städtische Grün vor neue Herausforderungen stellen werden. Bäume geraten vermehrt unter Trockenheitsstress, Kalamitäten können zunehmen, der Pflegeaufwand erhöht sich. Die Kosten für Pflege und Bewässerung der Grünanlagen und Freiflächen überfordern viele Bezirke aber bereits heute schon (vgl. BACKES/ KLEMM 2015): Im Hitzesommer 2015 wurden z.B. in Friedrichshain-Kreuzberg Anwohner/-innen vom Bezirksstadtrat gebeten, die 650 jungen Bäume im Bezirk zu wässern. In Pankow können aufgrund finanzieller Engpässe verschiedene Bewässerungsanlagen für viele Parks seit Jahren nicht repariert, d.h. nicht benutzt werden.

Dabei sind kühle grüne Rückzugsorte in der wachsenden Stadt besonders wichtig. Das Wachstum Berlins übt einen gewissen Druck auf die Mieten und Immobilienpreise aus, die trotz der Bemühungen der Politik weiter anziehen könnten. Der öffentliche Raum, speziell die kühleren Grünflächen Berlins, könnte auch deshalb eine höhere Bedeutung und eine gestiegene Nutzungsintensität erfahren, insbesondere bei sozial schlechter gestellten Gruppen, die sich weder große Wohnungen in weitgehend unbelasteter Wohnlage noch teure Gebäude-/Wohnungsklimatisierung leisten können.⁶⁴ Intensive Nutzung des städtischen Grüns, Stress der Vegetation in Trockenperioden und beschränkte Mittel für die Pflege und die Unterhaltung der Grünflächen können in der Stadt im Klimawandel zur Minderung der Freiraumqualitäten und damit zu Einschränkung der Lebensqualität in der Stadt führen. Die Vegetation (vor allem Bäume) wird aufgrund der zunehmenden Hitze und Trockenheit unter Stress geraten. Nachpflanzung, Bekämpfung von Schädlingen, Verbesserungen der Standortbedingungen können zu erheblichen Kosten führen. Schon heute übernimmt auf ausgewählten Grünflächen im Bezirk Charlottenburg-Wilmersdorf die BSR Pflege- und Bewässerungsaufgaben in Abstimmung mit dem Grünflächenamt (→ Kap. 4.2.5). Kooperationen dieser Art könnten in Zukunft noch erforderlicher werden. Auch die Auswahl angepasster Arten (→ Kap. 4.2.5) ist geboten.

Mehr Starkregen – die überflutete Stadt

Auch wenn das Thema Hochwasser von Flüssen in Berlin eine vergleichsweise geringe Relevanz aufweist, kommt es doch besonders im Zuge von Starkregenereignissen bereits heute immer wieder zu urbanen Überflutungen („pluviales Hochwasser“). Hiervon sind Gebäude, Verkehrswege und kritische Infrastrukturen betroffen. Vor allem im Bereich der Panke sind innerstädtische Räume mit einem hohen Schadenpotenzial betroffen. Die Hochwassergefährdung der Panke führt dazu, dass Neubauten im Einzugsbereich der Panke besondere Auflagen zu beachten haben, damit das Hochwasserrisiko nicht weiter zunimmt.

Im Zuge des Stadtwachstums ist eine höhere Verdichtung und Versiegelung der Stadt zu erwarten, die den Effekt solcher Starkregenereignisse noch verschärfen wird, falls keine Gegenmaßnahmen ergriffen werden. Den Klimaprojektionen zufolge sind jedoch genau diese Starkregenereignisse in Zukunft vermehrt zu erwarten – Berlin muss sich also darauf vorbereiten, nicht nur in diesem Handlungsfeld (→ Kap. 4.2.3, Handlungsfeld Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft).

⁶⁴ Die Umweltgerechtigkeitskarte des Berliner Umweltatlas zeigt, dass gerade sozial schwächere Gruppen in Berlin auch häufig in Stadtgebieten wohnen, in denen die Ausstattung mit Grünflächen (Größe, Erreichbarkeit) besonders schlecht ist (SENSTADTUM 2015c). Der Nutzungsdruck gerade auf diese erreichbaren Flächen dürfte besonders ansteigen.

Box 5: Vulnerable Gebäude und Quartiere

Die dichte, kompakte Stadt ist aus Gründen des Klimaschutzes ein zentrales Leitbild, da sie bei einer guten Mischung von Nutzungen die Wege verkürzt, die Auslastung des ÖPNV fördert. Damit können vor allem im Verkehrs-

sektor in Größenordnungen CO₂-Belastungen gemindert werden. Die dichte, hoch versiegelte Stadt ist allerdings auch gegenüber klimatischen Extremen besonders empfindlich.

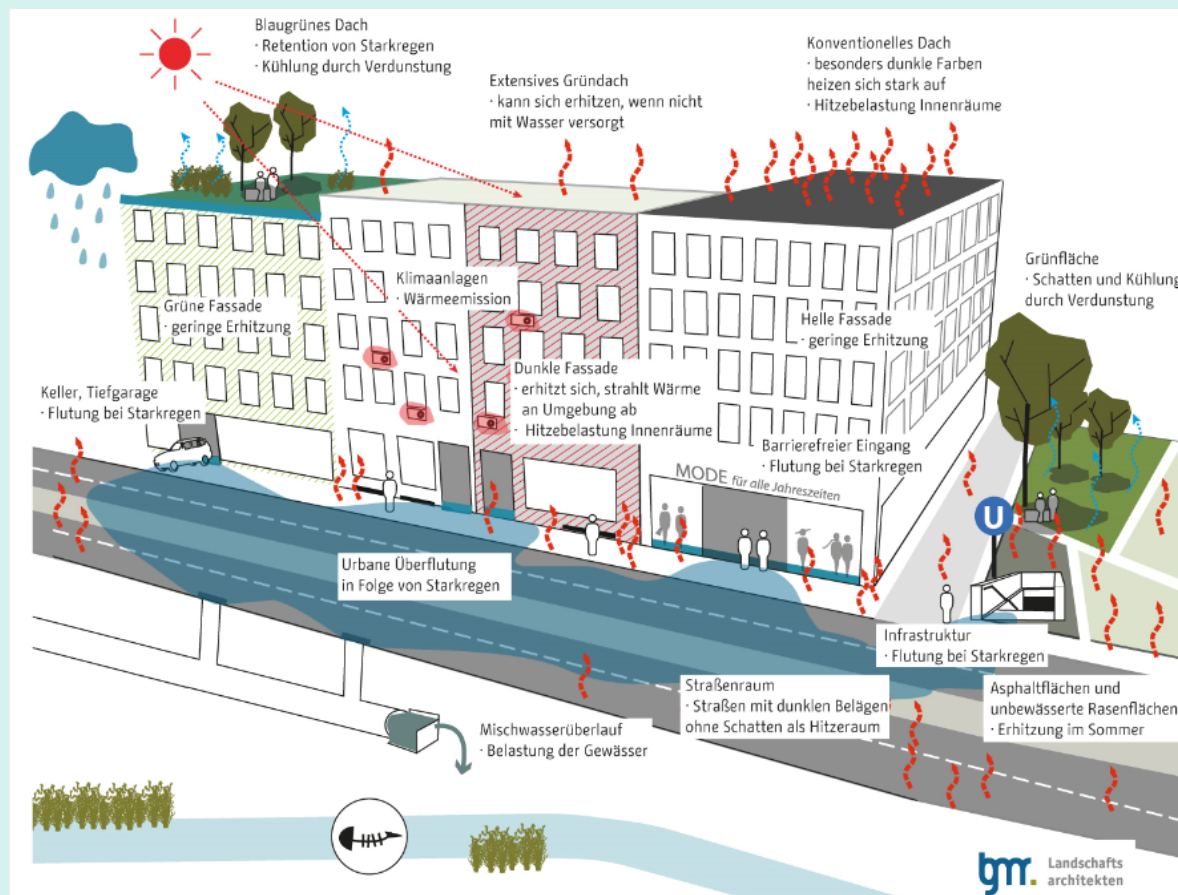


Abbildung 53: Vulnerable Gebäude und Quartiere. Quelle: StEP Klima KONKRET 2016, SENSTADTUM /BGMR.

Die hohe Versiegelung führt zum Aufheizen der Flächen. Sonnenenergie kann nicht durch Verdunstung in latente Energie, die nicht zu einer Erhitzung von Oberflächen führt, umgewandelt werden. Damit verstärkt sich der *Urban Heat Island*-Effekt.

Dunkle, raue Oberflächen von Fassaden, Dächern und befestigten Flächen weisen einen schlechten **Albedo** oder **Solar Reflectance Index** auf (SLG 2014) – die Sonneneinstrahlung wird nicht reflektiert sondern führt zur Aufheizung. Die Gebäude und Oberflächen der Stadt heizen sich auf. Die Innentemperaturen in Wohnungen oder Arbeitsstätten steigen an. Straßen mit dunklen Belägen werden zu Hitzebändern in der Stadt.

Wohnungen, wie häufig bei 4-Spänner-Grundrissen oder in Kleinwohnungen, können nicht quergelüftet werden. Damit wirken nächtliche Abkühlungen begrenzt. Vor allem in längeren Hitzeperioden führt dies zu Belastungen in den Wohnungen.

Starkregenereignisse führen zur urbanen Überflutung. Vor allem barrierefrei angelegte Geschäfte oder Wohnungen, aber auch bestimmte Infrastrukturen wie die U-Bahnen sind besonders gefährdet, wenn das Regenwasser von privaten Grundstücken oder öffentlichen Räumen nicht schnell genug abfließen kann. Da in Berlin keine Gefahrenkarten zur urbanen Überflutung zur Verfügung stehen, können Gegenmaßnahmen nicht gezielt in Risikogebieten entwickelt werden.

In baulich dichten Gebieten sind die Folgen von Starkregenereignissen besonders gravierend. Die stadtweite zunehmende bauliche Verdichtung, die meist mit der Abnahme von Oberflächen mit Versickerungs- und Rückhaltefunktionen einhergeht, kann bei Starkregen zu urbanen Überflutungen führen.

Sind Infrastruktur und Gebäude nicht ausreichend geschützt, werden diese oft empfindlich getroffen und es kommt zu hohen, besonders auch monetären Schäden. Bei einer bundesweiten Betrachtung treten Schäden aus urbanen Überflutungen und Hochwasser an Gebäuden, die versichert sind, in durchschnittlichen Jahren mit 30.000 bis 80.000 Fällen auf. Hierbei ist zu beachten, dass lediglich ca. 40% der Gebäude bundesweit versichert sind. Die Schadenhöhe liegt zwischen 80 und 190 Mio. € (GDV 2015) (→ Kap. 6).



Abbildung 54: Überflutungsmulde im Park. Foto: BGMR (links). Synergieeffekte: Kombi-nutzung der Dachfläche für PV und Dachbegrünung trägt zur Konfliktentschärfung in der wachsenden Stadt bei (Foto: OPTIGRÜN INTERNATIONAL) (rechts).

Milde Winter – Reduzierung des Winterdienstes

Es gibt einige Auswirkungen des Klimawandels, die einen positiven Effekt im Handlungsfeld aufweisen, wie etwa die Abnahme der Eis- und Schneetage (z.B. Minderung des Tausalzeinsatzes und damit Verbesserung der Standortverhältnisse für Straßenbäume) oder die Erhöhung der Durchschnittstemperaturen im Winter (Reduzierung des Gebäudewärmebedarfs). Aber Vorsicht: Winterliche Kälteeinbrüche wird es auch in Zukunft immer wieder geben. Die entsprechende Infrastruktur (wie z.B. Winterräumfahrzeuge) wird nach wie vor vorzuhalten sein (→ Kap. 4.2.5).

Transsektorale Klimafolgen

Klimatische Wirkungen auf das Handlungsfeld Gebäude, Stadtentwicklung, städtische Grün- und Freiflächen wirken in Folge auch auf andere Sektoren. Die Stadt ist der Raum, der verknüpft und Wechselwirkungen erzeugt. Die Gleichzeitigkeit von Hitze und längerer Trockenheit führt dazu, dass die Verdunstung von Wasser über wasserversorgte Vegetation und feuchten Boden (Evapotranspiration) in Grünflächen und damit die Kühlwirkung eingeschränkt wird. Damit wärmen sich die Stadträume weiter auf, die nächtliche Kühlung wird gemindert. Die Lebensqualität wird eingeschränkt, in überhitzten Arbeitsräumen wird die Leistungsfähigkeit gemindert, die Gesundheit der Menschen wird gefährdet. Die Nachfrage nach energieintensiven Klimaanlage steigt, wenn die Gebäude nicht anderweitig angepasst werden – was das Ziel einer klimaneutralen Stadt untergräbt. Eine Betrachtungsweise, die transsektorale Auswirkungen einschließt, ist folglich unumgänglich.

4.2.2.2 Maßnahmen

Die Maßnahmen im Handlungsfeld Gebäude, Stadtentwicklung sowie Grün- und Freiflächen begegnen in erster Linie den Herausforderungen der zukünftig zunehmenden Hitze- und Starkregenereignisse, gegenüber denen eine besondere Vulnerabilität im Handlungsfeld besteht. Die Anpassungsmaßnahmen lassen sich in ihrer Ausrichtung auf drei Ebenen verorten: Maßnahmen, die zur klimatischen Qualifizierung der Stadt beitragen, also Maßnahmen, die im städtischen Raum wirken, instrumentelle und organisatorische Maßnahmen, die zur Umsetzung beitragen und Maßnahmen, die der Information und Sensibilisierung dienen.

Maßnahmen zur klimatischen Qualifizierung der Stadt

Als eine Schlüsselstrategie erweist sich die Qualifizierung von Freiflächen und gebautem Stadtkörper. Grünflächen und die Stadtoberfläche insgesamt können bei klimaoptimierter Gestaltung einen höheren positiven Beitrag zur stadtklimatischen Regulierung leisten – etwa indem die Wasserverfügbarkeit für den Pflanzenbestand verbessert und damit ihre Verdunstungskapazität erhöht wird.

Berlins Anteil an Grün- und Freiflächen beträgt fast 44% der Gesamtfläche der Stadt (vgl. SENSTADTUM 2012). Dies stellt ein großes Potenzial dar, das für die Klimaanpassung genutzt werden könnte. Die Klimawirksamkeit hängt dabei nicht allein von der Größe der Fläche ab, sondern auch von ihrer Lage und konkreten Ausgestaltung. Bei höherem Grünvolumen kann auch eine kleinere Fläche viel für das Stadtklima tun – vor allem, wenn sie sich in ein städtisches Netzwerk der Grün- und Freiflächen einfügt.

So kann trotz Nachverdichtung und Neubebauung der Verlust von Grünflächen durch eine Qualifizierungsstrategie zumindest in gewissen Grenzen kompensiert werden. Werden Maßnahmen in ohnehin stattfindende Um- und Neubauprozesse integriert, ist meist auch eine kostengünstige Umsetzung möglich. Neben dem Effekt einer Minderung der Klimafolgen können darüber hinaus gleichzeitig vielfältige positive städtische Qualitäten erzielt werden, etwa das Schaffen neuer Wohlfühlorte, Bewegungs- und Begegnungsräume.



Abbildung 55: Mögliche Anpassungsmaßnahmen im Stadtstrukturtyp Verdichtete Blockrandbebauung, StEP Klima KONKRET; Quelle: STEP KLIMA KONKRET, SENSTADTUM/BGMR 2016.

Auf gesamtstädtischer Ebene geht es um den Erhalt der großflächigen Ausgleichsräume, die über weite Strecken von Rändern zur gebauten Stadtstruktur großräumige Kühlwirkung haben, wenn die entsprechenden Frischluftschneisen zur Verfügung stehen (GSGF-1).

In räumlichen Klimaanalysen (siehe z.B. die Planungshinweiskarte Stadtklima) zeigt sich, dass für die Wirkung in den Quartieren besonders das qualifizierte kleinteilige Grün für klimatischen Ausgleich sorgt. Durch die Schaffung von für den Klimawandel qualifizierten öffentlichen Grün- und Freiflächen sowie Straßenräumen und Plätzen („Wohlfühlorte“) (GSGF-2) soll das Ziel der wohnungsnahen klimaoptimierten Begrünung und die breitere Einführung von entlastenden Aufenthaltsorten für die Anwohner/-innen erreicht werden.

Insbesondere in hitzebelasteten Stadtgebieten kann durch die Neuanlage von Grün- und Parkanlagen, die Sicherung und Erhöhung des Anteils der Straßenbäume, die Erhöhung des Verdunstungspotenzials in Hitzeperioden sowie die Errichtung von Trinkbrunnen eine merkliche Entlastung erreicht werden. Die gezielte Anlage von „feuchten Flächen“ in der Stadt, die vor allem in den Trocken- und Hitzeperioden mit Wasser versorgt sind und so zur Kühlung beitragen, stellt eine wichtige Maßnahme dar. Sie zählt zu den Schlüsselmaßnahmen dessen, was hier „Schwammstadt“ genannt wird.

Neben der Schaffung neuer entlastender Freiräume ist die Sicherung, Qualitätssicherung und Steigerung der
▶ Resilienz des bestehenden Stadtgrüns (Grün- und Freiflächen, Straßenbäume) (GSGF-3) eine wichtige Stellschraube, klimatische Ausgleichsflächen zu entwickeln und zu erhalten. Eine nachhaltige Pflege ist wichtig, um die Wirksamkeit der Flächen zu sichern – dafür bedarf es einer entsprechenden finanziellen und personellen Absicherung.

Bei Neubauvorhaben besteht vielfältiges Potenzial, Maßnahmen der Klimaanpassung durch fachübergreifende Zusammenarbeit umfassend und dennoch ohne großen Mehraufwand/ Kostenerhöhungen umzusetzen. Die Entwicklung von Strategien zur klimatischen Entkoppelung von Neubauvorhaben (GSGF-4) trägt zur Umsetzung bei.

Zentrale Stellschraube bei der Anpassung der Stadt an die Doppelbelastung aus Hitze komplex und Starkregenereignissen ist die Klimatische Qualifizierung der Stadtoberfläche (GSGF-5). Einzelmaßnahmen und Strategien – wie die einer systematischen Dach-, Fassaden- und Hofbegrünung – tragen zur klimatischen Entlastung bei und sind mit positiven Nebeneffekten (Lebensqualität, Biodiversität etc.) verbunden. Um dem Hitze-Inseleffekt und der Entstehung von urbanen Überflutungen entgegenzuwirken, bestehen hier vielfältige technische und bauliche Möglichkeiten. Durch die Entwicklung einer Toolbox von Maßnahmen kann dem Bedarf an aktuellen differenzierten Informationen begegnet werden. Mit dem StEP Klima – konkret wird bereits ein wichtiges Modul geleistet.

Instrumentelle und organisatorische Maßnahmen

Für die Umsetzung der Anpassungsmaßnahmen bedarf es instrumenteller und organisatorischer Maßnahmen, mit denen eine verstärkte Berücksichtigung der Anpassungsbelange in bestehende Planungs- und Bauprozesse erreicht werden kann.

Das Zusammenwirken von Anpassungsmaßnahmen steigert ihre Wirksamkeit. Mit stadtteilorientierten Konzepten ist gezielt auf die Spezifika im jeweiligen Anforderungskontext zu reagieren (GSGF 6). In einzelnen Bezirken und Stadtquartieren liegen bereits solche Konzepte vor. Diese können weitergeführt und vertieft werden. Durch eine konzeptionelle Entwicklung in ressortübergreifenden Arbeitsgruppen und eine Stakeholdereinbindung können Projektarchitekturen geschaffen werden, die querschnittsorientierte Konzepte hervorbringen und Akzeptanz fördern.

Die Entwicklung innovativer Konzepte und Umsetzungsstrategien (vgl. GSGF-7) muss gefördert werden. Der Aspekt der Umsetzbarkeit von Maßnahmen und deren Zusammenwirken kann hier im „Reallabor“ überprüft werden. Schwerpunkt sind die klimatisch belastete Innenstadt und Maßnahmen, die die ▶ graue Infrastruktur (z.B. Regenwasserkanäle) durch eine ▶ grüne Infrastruktur (begrünte, dezentrale Versickerungsmulden) ersetzen oder die Systeme resilienter machen.

Bestehendes Wissen zu Anpassungsmaßnahmen wird oft noch nicht ausreichend in die Umsetzung transportiert, ist aber zentral, um eine Klimaanpassung als transsektorales Thema in der Stadtentwicklung umzusetzen (vgl. GSGF-8). Neben der strategischen Umsetzung von ausgleichend wirkenden Anpassungsmaßnahmen sollten ganz gezielt bioklimatische Erholungsräume für extreme Hitzeereignisse wie im Sommer 2015, bereitgestellt oder geschaffen werden. Solche Rückzugsorte – z.B. kühle öffentliche Gebäude, Rathäuser, Museen, Freibäder, Schulhöfe (an den Nachmittagen oder Wochenenden) - können spürbar zur körperlichen Entlastung beitragen (vgl. GSGF-9). Dieser Maßnahmentyp wird in Paris bereits seit einigen Jahren mit Erfolg praktiziert.

Die Stadt kann durch eine Vielzahl an Maßnahmen gekühlt werden. Mit einem Mehr an Schatten können angenehme Freiräume entstehen, die Aufheizung von Gebäuden gemindert, die Rückstrahlung erhöht werden. Maßnahmen der Klimaanpassung sollten schließlich nicht dazu beitragen, dass die Ziele des Klimaschutzes untergraben werden; daher ist die Ausbreitung konventioneller Klimalanlagen einzudämmen (vgl. GSGF-10).

Information und Sensibilisierung

Klimaanpassung in der Stadtentwicklung wird nur mit der Identifikation und Unterstützung durch ein breites Akteursspektrum umsetzbar sein. Die Informiertheit der Akteure, die Stadt entwickeln und bauen, ist besonders in der Periode städtischen Wachstums ausschlaggebend. Wissen über Möglichkeiten und Synergieeffekte, aber auch Herausforderungen gegenüber anderen Belangen ist die Voraussetzung, dass eine wirksame Umsetzung stattfinden kann. Im Rahmen der AFOK Stakeholdergespräche und Workshops zeigten sich ein breites Interesse und Umsetzungswillen verschiedener Akteure aber auch der Bedarf an gebündelten Informationen.

Ein Großteil des Neu- und Umbaus der Stadt, wie z.B. der Wohnungsneubau, wird durch Private umgesetzt und unterliegt nur geringfügig der Einflussnahme der öffentlichen Hand. Die Maßnahme GSGF-11 adressiert den Bedarf aufbereiteter Informationen für eine breit gefächerte Zielgruppe.

Das Prinzip der Schwammstadt adressiert integrativ die Herausforderung von zunehmenden Hitze- und Starkregenereignissen – durch das Rückhalten und Speichern von Wasser, wenn es „überschüssig“ vorhanden ist, und dessen Verdunstung über Boden und Pflanzen (Erzeugung von „Verdunstungskälte“) in Hitze- und Trockenperioden. Die „Initiierung einer Stadtdebatte zum Paradigmenwechsel Regenwassermanagement `Schwammstadt““ (vgl. GSGF-12) kann sensibilisieren; durch Fachdiskussionen kann Wissen zu Zielen, Strategien, Maßnahmen, Gewinnen und Herausforderungen generiert werden.

Nr.	Maßnahme
Maßnahmen zur klimatischen Qualifizierung der Stadt	
GSGF-1	Sicherung der klimatischen Entlastungsräume mit stadtweiter Bedeutung
GSGF-2	Schaffung von für den Klimawandel qualifizierten öffentlichen Grün- und Freiflächen sowie Straßenräumen und Plätzen – Wohlfühlorte
GSGF-3	Sicherung und Steigerung der Resilienz des bestehenden Stadtgrüns (Grün- und Freiflächen, Straßenbäume)
GSGF-4	Entwicklung von Strategien zur klimatischen Entkoppelung von Neubauvorhaben
GSGF-5	Klimatische Qualifizierung der Stadtoberfläche
Instrumentelle und organisatorische Maßnahmen	
GSGF-6	Entwicklung von integrierten Klimaanpassungskonzepten auf Quartiersebene/ Klimamanager
GSGF-7	Durchführung von Pilotprojekten zur Erprobung von Klimaanpassungsmaßnahmen (Förderung durch Beratung)
GSGF-8	Integration von Klimaanpassung in bestehende Planungsinstrumente
GSGF-9	Bereitstellung von kühleren Räumen in Hitzeperioden
GSGF-10	Begrenzung konventioneller Klimaanlagen in (Wohn-) Gebäuden
Information und Sensibilisierung	
GSGF-11	Verbesserung Information über gebäudebezogene Maßnahmen der Klimaanpassung für Private – Sensibilisierung für privaten Objektschutz für Mieter und Eigentümer
GSGF-12	Initiierung Stadtdebatte zum Paradigmenwechsel Regenwassermanagement „Schwammstadt“

Tabelle 15: Maßnahmenvorschläge im Handlungsfeld Gebäude, Stadtentwicklung, Grün- und Freiflächen – Übersicht.

4.2.3 Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft

Der städtische Wasserhaushalt ist durch seine enge Verknüpfung mit den globalen und regionalen Wasserkreisläufen unmittelbar von klimatischen Veränderungen betroffen.⁶⁵ Bevor konkret auf die Vulnerabilitäten eingegangen wird (Kap. 4.2.3.1) und Maßnahmenvorschläge entwickelt werden (4.2.3.2) sei hier zunächst die Bedeutung und Ausgangssituation im Handlungsfeld WW angesprochen.

Der über Berlin eingehende Niederschlag wird auf drei Wegen durch das Stadtgebiet geleitet: (1) Er verdunstet in die niederen Atmosphärenschichten und kehrt direkt in den Regenkreislauf zurück, (2) er versickert im Boden und reichert das Grundwasser an, (3) er fließt – zum weitaus größten Teil über die Kanalisation – in die Oberflächengewässer ab.

Berliner Wasserbilanz

Von den 521 Mio. m³, die über dem Stadtgebiet im langjährigen Durchschnitt jedes Jahr niedergehen, verdunsten 310 Mio. m³. Der mit 142 Mio. m³ zweitgrößte Teil des Niederschlagswassers versickert. Rund 69 Mio. m³ werden oberflächennah abgeleitet, davon 21 Mio. m³ über die Misch- und 48 Mio. m³ über die Trennkanalisation (Abbildung 56).

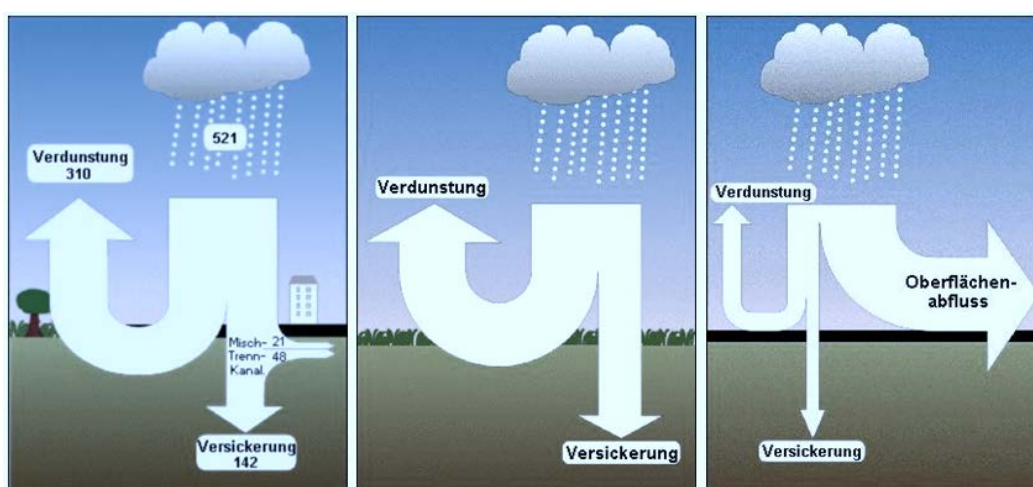


Abbildung 56: Links: Gesamtwasserhaushalt Berlins; langjährige Mittelwerte in Mio. m³ ohne Gewässer⁶⁶; Mitte: Wasserhaushalt Vegetationsfläche; rechts: Wasserhaushalt versiegelte Fläche.⁶⁷

Diese gesamtstädtische Wasserbilanz wird wesentlich durch die hydrologische Charakteristik der Stadt-oberfläche beeinflusst, die je nach Versiegelungsgrad und Vegetationsbestand sehr unterschiedlich ausfällt. Reich mit Vegetation bestandene, unversiegelte Flächen ohne Kanalisationsanschluss verdunsten und versickern mehr Wasser, während ihr Oberflächenabfluss Null beträgt (vgl. Abbildung 56, Mitte). Stärker versiegelte, vegetationsärmere und an die Kanalisation angeschlossene Flächen dagegen verdunsten und versickern wenig, leiten aber viel oberflächlich ab (vgl. Abbildung 56, rechts).

Wenn Wasser verdunstet, wird Energie umgewandelt. Der Verdunstungsvorgang „verbraucht“ Umgebungswärme und hat damit einen kühlenden Effekt für seine Umgebung. Je mehr Wasser eine Stadt verdunstet, desto kühler wird sie. Für das Wohlfühlen in der Stadt bei Hitzewellen wird es daher zukünftig stark davon anhängen, wieviel Wasser zur Kühlung der Stadt verdunsten kann. Entscheidend ist dabei nicht die Verdunstungsrate über das ganze Jahr, sondern die Verdunstung an heißen Tagen. Die besten Verdunstungsraten haben Böden und Pflanzen, wenn sie mit Wasser gut versorgt sind. Der Oberflächenabfluss und die Verdunstung sind damit wichtige Parameter in der Stadt im Klimawandel.

⁶⁵ Das Klimawirkungsmodell des Sektors „Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft“ (WW) findet sich in Teil II des AFOK-Endberichts (→ Kap. II).

⁶⁶ Quelle: Links: Umweltatlas, online: http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/e_abb/ac213_04.jpg; Zugriff: 11.11.15).

⁶⁷ Quelle Mitte und rechts: Umweltatlas, online: http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/dc213_01.htm; Zugriff: 12.11.15).

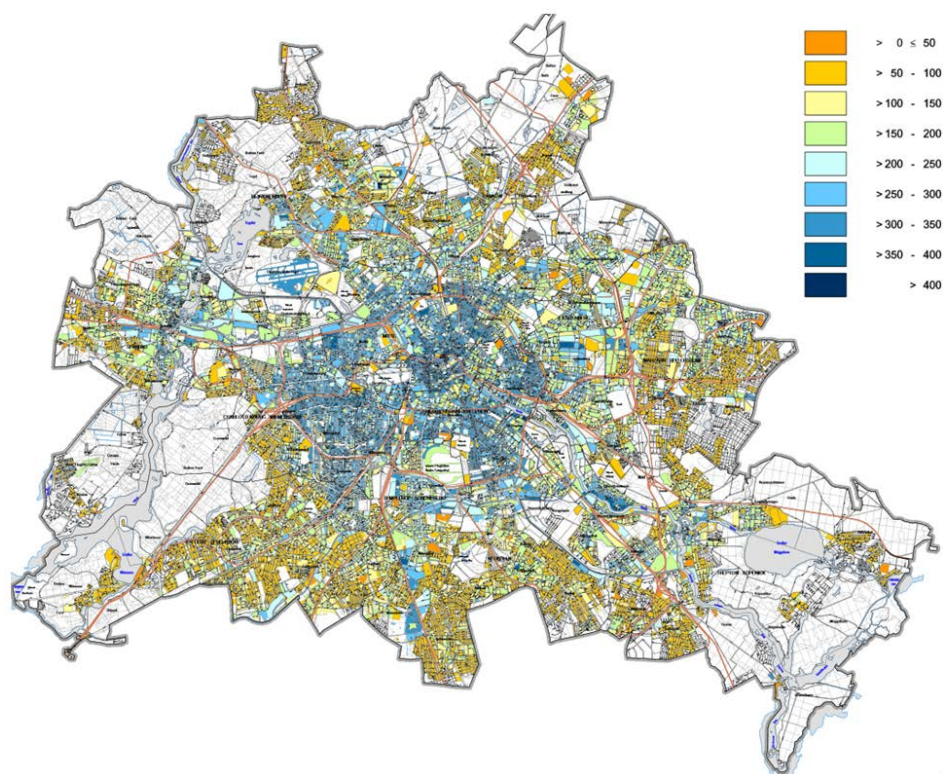


Abbildung 57: Oberflächenabfluss auf dem Berliner Stadtgebiet (Mittelwerte in mm/a).
 Quelle: UMWELTATLAS.⁶⁸

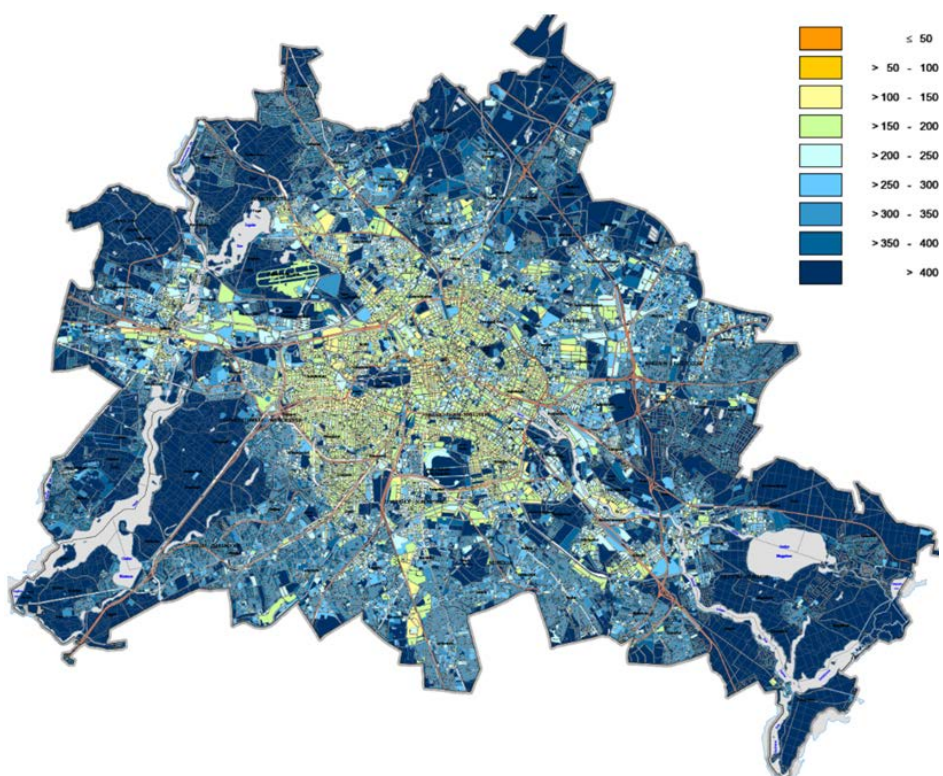


Abbildung 58: Verdunstung auf dem Berliner Stadtgebiet (Mittelwerte in mm/a).
 Quelle: UMWELTATLAS⁶⁹.

⁶⁸ Siehe online unter: http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/karten/pdf/02_13_1_2012.pdf.

⁶⁹ Siehe online: http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/karten/pdf/02_13_5_2012.pdf.

Die Verdunstung (Abb. 58) stellt sich nahezu als Umkehrbild des Oberflächenabflusses (Abb. 57) dar: Innerstädtische Lagen verdunsten relativ wenig Wasser – große Freiflächen wie der Tegeler Flughafen oder das Tempelhofer Feld verdunsten hier deutlich mehr. Je weniger dicht die Bebauung und Versiegelung, je höher der Vegetations-anteil, desto höher die Verdunstung.

Dort, wo die Stadt Abkühlung gebrauchen könnte, steht sie momentan nicht in ausreichendem Maße zur Verfügung. Ohne zusätzliche Anpassungsmaßnahmen wird sich der Versiegelungsgrad in der wachsenden Stadt erhöhen, die eingehenden Niederschläge werden direkt in die Vorfluter geleitet und stehen nicht für die Abkühlung zur Verfügung. Damit erhöht das nicht-klimangepasste Stadtwachstum die Anfälligkeit Berlins für die Folgen des Klimawandels.

Wasserver- und -entsorgung

Neben Bebauung und Versiegelung spielt die Infrastruktur der städtischen Wasserver- und -entsorgung eine wichtige Rolle für den städtischen Wasserhaushalt (vgl. Abbildung 59). In Berlin sind die Berliner Wasserbetriebe (BWB), Deutschlands größter kommunaler Wasserbetrieb, für Betrieb und Unterhalt dieser Infrastruktur zuständig. Die Trinkwassergewinnung Berlins (gelegen an der langsam fließenden und relativ wenig Wasser führenden Spree) erfolgt weitgehend aus dem Stadtgebiet selbst. Berlin benötigt daher keine Zuspiesung aus Trinkwasserbrunnen aus dem Umland. Die niederschlagsreichen Monate im Winterhalbjahr füllen die „Grundwasserbestände“ auf. Eine weitere wichtige Quelle des Trinkwassers ist die Wasserförderung aus dem Uferfiltrat der Flüsse.



Abbildung 59: Kernelemente der Berliner Wasserwirtschaft. Quelle: Joswig 2009.

Die hauptstädtischen Abwasserkanäle sind circa 9.690 Kilometer lang – das entspricht einer Strecke von Berlin bis Beijing. Sie bestehen aus Schmutzwasserkanälen (4.386 Kilometer), Regenwasserkanälen (3.310 Kilometer), Mischwasserkanälen (1.925 Kilometer) und Sonderkanälen (68 Kilometer). Damit entwässern die BWB etwa drei Viertel der kanalisierten Gebiete Berlins nach dem Trennverfahren und ein Viertel nach dem Mischverfahren. Das Nebeneinander von Trenn- und Mischkanalisation ist eine Besonderheit Berlins. Im Trennsystem leiten die BWB Schmutzwasser und Regenwasser in zwei voneinander getrennten Kanälen ab. So können die Schmutzwasserkanäle wegen des relativ konstanten Abwasseranfalls passgenau dimensioniert werden und Regenwasser kann direkt in das nächste Gewässer geleitet werden. Das Trennsystem dominiert in den Außenbezirken (Abbildung 60, S. 81). Das Mischsystem ist das ältere System und dominiert aus historischen Gründen in der gründerzeitlichen Innenstadt.

Um Kanäle und Klärwerke von zu großen Regenwassermengen zu entlasten, hat die BWB sowohl im Kanalnetz selbst als auch in der Nähe von Pumpwerken Stauräume bzw. Regenrückhaltebecken gebaut. Dort kann das Abwasser zwischengespeichert und zeitverzögert zum Klärwerk geleitet werden.

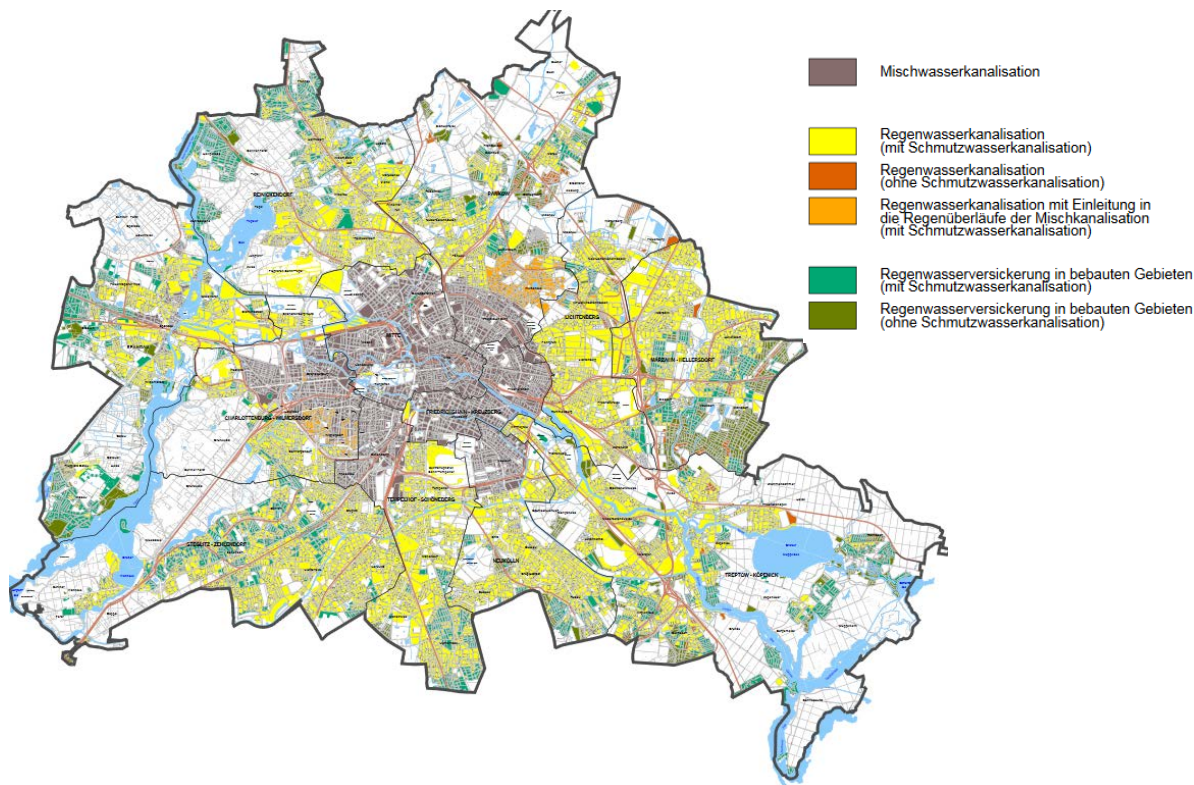


Abbildung 60: Art der Kanalisation. Quelle: Karte 02.09.1, Umweltatlas (Ausgabe 2012).

So sollen die Gewässer vor Schmutzfrachten geschützt werden. Pro Jahr gelangten rund 37 Mio. m³ Kubikmeter Regenwasser und bei Wolkenbrüchen weitere rund sechs Mio. m³ Mischwasser mit organischen Schmutz- und Nährstoffen (z. B. Reifenabrieb, Hundekot) und 40 Tonnen Nährstoffe (z. B. Phosphorverbindungen etwa durch Abwasser, Laub und Blütenstaub) der Regenkanalisation bzw. durch überlaufende Mischwasserkanäle in die Berliner Gewässer. Dies belastet insbesondere Spree, Havel und Schifffahrtskanäle sehr, da sie nur langsam fließen und im Sommer wenig Wasser führen. Die Stoffe lassen Algen wachsen, trüben das Wasser und zehren Sauerstoff, was oft Fischsterben verursacht.

Sauerstoffdefizite in Oberflächengewässern

Eine höhere Eutrophierung nach Überläufen der Mischwasserkanalisation bei Starkregenereignissen (historisch als „Notauslässe“ vorgesehen) stellt ein wiederkehrendes Risiko für die Fischbestände dar – das jüngste Beispiel war das Fischsterben in Spree und Landwehrkanal Mitte Juni 2015, welches in den Print- und Onlinemedien einen große Resonanz erfuhr (vgl. B.Z. 2015, KEILANI 2015, RBB ONLINE 2015). Seitens der Politik wird das wiederkehrende Risiko für die Fischbestände im Zusammenhang mit Stadtentwässerung/ Abwasserentsorgung deutlich benannt: „Spree, Havel und Kanäle sind einer Vielzahl von Belastungen ausgesetzt. Neben den Stoffeinträgen aus den Klärwerken sind es vor allem die Einleitungen aus den Misch- und Regenentwässerungssystemen, die insbesondere bei Starkregenereignissen zu einem signifikanten Belastungsfaktor für die Gewässer werden. Die gravierendsten Folgen in Form von Fischsterben treten in den innerstädtischen Kanalabschnitten durch die Überläufe der Mischwasserkanalisationen bei Starkregen auf. Die Einträge an Keimen und Schadstoffen wirken sich im weiteren Fließverlauf bis in das Unterhavelbecken aus.“⁷⁰

⁷⁰ Siehe: SenStadtUm: Mischsystem (Online: <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/wasser/abwasser/de/misch.shtml>, Zugriff: 18.10.2015).

Die Überlaufhäufigkeiten und eingeleiteten Mengen stehen im direkten Zusammenhang mit den Starkniederschlägen (SENSTADTUM 2012b). Um die Belastung der Gewässer zu mindern, wurde von der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt und den Berliner Wasserbetrieben ein *Mischwasser-sanierungsprogramm* mit einem Kostenumfang von insgesamt 150 Mio. € aufgelegt. Bis 2020 soll für die 18 Mischwassereinzugsgebiete ein Gesamtspeichervolumen von zusätzlichen 178.000 m³ (gegenüber 130.000 m³ zu Beginn des Programms) geschaffen werden. Maßnahmen sind insbesondere Stauraumkanäle und Speicherbecken, Schwellenanhebungen und Kanalbewirtschaftungsbauwerke. Bis 2015 sind davon bereits große Teile errichtet bzw. aktiviert worden (STRAUB 2015). Vorrangig wurden dabei Sanierungsarbeiten in Gebieten mit Mischwassereinleitungen in den Landwehrkanal und in die Panke durchgeführt (GANTER/ BARJENBRUCH/ KOBER et al. 2012).

In akuten Problemfällen erfolgt zudem eine punktuelle externen Sauerstoffzufuhr durch ein sogenanntes Sauerstoffbelüftungsschiff. Das rund 1,7 Mio € teure Belüftungsschiff „Rudolf Kloos“ ist seit 1997 im Einsatz. Es saugt das sauerstoffarme Flusswasser mit Hilfe von Pumpen auf. Auf dem Schiff erfolgt ein relativ hoch dosierter Eintrag von technischem Sauerstoff und danach wird das Wasser wieder in die Gewässer zurückgegeben. Sein Einsatz z.B. auf dem Neuköllner Schifffahrtskanal und im Landwehrkanal erfolgt nicht nur „reaktiv“ bei Vorliegen entsprechender Messwerte, sondern auch „proaktiv“ im Vorfeld angekündigter Starkregenereignisse.

Die Berliner Bemühungen um die Sicherung der Qualität der Oberflächengewässer und die Einhaltung der Europäische ► Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) sind wichtig und sollten fortgesetzt werden.

Bei bestimmten Starkregen, die auch noch zunehmen werden, ist der Überlauf im Mischwassersystem weiterhin möglich. Da der technische Ausbau der Kanalisation für die seltenen Ereignisse unverhältnismäßig teuer ist, muss die Stadtoberfläche zukünftig diese Funktionen vermehrt übernehmen. Durch bestimmte Maßnahmen kann die Oberfläche mehr Wasser zurückhalten und Ablaufspitzen nivelliert werden (siehe WW-1 bis WW-3). Von daher wird im Sinne der Klimaanpassung empfohlen, parallel die Schwammstadt-Strategie (siehe unten) zu verfolgen.

Hochwasserschutz

Eine vorläufige Hochwasserrisikobewertung hat ergeben, dass in Berlin 26 km der Gesamtlänge aller Fließgewässer (rund 6 %) ein signifikantes Hochwasserrisiko besitzen. Diese bestehen für weite Teile der Erpe, Panke und Tegeler Fließ sowie den Spreeabschnitt zwischen Dämeritzsee und Köpenick (Müggelspree), für die Gosener Gewässer und die Unterhavel (SENSTADTUM o.J. i). Für diese Gebiete wurden bis 2015 *Hochwasserrisikomanagementpläne* erstellt und z. B. an der Panke bereits Maßnahmen umgesetzt (SENSTADTUM o.J. j). Insgesamt besteht in Berlin jedoch im Vergleich mit den Flusssystemen von Elbe, Rhein oder Oder ein verhältnismäßig geringes Hochwasserrisiko mit Folgen für die Gesamtbevölkerung. Da die Panke durch dicht besiedelte Siedlungsgebiete fließt und über wenig Überschwemmungsraum verfügt, ist hier das Schadenpotential wiederum relativ hoch, was auch die jüngsten Ereignisse an der Erpe im Juli 2011 und an der Panke im August 2012 zeigen. Im Bereich der Panke wird bereits ein entsprechendes Gesamtkonzept entwickelt. Zum Hochwasserschutz werden über die derzeit laufenden Aktivitäten hinaus daher in dieser Studie keine weiteren Maßnahmen entwickelt.

4.2.3.1 Vulnerabilitäten

Historisch bedingte Besonderheiten in Berlins Wassersektor, der zum großen Teil geschlossene Wasserkreislauf und ein hoher Anteil der Mischkanalisation besonders in der dichten inneren Stadt, geringe innerstädtische Verdunstungsleistungen, hohe Oberflächenabflüsse und periodische Mischwasserüberläufe in Spree und andere Gewässer bestimmen die spezifischen Sensitivitäten und Vulnerabilitäten des Wassersektors in Berlin. Dieses System wird durch den Klimawandel in verschiedener Hinsicht beeinflusst und unter Anpassungsdruck gestellt (vgl. das Klimawirkungsmodell in Teil II des AFOK-Endberichts, Kap. 11).

Zunahme von Starkregenereignissen – Überlauf der Mischwasserkanalisation

In den nächsten Jahrzehnten werden die klimatischen Veränderungen für das Handlungsfeld Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft in Bezug auf Vulnerabilität immer relevanter werden. Es kommt zu einer Zunahme der Starkregenereignisse, insbesondere von Starkregentagen in den Sommermonaten (+13% bis +85%). Bei gleichbleibendem oder steigendem Versiegelungsgrad erhöht sich dadurch die Wahrscheinlichkeit für Mischwasserüberläufe mit den entsprechenden Folgen. Die bereits heute mehrmals jährlich auftretende Belastung der Vorfluter durch die Mischwasserüberläufe in der Folge von Starkregenereignissen ist in

warmen Sommern/ Hitzeperioden besonders prekär. Durch die erhöhte Temperatur in den Gewässern besteht ohnehin eine schlechte Sauerstoffversorgung.

Diese Doppelbelastung kann schnell zu vermehrtem Algenwachstum, zur Eutrophierung der Gewässer, Sauerstoffzehrung und in Folge zu Fischsterben führen. WRRL-Vorgaben können nicht eingehalten werden.⁷¹ Aufgrund der geringen Fließgeschwindigkeiten, die durch den reduzierten Abfluss der Flüsse verursacht werden, tritt ein zusätzlicher Belastungseffekt auf.⁷²

Mit dem oben bereits beschriebenen Programm der Berliner Wasserbetriebe und der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, den vorhandenen Stauraum auszubauen, wird bereits auf diese Situation reagiert. Mit diesem Programm werden die Mischwasserüberläufe in die Gewässer gemindert. Den Gefahren der urbanen Überflutung (wie vollgelaufene Keller, Tiefgaragen oder barrierefrei angelegte Wohnungen und Geschäfte) kann dadurch nicht begegnet werden.⁷³

Durch integrative Ansätze der wassersensiblen Anpassung der Stadtoberfläche (Versickerungsflächen, temporäre Retentionsflächen) könnten die bisher ergriffenen Maßnahmen relativ kostengünstig ergänzt und Kanalisation wie Abwasserbehandlung entlastet werden.

Zunahme von Starkregenereignissen – Urbane Überflutungen

Wird die Transport- und Aufnahmekapazitätsgrenze des Kanalsystems überschritten, kommt es in Folge von Starkregenereignissen zu urbanen Überflutungen. Infrastruktur und Gebäude, die in leichten Geländesenken liegen und nicht ausreichend geschützt sind, werden durch urbane Überflutungen oft empfindlich getroffen. Hohe Schäden sind die Folge. Durch die gewünschte barrierefreie Anlage von Wohnungen, Geschäften und Verkehrsmitteln wird das Risiko zusätzlich erhöht. Da in Berlin keine Risikokarten gefährdeter Gebiete öffentlich vorliegen, bestehen für Private und die Immobilienwirtschaft keine Kenntnisse über mögliche Risiken. Ohne Wissen über Risiken werden in der Regel keine präventiven Maßnahmen der Überflutungsvorsorge durchgeführt.

Im Gegensatz zu den urbanen Überflutungsgebieten liegen für die Einzugsgebiete der Flüsse in Berlin Karten vor, aus denen die Überschwemmungsgebiete und die Gefahren aus dem Hochwasser ablesbar werden. In Berlin ist von Hochwassern an Flüssen vor allem die Panke betroffen, für die bereits ein umfassendes Konzept für die Verbesserung des Hochwasserschutzes erarbeitet wurde.

Zunahme der Niederschläge im Winter

Die Klimaprojektion für Berlin sagt eine Zunahme der Niederschläge im Winter vorher. Aufgrund milderer Winter werden diese immer häufiger als Regen statt als Schnee auftreten.

Wie sich die Verschiebung der Niederschlagssummen im Handlungsfeld im Einzelnen auswirkt, ist noch unklar. Ein mögliches Szenario ist eine Erhöhung der Grundwasseranreicherung, da die Niederschlagsmenge im Winter erhöht ist. Die im Jahresverlauf länger milden Temperaturen und die verlängerte Vegetationsphase im Sommer führen andererseits zu einem erhöhten Wasserbedarf der Pflanzen und in Folge zu einem stärkeren Grundwasserverbrauch. Möglicherweise wird die verstärkte natürliche Winteranreicherung damit aufgehoben – es kann auch zu einer Negativbilanz kommen. Der Nettoeffekt der beiden Klimawirkungen – höherer winterlicher Grundwassereintrag und höherer Wasserverbrauch durch die Vegetation – auf das Grundwasser kann im Rahmen von AFOK nicht abgeschätzt werden. Es besteht daher noch Forschungsbedarf, die mit einem Monitoring der realen Entwicklung zu kombinieren ist. Auf dieser Grundlage können proaktiv Maßnahmen entwickelt werden.

⁷¹ Die EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) 2000/60/EG wurde im Jahr 2000 verabschiedet und ersetzt eine Vielzahl von Einzelrichtlinien zum Gewässerschutz. Ihre Umsetzung wird in Deutschland durch das Wasserhaushaltsgesetz, in Berlin durch das Berliner Wassergesetz (BWVG) geregelt. Vorgeschrieben ist, spätestens 15 Jahre nach ihrem Inkrafttreten einen „guten Zustand der Oberflächengewässer zu erreichen.“

⁷² Die großen Berliner Hauptfließgewässer sind. „...rückgestaut und extrem langsam fließend, wobei die seenartigen Erweiterungen von Spree und Havel sehr große Aufenthaltszeiten aufweisen. In Abgrenzung zu reinen Fließgewässern sind rückgestaute Fließgewässer ebenso wie Landseen deutlich empfindlicher gegenüber Nährstoffeinträgen.“ (siehe SENSTADTUM, o.J., online: http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/wasser/ogewaesser/de/bio_guete.shtml, Zugriff: 03.11.15).

⁷³ Die temporäre Erhöhung der anfallenden abzuführenden Abwassermengen in der Mischkanalisation in Folge von Starkregen kann auch zur Überlastung der Kläranlagen führen. Besonders kritisch für die Abwasserbehandlung sind die temporären Schwankungen in den Mengen und Qualitäten.

Die Tagesspitze der Niederschläge im Winter ist die Bemessungsgrundlage für die Dimensionierung der Abwasserinfrastruktur. Bezogen auf den Jahresschnitt ist diese um ca. 250% „zu groß“ angelegt (Interview mit den Berliner Wasserbetrieben, 18.05.2015). Die Zunahme von Starkniederschlägen kann durch die Erhöhung der Abwasserspitzen Auswirkung auf die technische Bemessung und damit die Kosten der Abwassersysteme haben. Es wird offenbar, dass die klimatischen Auswirkungen auf die Regenwasserbewirtschaftung und Abwassersysteme in komplexer Wechselwirkung stehen. Im Projekt KURAS wird die Verknüpfung der Systeme mit der Schnittstelle Fläche-Kanal für Berlin untersucht. Welche weiterreichenden Untersuchungen notwendig sind, um die Vulnerabilitäten im Handlungsfeld präzise abschätzen zu können, sollten unter Berücksichtigung der Forschungsfragen und -ergebnisse aus KURAS beurteilt werden.

Zunahme der Trockenperioden und indifferente Entwicklung der Niederschläge im Sommer

Für die Niederschläge im Sommer wird eine indifferente (d.h. weder deutlich mehr, noch deutlich weniger) Entwicklung vorausgesagt. Allerdings ergibt sich eine veränderte Verteilung, mehr Starkregentage und eine deutliche Zunahme der Trockenphasen (*dryspells*) und Hitzewellen. In der Gesamtbilanz ist davon auszugehen, dass es phasenweise zu einer reduzierten Speisung der Fließgewässer aus den Einzugsgebieten in Brandenburg und Berlin kommt. Die Folge ist eine verminderte Fließgeschwindigkeit und damit eine geringere Durchmischung bzw. Anreicherung. In der Folge kann sich die Wasserqualität verschlechtern. (1.) Starkregenereignisse mit dem Anspringen der Mischwasserüberläufe sowie (2.) die hohen sommerlichen Temperaturen und (3.) die geringen Fließgeschwindigkeiten bestehenden Vorbelastungen – diese drei Faktoren verstärken sich gegenseitig in ihren Wirkungen. Die Berliner Gewässer (Flüsse, Kanäle, Seen) sind damit zukünftig hochgradig vulnerabel.

Hitze- und Trockenperioden – Riechende Stadt

Nicht nur Starkregenereignisse, auch Trockenperioden können zu einer Belastung des Kanalnetzes führen. Durch Abflussverringerung und Unterlast in der Kanalisation kommt es zur Schädigung des Betons in der Kanalisation. Der erhöhte Reparaturaufwand kann die Abwassergebühren nach oben treiben. Unterlast in der Kanalisation kann in bestimmten Gebieten auch zu einer Geruchsbelastung führen.

Zudem lagert sich während längerer Trockenperioden auf den versiegelten Flächen vermehrt ein Stoffgemisch aus Hundekot, Staub, Schadstoffpartikeln, Öl, Reifenabrieb etc. ab, das bei Regen in hohen Konzentrationen in die Gewässer gespült wird und diese auch olfaktorisch belastet.

Durch erhöhte Schwefelkonzentrationen aus den Braunkohletagebauen in der Lausitz und durch die Minderung der Oberflächengewässerqualität kann es in der Folge auch zu einer Belastung des Grundwassers kommen. Ob dies auch Wirkungen auf die Trinkwassergewinnung haben wird, ist derzeit nicht abschließend zu beurteilen. Auch hier besteht Forschungsbedarf, der am besten länderübergreifend realisiert wird.

Hitze- und Trockenperioden – steigender Wasserbedarf

Sommerliche Hitze und Trockenheit lassen den Wasserbedarf steigen. In Trockenperioden kommt es zu Trockenstress bei Pflanzen, es entsteht erhöhter Bewässerungsbedarf auf Berlins Balkonen, in Vor- und Kleingärten, in Parks und öffentlichen Grünflächen. Das momentan vorherrschende Paradigma der möglichst schnellen Ableitung und Versickerung von Regenwasser führt zu einem Mangel an Verdunstung durch die Vegetation in der Stadt, wodurch der *Urban Heat Island*-Effekt zusätzlich verstärkt wird.

Auch langanhaltende Hitze- und Trockenphasen werden zunehmen. Dadurch steigt der Wasserverbrauch. Der heißeste Tag ist die Bemessungsgrundlage für die Auslegung der Trinkwasserversorgung, der Klimawandel wird diese Bemessungsgrundlage sehr wahrscheinlich nach oben verschieben.

Die für die Wasserqualität besonders problematische Kombination von langanhaltenden Hitze- und Trockenphasen mit plötzlich auftretenden Starkregenereignissen wird aller Voraussicht nach ebenfalls zunehmen. Dies bedeutet, dass sich gleichermaßen die Belastungsszenarien Unterlast und Überlast für das Abwassersystem verschärfen werden.

Transsektorale Wirkungen – Städtische Verdichtung und Regenwasserbewirtschaftung

Mit zunehmender Verdichtung/ Versiegelung des Stadtraums verschärft sich die Überflutungsgefahr (→ Handlungsfelder Verkehr; Gebäude und Stadtentwicklung; Wirtschaft) sowie die Überforderung der Kanalisation (mit negativen Auswirkungen auf die Gewässergüte, Erholungsqualität der Gewässer sowie die Gesundheit).

Diese Problematik kann sinnvoll und kosteneffizient nur dann angegangen werden, wenn es zu einer Zusammenschau verschiedener Handlungsfelder (hier vor allem mit dem Handlungsfeld Gebäude und Stadtentwicklung, Grün- und Freiflächen) und zum Zusammenwirken verschiedener Akteure (vor allem Siedlungswasserwirtschaft, Stadtplanung, Verkehrsplanung, Grünflächen) kommt. Es handelt sich um eine *Querschnittsaufgabe*, die transektorale Wirkungen adressieren muss. Andere Städte bieten Umsetzungsbeispiele (vgl. BBSR 2015). Die Potenziale für eine handlungsfeldübergreifende Bewältigung dieser Querschnittsaufgabe sind in Berlin sehr hoch und sollten zukünftig verstärkt genutzt werden.

Box 6: Die Grenzen technischer Systeme im Klimawandel und die Bedeutung von Green Infrastructure

Mit dem Klimawandel werden sich die Wetterextreme in Berlin verschärfen. Die technischen Systeme müssen damit mehr leisten. Weniger Wasser in Trockenperioden, mehr Wasser bei Starkregen und im Winterhalbjahr. Im Ergebnis ist das System mit dem Doppelgesicht von Unter- und Überlasten konfrontiert.

Mischwasserüberläufe

Das Kompetenzzentrum Wasser Berlin (KWVB) hat in einem von Veolia und den Berliner Wasserbetrieben ko-finanzierten EU-Projekt 2009-2012 das Monitoring, die Modellierung und die Impakt-Bewertung von Mischwasserüberläufen in Berlin untersucht. Das Projekt MIA-CSO (Homepage: <http://www.kompetenz-wasser.de/MIA-CSO.466.0.html>) hat ein Planungsinstrument entwickelt, das die Auswirkungen verschiedener Management-Optionen der Abwasserbehandlung (z.B. Ausbau der unterirdischen und oberirdischen Speicher, Entsiegelung) auf zentrale Parameter der Durchflussmenge und der Wasserqualität (z.B. Sauerstoffbedarf, Phosphor- und Stickstofffracht) unter Bedingungen des zukünftigen Klimawandels in verschiedenen Szenarien

betrachtet (vgl. RIECHEL/ MATZINGER/ PAWLOWSKY-REUSING et al. 2013, ULDAK/ RIECHEL/ HEINZMANN et al. 2013). Die dort betrachteten Szenarien haben folgende Eigenschaften:

- Szenario 1: Zustand des Berliner Abwassersystems im Jahr 2010
- Szenario 2: Zustand des Berliner Wassersystems 2020 (Ausbau des Speichervolumens durch Regenwasserbecken, Barrieren, mobile Wehre und verbesserte Kontrollsysteme)
- Szenario 3: S2 plus zusätzliche Regenwasserbecken nahe der Pumpstationen.
- Szenario 4: S2 plus Entsiegelung von 20% im Einzugsgebiet
- Szenario 5a: S2 mit Temperaturanstieg um 1,9° C
- Szenario 5b: S2 mit Temperaturanstieg um 1,9° C und 20% mehr Niederschlag
- Szenario 5c: S2 Temperaturanstieg um 1,9° C und 20% weniger Niederschlag

Szenario Nr.	S1	S2	S3	S4	S5a	S5b	S5c
Speichervolumen gesamt (10³m³)	191	280,1	316,7	280,1	280,1	280,1	280,1
Mischwasserüberlauf (10⁶m³)	5,9	4,9	4,6	3,3	4,9	6,6	3,3
Biologische Fracht (BOD₅, Tonnen)	353,7	273	247,3	181,9	273	330,7	206
Stickstofffracht (TKN, Tonnen)	25,6	18,2	16	12,3	18,2	23	13
Phosphorfracht (TP, Tonnen)	4,1	3	2,7	2	3	3,7	2,2
Suboptimale Sauerstoffkonzentration (Tage)	27,5	26,9	26,5	25	45	46,1	44

Tabelle 16: Ergebnisse der Simulationen des Berliner Abwassersystems unter verschiedenen Szenarien. Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von ULDAK/ RIECHEL/ HEINZMANN et al. 2013: 53.

Dabei betrachtet Szenario 2 die technische Optimierung des bestehenden Abwassersystems, Szenario 3 fügt dem zusätzliche technische Speicher hinzu. Szenario 4 setzt nicht beim Abwassersystem an, sondern beim Oberflächenabfluss, der durch Entsiegelungsmaßnahmen im Einzugsgebiet vermindert wird. Die Szenarien 5a-c betrachten das technisch optimierte Abwassersystem des Jahres 2020 (S2) und variieren den Klimawandel: Einmal steigt nur die

mittlere Sommertemperatur (5a), einmal steigt auch der sommerliche Niederschlag (5b), und einmal erhöht sich die Temperatur, aber der Niederschlag nimmt ab (5c). In allen drei Fällen wird das Szenario 4 (mehr Entsiegelung) *nicht* weiter betrachtet. Die Simulationsergebnisse dieser Szenarien sind sehr aufschlussreich und können einer auf die Berliner (Abwasser-) Verhältnisse zugeschnittenen Klimaanpassungsstrategie wichtige Hinweise geben (vgl. Tabelle

16). Es zeigt sich zunächst, dass der deutliche Ausbau des technischen Speichervolumens von 191.000 m³ auf 280.100 m³ in 2020 (S2) eine deutliche Absenkung des Mischwasserüberlaufs von 5,9 auf 4,9 Mio. m³ bringt. Auch die biologische Fracht (biologischer Sauerstoffbedarf), die Stickstoff- und die Phosphorfracht gehen merklich zurück. Die Zahl der Tage mit suboptimaler Sauerstoffkonzentration dagegen reduziert sich nur von 27,5 auf 26,9. Dieser Parameter wird auch durch den weiteren technischen Ausbau der Speicher (Regenwasserbecken, S3) nicht merklich reduziert, dieser bringt aber weitere 0,3 Mio. m³ an Rückgang im Mischwasserüberlaufvolumen. Eine deutliche Verringerung der Mischwassereinleitungen (von 5,9 Mio. m³ in S1 bzw. 4,9 Mio. m³ in S2 auf 3,3 Mio. m³) kann dagegen durch „nicht-technische“ Maßnahmen der Flächenentsiegelung erreicht werden.⁷⁴ Hier sinkt die Zahl der Tage mit suboptimaler Sauerstoffkonzentration auf den niedrigsten Wert aller Szenarien, 25 Tage. Gleiches gilt für die diversen Frachten im Abwasser. Unter Bedingungen des Klimawandels werden die technischen Fortschritte in der Reduzierung und Entfrachtung des Berliner Mischwasserüberlaufs (S2) großteils wieder zunichte oder gar rückgängig gemacht. Einzig unter der Annahme, dass es in Zukunft zwar wärmer wird, aber gleichzeitig auch 20% weniger Niederschlag fällt (S5c), kommt es zu einer Reduktion des Mischwasserüberlaufvolumens auf 3,3 Mio. m³ – genau den Wert, der sich durch Entsiegelungsmaßnahmen im Stadtgebiet *ohne* Klimawandel erreichen ließe. Auch die Frachten des Berliner Abwassers gehen in diesem Fall deutlich mit den Niederschlägen zurück. Aber die Tage mit suboptimaler Sauerstoffkonzentration in der Spree werden davon kaum berührt – sie werden stärker durch den Anstieg der Sommertemperaturen beeinflusst, da die Spreetemperatur praktisch 1:1 die Lufttemperatur abbildet, in einer 1,9° C wärmeren Spree aber weniger Sauerstoff löslich ist.

Im Lichte der Ergebnisse der AFOK-Klimaszenarien (→ Kap. 3) ist vor allem das Szenario 5b von Interesse, da es die hier vorgelegten Ergebnisse recht gut abbildet. Die Simulationen gehen von den in LOTZE-CAMPEN/ CLAUSSEN/ DOSCH et al. (2009) vorgelegten Szenarien aus. Der dort angenommene Temperaturanstieg im Sommer von 1,9 °C für 2050 liegt leicht außerhalb der AFOK-Ergebnisse, und auch der Anstieg des Sommerniederschlags von 20% liegt etwas oberhalb der 7-10% Bandbreite, die hier errechnet wurde. Der für den Mischwasserüberlauf wichtige Anstieg der Starkregentage im Sommer (+13% bis +85%) dagegen passt recht gut zum MIA-CSO-Szenario. Unter diesen Voraussetzungen würde im Szenario 5b (wärmer, mehr Niederschlag) das Volumen des Mischwasserüberlaufs auf 6,6 Mio. m³ ansteigen – der höchste Wert im ganzen Sample. Auch die biologisch-chemischen Abwasserfrachten würden in diesem Szenario auf Werte zwischen S1 und S2 ansteigen – damit den Fortschritt von 2010 zu 2020 quasi „auf halbem Wege“ wieder zunichtemachen. Die Zahl der Tage mit besonderer Belastung für die Vorfluter würden im Vergleich zum Ausbaustand 2020 (S2) sogar um rd. 70%

überschritten, der Zustand wäre dann sogar schlechter als im Jahr 2010 (S1). Und dies ungeachtet der Kosten, die die technische Optimierung auf dem Weg von S1 zu S2 verursacht hat. Im Ergebnis würde die Spree in Szenario S5b – die von der AFOK-Modellierung als wahrscheinlichste Zukunft für Berlin angesehene Variante – die höchsten Belastungsraten und die schlechteste Wasserqualität aufweisen. Nicht durchgespielt hat MIA-CSO – zumindest nicht in den zitierten Publikationen – die Effekte des Klimawandels auf Szenario 4. Angesichts der deutlichen Entlastung, die es dem Abwassersystem, der Spree und damit der ganzen Stadt bringt, kann vermutet werden, dass es sich auch im Klimawandel als eine resiliente Strategie erweisen dürfte.

Urbane Überflutung

Die Regenentwässerung wird in Berlin auf eine 2- bis 5- ▶ Jährlichkeit ausgerichtet; mehr können die Systeme also nicht aufnehmen. Ein weiterer Ausbau wäre mit unverhältnismäßig hohen Kosten für die (seltenen) darüber hinaus eintretenden Ereignisse verbunden. Daher können infolge von (diese Kapazitäten überschreitenden) Starkregenereignissen erhebliche Schäden auftreten. Keller oder Tiefgaragen, barrierefrei angelegte Wohnungen oder Geschäfte sowie Infrastrukturen wie U-Bahnen sind besonders gefährdet. Damit urbane Überflutungen abgepuffert werden, muss die Oberfläche der Stadt überflutungstauglich ausgerichtet werden. Mulden-Rigolen-Systeme werden eingebaut (wie z.B. an der Rummelsburger Bucht), „Wolkenbruch-Boulevards“ (wie in Kopenhagen) lenken das Wasser aus gefährdeten Gebieten, Grünanlagen werden zu temporären Stauräumen (wie z.B. im Bornstedter Feld in Potsdam) (vgl. die Beispiele in BBSR 2015).

Weiterhin ist eine Abkoppelung der Regenentwässerung von den städtischen Kanälen ein wichtiges Ziel, um die Kanäle zu entlasten. Die dezentrale Rückhaltung und Versickerung von Regenwasser auf den Baugrundstücken lohnt sich auch monetär. Wer sein Wasser nicht in die Kanalisation einleitet, sondern dezentral auf den Grundstücken bewirtschaftet, muss keine Niederschlagswassergebühren zahlen. Bei derzeit 1,79 EUR/m²/Jahr versiegelter Flächen können erhebliche Summen eingespart werden. Auch mit Blick auf die öffentlichen Finanzen ist die wirtschaftliche Dimension interessant: So bezahlt die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt jährlich zwischen 90 und 100 Mio. € an die BwB „...für die aus ihrer Kostenberechnung ermittelten und anerkannten Aufwendungen für die Entwässerung der öffentlichen Straßen und Plätze, die von Berlin zu tragen sind“ (SENFİN 2014: 324).

Fazit: Aus grauer Infrastruktur eine grüne Infrastruktur machen!

Die *Graue Infrastruktur* der Stadt wird durch die *Grüne Infrastruktur* ergänzt oder teilweise sogar ersetzt. Graue und grüne Infrastruktur werden in einer Arbeitsteilung im Klimawandel an Bedeutung gewinnen. Die ressortübergreifende Zusammenarbeit von Wasserwirtschaft, Stadt-, Grün- und Verkehrsplanung wird in besonderer Weise erforderlich werden, um diese Potenziale heben können.

⁷⁴ Der Begriff „nicht-technisch“ bezieht sich auf den Unterschied zu den Maßnahmen in S2, also im klassischen Kernbereich der Abwasserbehandlung. Zweifellos können Entsiegelungsmaßnahmen in der Stadt auch „technischen“ Charakter annehmen. Wichtig ist hier nur, dass sie nicht als klassische Abwassertechnologien betrachtet werden.

4.2.3.2 Maßnahmen Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft

Die Maßnahmen im Handlungsfeld Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft begegnen den zentralen Herausforderungen der Vulnerabilitäten gegenüber den zunehmenden Starkregenereignissen (urbane Überflutungen und Mischwasserüberläufe), der Verschiebung der Niederschlagsmengen, der Zunahme der Niederschläge im Winter und den Änderungen im Grundwasserhaushalt, der Zunahme der heißen Tage bei gleichzeitiger Abnahme der Kühlwirkung der Grün- und Freiflächen in der wachsenden Stadt sowie der Zunahme der Trockenphasen im Sommer mit Folgen für die Schmutzwasserbeseitigungssysteme.

Angesichts dieser kritischen Entwicklungen gilt es, die Berliner Wasserwirtschaft und den Wasserhaushalt insgesamt durch Anpassungsmaßnahmen weniger anfällig zu machen. Da die BWB über eine eigene Forschungsabteilung verfügen, die sich mit dem Thema Klimawandel intensiv befasst (vgl. die Beteiligung am Forschungsprojekt KURAS zur Zukunft der urbanen Regenwasserbewirtschaftung und Abwasserbehandlung), wird die Anpassungsfähigkeit dieses Sektors sehr gestärkt. Maßnahmenvorschläge können gut an bestehende Forschungsvorhaben und Planungsüberlegungen anknüpfen.

Die Anpassungsmaßnahmen im Handlungsfeld WWI beziehen sich auf Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung, Anpassung der Anlagen der Abwasserinfrastruktur und Förderung der Wohlfahrtswirkung von Wasser in der Stadt im Klimawandel. Weiterhin werden Instrumente vorgeschlagen, um die Klimaanpassung im Handlungsfeld WWI zu fördern.

Die *objektbezogenen Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung* (WW-1, WW-2) zielen auf einen am zukünftigen Klima orientierten Umgang sowohl von durchschnittlich anfallenden Niederschlagsmengen als auch von Extremereignissen ab.

Die *objektbezogenen Maßnahmen zur Anpassung der Anlagen der Abwasserinfrastruktur* (WW-3 bis WW-5) zielen darauf ab, besonders diejenigen Gebiete in der Stadt zu schützen, in denen eine dezentrale Oberflächenanpassung nicht umfänglich umgesetzt werden kann. Die Fortführung des derzeitigen Ausbaus der Stauraumerweiterung sollte sich auf diese Gebiete konzentrieren. Hitze und Trockenheit können Anlagen und Betrieb der Abwasserentsorgung ebenfalls beeinträchtigen und müssen durch technische Maßnahmen ertüchtigt werden. Schließlich muss die Verfügbarkeit und Qualität des Trinkwassers durch eine Reihe von Maßnahmen gesichert werden – auch in Kooperation mit dem Land Brandenburg.

Objektbezogene Maßnahmen zur Förderung der Wohlfahrtswirkung von Wasser in der Stadt (WW-6 bis WW-8) zielen schließlich darauf ab, die klimatische Entlastungswirkung von Gewässern durch ökologische und gestalterische Aufwertung zu erhöhen. Gleichzeitig soll die Aufenthaltsqualität durch „Wohlfühlorte“ gesteigert werden. Trinkbrunnen und innerstädtische Bademöglichkeiten ergänzen dies und die „Schwammstadt“ auch symbolisch.

Zusätzlich zu den objektbezogenen Maßnahmen erfordert der Querschnittscharakter der Herausforderung „Klimawandel“ eine Reihe von instrumentellen Maßnahmen, um die Anpassungsfähigkeit generell zu erhöhen (WW-9 bis WW-12). Dazu zählt eine Intensivierung der ressortübergreifenden Zusammenarbeit (einschließlich der gemeinsamen Überarbeitung der Regelwerke), die Bereitstellung von Risikokarten urbaner Überflutung für Eigentümer und Investoren sowie vermehrter Forschung zu Einzelfragen der Berliner Wasserbilanz.

Nr.	Name
Objektbezogene Maßnahmen – Regenwasserbewirtschaftung	
WW-1	Entkoppelung der Regenwasserbewirtschaftung von den zentralen Systemen
WW-2	Überflutungstaugliche Gestaltung der Oberfläche der Stadt
Objektbezogene Maßnahmen – Anpassung der Anlagen der Wasserver- und -entsorgung	
WW-3	Anpassung der Anlagen der Abwasserinfrastruktur an Starkregenereignisse
WW-4	Anpassung der Anlagen und des Betriebs der Abwasserinfrastruktur an Trockenheit und Hitzeereignisse
WW-5	(Trink-) Wasserqualität sichern

Objektbezogene Maßnahmen – Förderung der Wohlfahrtswirkung von Wasser in der Stadt im Klimawandel	
WW-6	Steigerung der klimatischen Wirksamkeit von urbanen Gewässern
WW-7	Ausbau des Trinkbrunnennetzes Berlin
WW-8	Projekt Baden in der Stadt
Instrumentelle Maßnahmen	
WW-9	Wassersensible Klimaanpassung als querschnittsorientiertes Thema
WW-10	Informationsbereitstellung für gefährdete Stadtgebiete (Risikokarten)
WW-11	Erforschung der Risiken und Chancen des Klimawandels für die Berliner Wasserbilanz (Wirkung auf Wasserversorgung/ Naturräume/ Oberflächengewässer/ Bausubstanz)

Tabelle 17: Maßnahmenvorschläge im Handlungsfeld Wasser, Wasserwirtschaft – Übersicht.

4.2.4 Umwelt und Natur

Berlin ist eine grüne Stadt.⁷⁵ Fast 44% des Stadtgebietes sind Wald, Gewässer, Parkanlagen oder Sportflächen, Kleingärten oder Landwirtschaft – in Paris sind es lediglich 23%, in New York 27%. Dieses Grün stellt nicht nur einen Erholungs- und Erlebnisraum dar, sondern ist die Heimat vieler Tier- und Pflanzenarten. Die Natur hat zudem viele Funktionen, die mit Blick auf die sich abzeichnenden Veränderungen der klimatischen Bedingungen sehr hilfreich sein können. Bäume etwa verbessern – je nach Spezies und Umgebung – durch ihre Verdunstungsleistung das Stadtklima erheblich. Messungen in Berlin im Hochsommer 2010 haben ergeben, dass die Temperaturdifferenz zwischen der Blattoberfläche und der Umgebungsluft eine Spanne zwischen $1,9 \pm 0,3 \text{ K}$ ⁷⁶ (Schwarzpappel, *Populus nigra*) und $5,6 \pm 1,1 \text{ K}$ (Feldahorn, *Acer campestre*) umfasste (MEIER/ SCHERER 2012). In Trockenphasen wirken Bäume noch stärker abkühlend auf das Umgebungsklima – sofern ihr Wasserhaushalt ausreichend ist. Die Temperaturdifferenz zwischen Blattoberflächen und Umgebungsluft ist in stark bebauten und versiegelten Gebieten sogar noch ausgeprägter – in typisch urbanen Raumsituationen also.

Naturräume erfüllen eine ganze Reihe wichtiger konkreter *Funktionen für Stadt und Stadtgesellschaft*.⁷⁷ Diese gilt es in den Blick zu nehmen, wenn die Vulnerabilität von Umwelt und Natur betrachtet und bewertet wird. Naturnahe Stadträume (vgl. HANSEN/ HEIDEBACH/ KUCHLER et al. 2012, RITTEL/ BREDOW/ WANKA et al. 2013, STOPKA/ RANK 2013):

- leisten existenzielle Ökosystemleistungen (z.B. die natürliche Reinigung von Luft und Wasser, Grundwasserneubildung);
- stabilisieren bzw. verbessern insbesondere das durch den *Urban Heat Island*-Effekt überwärmte Stadtklima (→ Abschnitt 4.2.2);
- sind der Lebensraum vieler Tier- und Pflanzenarten, nicht zuletzt auch vieler bedrohter Arten;
- tragen zur physischen und psychischen Gesundheit der Stadtbewohner/-innen bei;
- verschönern das Stadtbild und tragen zum Stadtimage bei;
- bieten nicht-kommerzielle und weitgehend authentische Orte für Erholung, soziale Begegnung (auch zwischen den Kulturen) und Naturerfahrung – nicht zuletzt für Kinder, die hier entwicklungsförderliche Freiräume finden können.

Das Handlungsfeld Umwelt und Natur (UN) hat viele Facetten, die im Folgenden untersucht werden: Böden, Moore, Gewässer, Wälder, biologische Vielfalt und Kulturlandschaft. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden daher in Abschnitt 4.2.4.1 die Vulnerabilitäten zusammen mit den sie adressierenden Maßnahmen für jeden dieser Bereiche gesondert dargestellt. Abschnitt 4.2.4.2 enthält eine Übersicht aller Maßnahmen in der Zusammenschau.

4.2.4.1 Vulnerabilitäten

In diesem Kapitel werden die Vulnerabilitäten und die entwickelten Anpassungsmaßnahmen für den Boden, die Gewässer, das Artenspektrum, die Wälder und die Landwirtschaft Berlins ausführlicher vorgestellt. Die komplexen Zusammenhänge in diesem Handlungsfeld sind dem Klimawirkungsmodell zu entnehmen.

Bodenfunktionen durch Klimawandel gefährdet

Böden gelten bisweilen als „Stiefkinder der Politik“ (HUBERT WEIGER). Die Folgen einer Vernachlässigung des Bodenschutzes sind jedoch erheblich und werden z.B. von MONTGOMERY (2010) auch für das breite Publikum anschaulich dargestellt. Der mit dem Wachstum Berlins einhergehende Bedarf an Gebäuden und gebauter Infrastruktur lässt den Druck auf unversiegelte Böden kontinuierlich ansteigen; Umso wichtiger ist es, durch geeignete Strategien wie Nachverdichtung, der Mehrfachnutzung oder Grünraumqualifizierung (→ Kap. 4.2.2) den Anteil naturnaher, unversiegelter Böden in Berlin möglichst groß zu halten.

⁷⁵ Das Klimawirkungsmodell des Sektors „Umwelt und Natur“ (UN) findet sich im AFOK-Endbericht Teil II, Kap. 11.

⁷⁶ Kelvin; thermodynamische Temperatureinheit zur Angabe von Temperaturdifferenzen.

⁷⁷ Siehe grundlegend zum Konzept der Ökosystemleistungen: MEA 2005; TEEB 2010. Ökosystemleistungen allgemein in *Basisleistungen* (z. B. Nährstoffkreisläufe, Bodenbildung), *Regulationsleistungen* (z. B. Luftreinhaltung), *Versorgungsleistungen* (z. B. Bereitstellung von Trinkwasser, Nahrungsmitteln Baumaterial) und *Kulturelle Leistungen* (z.B. Erholung, Tourismus) unterteilt (MEA 2005).

Ein naturnaher Boden wirkt multifunktional und erfüllt wichtige, für die Stadt unverzichtbare klimarelevante Funktionen. Hervorzuheben sind dabei insbesondere die natürlichen Bodenfunktionen nach §2 (2) Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG):

1. Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen,
2. Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen,
3. Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers.

Im Sinne eines negativ gekoppelten Regelkreises führen – neben den unmittelbar anthropogenen Stressoren wie z.B. der Versiegelung – verschiedene Klimasignale zu einer Beeinträchtigung der Böden, die wiederum eine Beeinträchtigung der klimarelevanten Leistungsfähigkeit von Böden zur Folge hat. Versiegelter Boden führt zudem in der Regel zu einer Verstärkung des ▶ *Urban Heat Island*-Effektes in der Stadt.

Insbesondere *Trockenheit* führt zu einer Reihe von Effekten auf den Boden, die sich teilweise gegenseitig verstärken und einen Verlust klimarelevanter Funktionen nach sich ziehen. Durch lange Trockenperioden verhärtet und verdichtet sich der Boden an der Oberfläche. Die Vegetation wird geschädigt bzw. stirbt ab und legt weitere Bodenflächen frei. Ein vegetationsfreier Boden ist exponiert für Wind- und Wassererosion. Seine ▶ *Erosionsanfälligkeit* wird durch die verhärtete Oberfläche noch verstärkt, da selbst im Falle von zunehmenden *Niederschlagsereignissen* das Wasser durch die verdichteten Poren am Versickern gehindert wird und oberflächlich in die Kanalisation abfließt. In der Folge kann das zu Überflutungen und fluvialer Erosion bis zur stofflichen Überlastung der Oberflächengewässer führen.

Zudem schädigt die Trockenheit auch die im Boden lebenden Organismen – viele nehmen bei zu hoher Trockenheit eine inaktive Dauerform ein. Das reduziert die Zersetzungsgeschwindigkeit der Streu, was eine Abnahme der Humusgehalte und Nährstoffverfügbarkeit sowie eine Verschlechterung des Bodenzustandes zur Folge hat.

Im Zuge des Klimawandels steigt die Bedeutung der Funktionen des unversiegelten und naturnahen Bodens. Der gleichzeitig zunehmende Flächenverbrauch für Wohn- und Infrastrukturzwecke im wachsenden Berlin und die damit einhergehende Bodeninanspruchnahme durch Versiegelung erfordern eine quantitative und qualitative Betrachtung, welche Böden dabei beansprucht werden und wie mit ihnen umzugehen ist. Die erste Maßnahme UN-1 empfiehlt daher, die bauliche Entwicklung auf Flächen zu lenken, auf denen die Böden bereits durch frühere Nutzungen bebaut, verdichtet, versiegelt oder anderweitig überprägt sind. Die bauliche Beanspruchung von Böden mit einer hohen Schutzwürdigkeit und einer *bis dato* geringen oder nicht vorhandenen Versiegelung soll dadurch unterbunden bzw. gezielt minimiert werden. Als Grundlage dienen der Leitfaden „Verfahren zur Bewertung und Bilanzierung von Eingriffen im Land Berlin“ (SENSTADTUM 2012c) und das Leitbild und (der) Maßnahmenkatalog für den vorsorgenden Bodenschutz in Berlin (SENSTATUM 2015d) mit der Umweltatlaskarte 01.13 Planungshinweise zum Bodenschutz (SENSTADTUM 2015c). Der Ausgleich nachteiliger Auswirkungen auf den Boden durch Versiegelung und Entsigelung ist im Prinzip nur durch Bodenentsiegelung umzusetzen. Darum sollte im Rahmen von ▶ *Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen* verstärkt ein funktionsbezogener bodenschutzfachlicher Ausgleich gefordert werden. Dies kann auf der Grundlage der seit 2011 systematisch erfassten Entsigelungspotenziale im Land Berlin vorgenommen werden. Die Umweltatlaskarte 01.16 *Erfassung von Entsigelungspotenzialen* (SENSTADTUM 2015a) unterstützt die Umsetzung von Entsigelungsmaßnahmen (Interview Hilbert/ Brandt 2015; siehe Interviewübersicht im Teil II, Kap. 14).

Mit der zweiten Maßnahme UN-2 soll das innerstädtische Bodenmonitoring etabliert werden. Bisher besitzt Berlin kein dauerhaftes Bodenmonitoring. Um zukünftig verlässlichere Aussagen und Prognosen zu klimarelevanten Bodenparametern ableiten zu können, ist die Einrichtung von innerstädtischen Bodendauerbeobachtungsflächen (BDF) erforderlich. Der Errichtung geht eine Konzepterstellung voran, die eine Analyse der Aufgaben und Ziele der BDF in der urbanen Stadtlandschaft sowie den Aufbau einer bisher im Land Berlin noch nicht existierenden digitalen Bodenpunktdatenbank enthält. Letztere soll die weiterführende Auswertung und Nutzung der Monitoringergebnisse sowie die Einbeziehung von Bodenpunktdaten der Universitäten und anderer Institute ermöglichen. Eine erste Bilanzierung und Sichtung der vorhandenen Daten erfolgt in einem Exkurs „Bodenmonitoring“ in den Materialien (Teil II) des AFOK-Endberichts (→ Kap. 12.4).

Moore als Böden mit besonderer Klimafunktion

Moorböden leisten einen besonders wertvollen Beitrag zur Anpassung an den Klimawandel sowie zum Klimaschutz. Sie sind diejenigen Böden, die die größten Kohlenstoffmengen speichern, wenn sie intakt sind – global betrachtet sogar mehr als alle Wälder der Erde zusammen (ROBKOPF/ ZEITZ 2009). Außerdem

entziehen sie der Landschaft überschüssiges Wasser und geben es in trockenen Zeiten wieder ab. Damit tragen sie zur Kühlung der Stadt und zur Regulierung des Wasserhaushaltes bei. Die 76 Moore Berlins

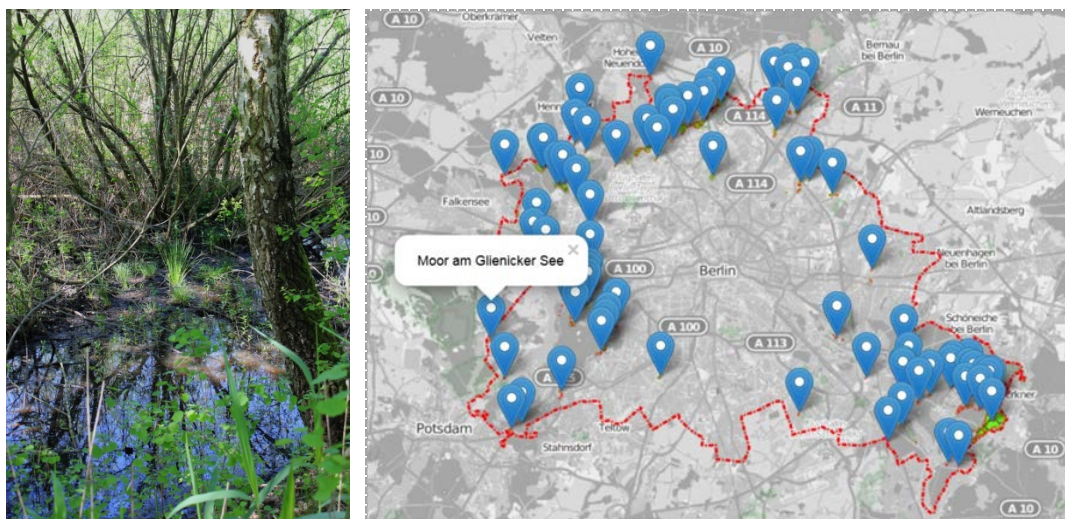


Abbildung 61: Bedrohte Moore erbringen bedeutende Klimaschutzleistungen: Moor im Tegeler Forst (links) Foto: Andrea Brodersen; Berliner Moorböden im Klimawandel. Interaktive Moorgebetskarte (Ausschnitt); blaue Punkte bezeichnen die Moorgebiete (rechts). Quelle: HUB 2015.⁷⁸

nehmen (vgl. Abbildung 61) etwa eine Fläche von 740 ha (0,8% der Landesfläche; HUB 2015a) ein. Diese Zahl scheint klein, aber ihre Rolle im Naturhaushalt der Stadt darf nicht unterschätzt werden. Für Berlin ist nachgewiesen, dass ca. 50% der Moorböden direkt zum Kaltluftaustausch, mehr als 50% zum Hochwasserschutz und mehr als 60% für den Wasserrückhalt in der Landschaft beitragen (HUB 2015). Umso gravierender ist der Umstand, dass der Klimawandel die Gefährdungssituation der Berliner Moorböden verschärft. Abgesehen von den unmittelbar anthropogenen Ursachen ist insbesondere die im Klimawandel prognostizierte Trockenheit eine der Hauptursachen für die Entwässerung/ Degradierung der Moore und den damit verbundenen Verlust an seltenen und schützenswerten Moorarten sowie in der Folge die Beeinträchtigungen der Klimafunktionen der bestehenden Moore.

Laut einer aktuellen Untersuchung der HU Berlin ist bereits jetzt die Hälfte der Moorfläche entwässert oder degradiert (HUB 2015). Die HUB-Moor-Studie entwickelt Anpassungsstrategien für jedes Moor. Die Ergebnisse dieser Studie sollten für die Umsetzung der Maßnahme UN-3 zum Schutz, zur Pflege und Renaturierung der Berliner Moore genutzt werden. Prioritär sollten die Berliner Braunmoosmoore renaturiert werden, da sie viele Arten mit sehr hoher Schutzpriorität beheimaten (z.B. Tegeler Fließ, Rosentreter Becken, Pfaueninsel). An zweiter Stelle sollte die Renaturierung von Torfmoosmooren stehen, erfolgt von den Reichmooren, welche in Berlin großflächig vorhanden, jedoch artenschutztechnisch von geringer Bedeutung sind. Deren Renaturierung wäre für die CO₂-Senkenleistung dennoch sinnvoll.

Die Maßnahme UN-4 sieht die Fortführung und den Ausbau des Moormonitorings vor. Hier wird derzeit an acht Standorten der Wasserstand gemessen. Sinnvoll wäre eine Erweiterung dieses Monitorings um zusätzliche Parameter zu Vegetation und Boden sowie eine Ausdehnung auf weitere wichtige Flächen sowohl in Bezug auf Artenschutz als auch Klimaschutz und -anpassung (z.B. Tegeler Fließ, Müggelheimer Wiesen, Bereiche mit Kalkmoorvegetation) (Interview Klingenuß/ Möller 2015; siehe Teil II, Kap. 14).

⁷⁸ Die Moorkarte findet sich auf den Internetseiten des Projekts der Humboldt Universität Berlin „Berliner Moorböden im Klimawandel“ im Fachgebiet *Bodenkunde und Standortlehre, Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften* der HUB (vgl. HUB 2015). Die im Projekt entwickelte Moorkarte erlaubt eine Auswahl der einzelnen Ökosystemleistungen und zeigt dafür die Projektergebnisse für jedes der 76 Moorgebiete in Berlin. Im Berliner Umweltatlas kann die genaue Lage der Moore im Stadtgebiet sowie deren Kohlenstoffvorräte nachgesehen werden (<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/il19.htm>).

Sauerstoffdefizit in Oberflächengewässern

Durch den zu erwartenden Temperaturanstieg und ebenfalls durch die Zunahme von Starkregenereignissen kommt es immer häufiger zu Sauerstoffdefiziten in den Gewässern Berlins⁷⁹. Starkregen trägt dazu bei, dass Nährstoffe aus Kanalisation und Landwirtschaft in die Gewässer gespült werden.⁸⁰ Eine Erhöhung der Wassertemperatur kann auch die Freisetzung von in den Sedimenten gebundenem Phosphor beeinflussen. Zudem verringern trockene Sommer die ohnehin geringe Durchflussrate der Fließgewässer (vgl. SENSTADTUM 2011). Gemeinsam bewirken diese Faktoren ein verstärktes Auftreten von Nähr- und Schadstoffen sowie ▶ Algenblüten. Dadurch wird das Eindringen des Sonnenlichtes unter die Wasseroberfläche geschwächt, was die Photosyntheseleistung der ▶ Makrophyten deutlich reduziert. Der mikrobielle Abbau der abgestorbenen Biomasse zehrt zusätzlich an den Sauerstoffvorräten. Der Klimawandel gefährdet damit die Qualität der Gewässer, ihre ökosystemaren Funktionen sowie nicht zuletzt die anthropogene Nutzung als Badegewässer.

Eine höhere ▶ Eutrophierung nach Überläufen der Mischwasserkanalisation bei Starkregenereignissen stellt ein wiederkehrendes Risiko für die Fischbestände dar – das jüngste Beispiel war das Fischsterben in Spree und Landwehrkanal Mitte Juni 2015, welches in den Print- und Onlinemedien eine große Resonanz erfuhr (vgl. B.Z. 2015, KEILANI 2015, RBB ONLINE 2015). Von der räumlichen Ausdehnung her ist das Mischwasserkanalisationssystem innerhalb des gesamten S-Bahnringes zu finden. Die Überlaufhäufigkeiten und eingeleiteten Mengen stehen im direkten Zusammenhang mit den Starkniederschlägen (SENSTADTUM 2012b). Die Berliner Bemühungen um die Sicherung der Qualität der Oberflächengewässer und die Einhaltung der Europäische ▶ Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) sind wichtig und sollten fortgesetzt werden.⁸¹

Hochwasserschutz

Eine vorläufige Hochwasserrisikobewertung hat ergeben, dass in Berlin 26 km der Gesamtlänge aller Fließgewässer (rund 6%) ein signifikantes Hochwasserrisiko besitzen. Diese bestehen für weite Teile der Erpe, Panke und Tegeler Fließ sowie den Spreeabschnitt zwischen Dämeritzsee und Köpenick (Müggelspree), für die Gosener Gewässer und die Unterhavel (SENSTADTUM o.J. i). Für diese Gebiete wurden bis 2015 Hochwasserrisikomanagementpläne erstellt und z.B. an der Panke bereits Maßnahmen umgesetzt (SENSTADTUM o.J. j). Insgesamt besteht in Berlin jedoch ein sehr geringes Hochwasserrisiko mit Folgen für die Gesamtbevölkerung, was auch die jüngsten Ereignisse an der Erpe im Juli 2011 und an der Panke im August 2012 zeigen.

Anders als bei den pluvialen Hochwässern und der Problematik des Überlaufs der Mischwasserkanalisation (→ Kap. 4.2.3) wird der zu erwartende Klimawandel keine signifikante Erhöhung des Hochwasserrisikos mit sich bringen; insbesondere dann nicht, wenn die bereits begonnenen Hochwasserschutzmaßnahmen weiterhin konsequent umgesetzt werden. Vor diesem Hintergrund werden daher an dieser Stelle keine zusätzlichen Anpassungsmaßnahmen zum Hochwasserschutz entwickelt.

Beeinträchtigungen der Wälder

Der Wald ist nicht nur eine natürliche CO₂-Senke, sondern dient auch der Grundwasserneubildung, als klimatische Ausgleichfläche, als Luftschadstoffbinder und Erholungsraum. Gerade in einer Stadt wie Berlin, in der das Trinkwasser fast vollständig aus Grundwasser gewonnen wird, sich im Sommer Hitzeinseln und Ozongefahr entwickeln sowie Einheimische und Tourist/-innen Erholung in der Natur suchen, ist die Erhaltung der Wälder existenziell.

Gegenüber den Folgen des Klimawandels wie Hitze und Trockenheit sowie milden Wintern ist der Wald allerdings sehr verletzlich. Sie führen primär zu Trockenstress bei den Bäumen, der sich durch schlechte Knospenentwicklung, Blattverlust, Zuwachsreduktion bis hin zum Absterben äußert (persönl. Information Riestenpatt/ Münze 2015; siehe Teil II, Kap. 14). In Verbindung mit einem milden Winter sind die geschwächten Bäume zudem einem zunehmenden Schädlingsbefall ausgesetzt. Die warmen und trockenen

⁷⁹ Aus Sicht des Sektors Wasser und Wasserwirtschaft wurde diese Thematik oben bereits untersucht (→ Kap. 4.2.3) und daher an dieser Stelle nur knapp behandelt.

⁸⁰ Zu den Arten der Kanalisation und ihrer Verbreitung im Stadtgebiet: Karte 02.09.1, Umweltatlas (Ausgabe 2012).

⁸¹ Die zuständige Senatsverwaltung benennt auf ihrer Internetseite Kontaktstellen – wie etwa das Fischereiamt Berlin – an die sich Bürger/-innen im Fall der Beobachtung von Fällen von Fischsterben wenden können (siehe: <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/fischerei/angelfischen/de/fischsterben.shtml>; Zugriff: 18.9.15).

Sommer 2003 und 2006 etwa haben in den Berliner Forsten merkliche Waldschäden hinterlassen, die nur allmählich und durch günstigere Witterungsverhältnisse kompensiert wurden (SENSTADTUM 2015b: 3). Der aktuelle Waldzustandsbericht besagt, dass sich der Waldzustand auch 2015 leicht verbessert hat und mehr als ein Drittel des Waldes keine Schäden aufweist. Ähnlich gut war der Waldzustand zuletzt vor dem Sommer 2003 (SENSTADTUM 2015b).

Box 7: Grunewald – Wald des Jahres 2015

Am internationalen Tag des Waldes wurde der Grunewald in Berlin vom Bund Deutscher Forstleute mit dem Titel „Waldgebiet des Jahres“ für das Jahr 2015 ausgezeichnet. Die Wahl traf auf ihn, da „...es hier in besonderer Weise gelingt, den hohen Besucherdruck (...) in Einklang mit Na-

turschutz und der forstlichen Nutzung zu bringen“ (BDF o.J.a). Schon heute werden Maßnahmen durchgeführt bzw. geplant, die einerseits zukünftig helfen sollen die Folge des Klimawandels für Berlin abzumildern, andererseits die Kommunikation mit der Bevölkerung zu stärken und auf diese Weise zur Vermittlung des Themas Klimawandel in der Großstadt beizutragen.



Abbildung 62: Ein Teil des Grunewalds vor der Kulisse Berlins (Foto: LEILAH HAAG).

Die 3.200 ha große Waldfläche des Grunewalds verbindet eine Vielzahl von Funktionen wie Natur- und Landschaftsschutz, Erholung, Trinkwassergewinnung und Stadtklima-verbesserung. Eine Vielzahl von Besucher/-innen, Berliner/-innen und Tourist/-innen nehmen jedes Jahr diese ▶ Ökosystemdienstleistungen in Anspruch. Neben den Vorteilen dieser Nutzung für die Bevölkerung führt sie zwangsläufig auch zu Nutzungskonkurrenzen und Problemen (z.B. Müll, Waldbrand).

Abbildung 63: Naturschutzgebiet Sandgrube im Jagen 86 des Grunewalds. (Foto: LEILAH HAAG).



Dessen ungeachtet verfügt der Grunewald über zahlreiche schützenswerte Biotope (LSG, NSG, FFH), die gleichzeitig Lebensraum für seltene und schützenswerte Arten sind wie z.B. den Heldbock (*Cerambyx cerdo*) oder den Eremiten (*Osmoderma eremita*).

Um den Grunewald hinsichtlich seiner Funktionen für das Klima und die Trinkwasserversorgung Berlins weiter aufzuwerten, werden mithilfe des Berliner Mischwaldprogramms vermehrt Eichen angepflanzt, die laut Berliner Forsten hitzeresistenter sein sollen (KÖGEL 2015).

Der Wald ist zudem FSC zertifiziert, weshalb etwa auch auf ▶ Naturverjüngung gesetzt wird und dadurch einheimische Bäume gefördert werden, auf Chemikalien verzichtet, die Holzernte nachhaltig betrieben und durch Referenzflächen das Wissen über die Waldentwicklung ausgebaut wird.

Durch den „Dauerwaldvertrag“ ist die Waldfläche des Grunewalds bereits seit 100 Jahren gesichert und kann auch zukünftig als größtes zusammenhängendes Waldgebiet Berlins seinen Nutzen für die Stadt entfalten (BDF o. J. b).

Ein ▶ klimaplastischer Wald kann extreme Witterungsereignisse sehr gut puffern. Dazu sollte er vor allem eine hohe Baumartendiversität aufweisen, die eine breite ▶ ökologische Amplitude abdeckt (JENSSEN 2009). Die Wälder Berlins bestehen gegenwärtig zu 60,1% aus Kiefern und zu 4,8% aus anderen Nadelhölzern. Bei den Laubbäumen dominiert die Eiche (20,8%) vor der Buche (3,7%) und eine Reihe anderer Laubbaumarten (10,7%) (SENSTADTUM 2015b). Sie sind durch verschiedene Klimasignale herausgefordert.

Im Zuge von vermehrten Trockenperioden und Hitzewellen verlängern sich die Zeiträume mit erhöhtem Waldbrandrisiko. Laub, Reisig und dichte Wälder entflammen unter diesen Voraussetzungen sehr schnell. Fast immer ist es menschliches Fehlverhalten, das in diesen Phasen höchster Anfälligkeit des Waldes die Katastrophe auslöst (aus diesem Grund besteht ganzjährig ein Rauchverbot in den Berliner Wäldern).

Stürme beeinflussen die langfristige Waldentwicklung in Struktur und Artenreichtum (vgl. z.B. LÄSSIG/ MOTSCHALOW 2000). Die Berliner Waldbaurichtlinie besagt, dass liegendes und stehendes Totholz sowie Windbruch jeden Alters mit Ausnahme an Gefahrenstellen im Wald verbleibt, um den Anteil an Totholz für die darauf angewiesenen Arten zu erhöhen. Totholz dient vielen Tieren, Pilzen, Flechten und Algen als Lebensraum und ist somit ein wichtiger Bestandteil des Naturschutzes. Zu- bzw. abnehmende Stürme werden somit in jedem Fall die Waldentwicklung Berlins beeinflussen.

Für die Berliner Wälder werden im Zuge des Klimawandels zwei Maßnahmen von großer Bedeutung sein. Die erste Maßnahme (UN-5) zielt auf die Sicherung, Pflege und Entwicklung der Wälder und hier insbesondere die weitere Förderung bzw. den Ausbau des Berliner Mischwaldprogramms, das seit 2012 zum Umbau von Kiefernreinbeständen hin zu stabilen und vitalen Mischwaldbeständen umgesetzt wird. Um bis 2060 den ▶ Waldumbau auf etwa der Hälfte der Berliner Waldflächen durch natürliche Verjüngung oder Pflanzung zu realisieren, muss die Maßnahme auf jährlich insgesamt ca. 100 ha durchgeführt werden (Interview Riestenpatt/ Münte 2015; siehe Teil II, Kap. 14).

Die zweite Maßnahme zum Schutz der Wälder (UN-6) beschreibt die Finanzierung der einen und Wiederinbetriebnahme der weiteren zwei Level-II-Beobachtungsflächen der Berliner Forsten. Die dort erhobenen Daten eignen sich aufgrund ihrer kontinuierlichen und periodischen Aufnahmezeitpunkte und ihrer Standorttreue auch sehr gut, um daraus Erkenntnisse zur langfristigen Entwicklung der Böden und der dynamischen Bodenprozesse abzuleiten (KAUFMANN-BOLL/ KAPPLER/ LAZAR et al. 2011) sowie die biologischen Systemreaktionen wie z.B. Kronenzustand, Bestandeswachstum und Bodenvegetation zu beobachten.⁸²

Grünvolumen puffert Hitze

Das Grünvolumen bezeichnet das oberirdische Volumen des Grünraums aller auf einer Grundfläche stehenden Pflanzen. Es fügt sozusagen der Grünfläche die Höhendimension zu und macht damit die Dichte – oder ebendas Volumen – über einer Fläche sichtbar. Es ist eine Größe aus der Landschaftsplanung⁸³ und wird heute oft aus Satellitenbildern gemessen (vgl. u.a. FRICK 2006, HAAG/ FRICK/ WEYER et al. 2011). Neben den klimatischen Wirkungen des Grünvolumens – Verdunstung, Schaffung von lokaler Luftzirkulation, Beschattung, Sauerstoffproduktion, Staubbindung usw. – hat es eine hohe Erholungsfunktion.

Mehrere Studien zeigen, dass Grünvolumen Hitze puffert, d. h. es wirkt dem ▶ *Heat Island*-Effekt in der Stadt entgegen. Das Forschungsprojekt „Adaptation Strategies for Climate Change in the Urban Environment“ (ASCCUE, Laufzeit 2003-2006) hat u.a. zwei Auswirkungen von Grünvolumen in der Stadt untersucht. Zum einen wurde die Schattenwirkung von Bäumen betrachtet. Auf drei Plätzen in Oxford wurde aufgezeigt, dass die Oberflächentemperatur von Rasen- und Pflasterflächen im Schatten von Bäumen im Vergleich zu

⁸² In den Jahren 1987-2002 wurden von den Berliner Forsten drei Dauerbeobachtungsflächen des Forstlichen Umweltmonitorings ▶ Level II betrieben (SENSTADTUM o.J. a). Nach Ablauf des Monitoringprogramms Naturhaushalt wurden zwei der Beobachtungsflächen stillgelegt. Eine der Flächen im Grunewald wird von den Berliner Forsten weiter betrieben und durch das Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE) ausgewertet. (Interview Riestenpatt/ Münte 2015; siehe Teil II, Kap. 14).

⁸³ Das Grünvolumen wird mit der Grünvolumenzahl (GVZ) gemessen. Die GVZ wurde von der Planungsgemeinschaft Schulze, Pohl und Großmann im Auftrag der Behörde für Bezirksangelegenheiten, Naturschutz und Umweltgestaltung der Hansestadt Hamburg entwickelt, um in der Landschaftsplanung sowie bei Grünordnungs- und Bebauungsplänen verbindliche Festsetzungen hinsichtlich der Quantität der anzupflanzenden Vegetation angeben zu können (SCHULZE/ POHL/ GROßMANN 1984).

unbeschatteten Flächen stark reduziert wird (um bis zu 15 °C). Zum anderen wurde für die Stadt Manchester mit einem Energieumsatzmodell die Oberflächentemperatur für verschiedene Klimaszenarien berechnet und unter verschiedenen Voraussetzungen, u.a. der Variation des Grünvolumenanteils, ausgewertet. Mit der Erhöhung des Grünvolumens um 10% ist es möglich, dem Klimawandel entgegen zu wirken und die maximale Oberflächentemperatur im Jahre 2080 in Manchester nahezu auf dem heutigen Niveau zu halten. Bei unverändertem Grünanteil steigt die Temperatur um 4,3 °C, bei sinkendem Grünanteil (-10%) steigt die Temperatur um 8,2 °C auf dann fast 40 °C an. In einer Untersuchung von TERVOOREN (2015) wurden die Oberflächentemperaturen in Potsdam aus Landsat-Satellitendaten den Daten zur Versiegelung und zum Grünvolumen aus dem Umweltmonitoring von 2010 gegenübergestellt. Die Analysen bestätigen für Potsdam, dass das Grünvolumen zu einer Reduzierung und die Versiegelung zu einer Zunahme der lokalen Temperatur führen.

Die Maßnahme UN-11 dient der Sicherung, Steigerung und Überwachung des Berliner Grünvolumens in Zeiten der wachsenden Stadt. Neben den oben genannten klimatischen Funktionen dient diese Maßnahme gerade bei zunehmenden Temperaturen und Hitzewellen auch der Sicherung der Durchlüftungssituation mit Kalt- und Frischluft. Mit der Etablierung eines Grünvolumenmonitorings, z.B. innerhalb des Umweltatlas, würde neben der Versiegelung ein weiterer Kernindikator zur Auswertung des Stadtklimas zur Verfügung stehen. Eine ähnliche Kenngröße wurde bisher einmalig flächendeckend in der Umweltatlaskarte „Gebäude- und Vegetationshöhen (Ausgabe 2014)“ (SENSTADTUM 2014) aufgenommen. Hierbei handelt es sich jedoch ausschließlich um die Höhenangabe des Stadtgrüns, nicht um das Volumen. Die Einbindung der Kenngröße Grünvolumen in neue Auswertungen des Klimamodells Berlin bis hinein in die „Planungshinweiskarte Stadtklima“ (SENSTADTUM 2015e) verdeutlicht den Bedarf der Etablierung des Grünvolumenmonitorings.

Veränderung der Artenzusammensetzung

Weltweit hat sich das Tempo des Artensterbens in den letzten 50 Jahren immer mehr beschleunigt und zur Jahrtausendwende 2000/2001 betrug es bereits das 1.000fache des natürlichen Artenschwunds (MEA 2005). Besonders die Zerstörung von Lebensräumen und die Ausbreitung invasiver Tier- und Pflanzenarten werden für den drastischen Rückgang der weltweiten Artenvielfalt primär verantwortlich gemacht. Global betrachtet tritt der Klimawandel als eine zusätzliche Belastungsquelle hinzu. Mit Blick auf die ▶ Biodiversität lassen sich ▶ Extinktions- und ▶ Invasionsrisiken unterscheiden: Für die Zukunft gilt, dass sich in Verbindung mit der Klimaerwärmung die Artenanzahl weltweit weiter reduzieren und es große Verschiebungen in den Verbreitungsgebieten und Artenzusammensetzungen geben wird (PARMESAN/ YOHE 2003; URBAN 2015, POMPE/ HANSPACH/ BADECK et al. 2008).

Hinsichtlich der Säugetiere zeigt ein Vergleich mit anderen europäischen Staaten, dass in Deutschland bereits vor einigen Jahren die Artenverluste auffallend hohe Werte aufwiesen (BINOT et al. 1998) und die Gesamtsituation daher als besorgniserregend einzustufen ist. Im deutschlandweiten Vergleich sind für Nordostdeutschland, besonders für die Tiefebene Brandenburgs, die Auswirkungen auf die Arten als besonders negativ herausgestellt worden (POMPE/ HANSPACH/ BADECK et al. 2008). Eine eindeutige Aussage auf lokaler Ebene, wie etwa für Berlin, ist jedoch schwierig. Einerseits überlagern nicht-klimatische Faktoren, wie z.B. „Überbauung oder Versiegelung von Böden, Grundwasserabsenkung, Zerschneidung von Lebensräumen, Erholungsnutzung, Stadtbeleuchtung oder die Sanierung von Bauwerken“ (SENSTADTUM 2012a: 8) teilweise die klimatischen Faktoren. Andererseits sind die Wechselwirkungen und die Wirkungen von Anpassungsmechanismen noch nicht genügend erforscht (mündliche Aussage Frau Luthardt, Regionaler Naturschutztag, 07.11.2015).

Berlin ist eine Großstadt mit einer hohen biologischen Vielfalt, auf die die sich ändernden Bedingungen bezüglich Temperatur und Wasserhaushalt entscheidend Einfluss nehmen können. Mildere Winter, die eine verlängerte Vegetationsperiode bewirken, sind dabei ein maßgeblicher Faktor. Indirekt können sich auch klimabedingte Nutzungsänderungen (z.B. Zerstörung von Brutbiotopen in der Röhrlichtzone durch Badegäste) oder bauliche Maßnahmen auf die biologische Vielfalt (z. B. auf den Lebensraum von Gebäudebrütern) auswirken bzw. zu Verbreitungsgebietsverschiebungen führen (SENSTADTUM 2012a; KOWARIK 2010). In den durchgeführten Workshops mit den Berliner Expert/-innen wurden die folgenden, bereits angesprochenen Veränderungen in Flora und Fauna benannt, wobei der oben genannte Forschungsbedarf zu beachten ist:

- verändertes Zug- sowie Reproduktionsverhalten der Vögel,
- verändertes Wanderungs- sowie Reproduktionsverhalten von Amphibien,
- verändertes Laichverhalten der Fische,

- Anstieg einzelner Arten, z.B. von Wildschweinbeständen,⁸⁴
- verändertes Reproduktionsverhalten von Schädlingen,
- veränderte Verbreitung von Pilzen,
- zunehmende Einwanderungen von ▶ Neobiota (wie Götterbaum, Riesenbärenklau, Spätblühende Traubenkirsche u.a.).

Aufgrund der hohen Unsicherheiten wird in diesem Bereich auf die Formulierung von Maßnahmen verzichtet und stattdessen der Forschungsbedarf adressiert. Ferner wird davon ausgegangen, dass die Maßnahmevorschläge in den anderen Teilbereichen dieses Sektors (Böden, Moore, Gewässer, Wälder, Grünvolumen) einen erheblichen positiven Effekt auf die Erhaltung der Biodiversität im Berliner Klimawandel haben werden.

Verwendung von klima- und standortangepassten Arten

Straßen-, Wald- und Parkbäume werden unter den geänderten Standortbedingungen im Zuge des Klimawandels erheblichem Stress durch Trockenheit, Schädlinge, Krankheiten und Spätfröste ausgesetzt sein. Um die Bäume in Berlin mit ihren essenziellen Klimafunktionen zu erhalten, ist die Erforschung von resistenten Arten wichtig, die in Berlin bereits begonnen hat (FELLHÖLTER/ SCHREINER/ ZANDER et al. 2015). Andererseits besteht laut Berliner Strategie zur Biologischen Vielfalt der Bedarf nach gebietseigenem Pflanz- und Saatgut, um die regionalspezifische genetische Vielfalt zu erhalten (SENSTADTUM 2012a: 19). Die Verwendung von gebietseigenem Pflanz- und Saatgut ist bereits vom Landesbeauftragten für Naturschutz und Landschaftspflege für die „freie Natur“ empfohlen und für Forstflächen im Gesetz über forstliches Vermehrungsgut vom 22. Mai 2002 (BGBl I S. 1658) vorgeschrieben worden (DER LANDESBEAUFTRAGTE FÜR NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSPFLEGE 2004). Die Vorteile sind u.a.: (1.) Pflanzen und Gehölze aus standortnahen Baumschulen sind bereits an die regionalen Bedingungen (Klima-, Wasser- und Bodenverhältnisse) angepasst; (2.) die Anzucht von nicht-heimischen Arten aus Saatgut in standortnahen Baumschulen gewährleistet Pflanzen, die an den Berliner Standort besser angepasst sind, als gezogene Pflanzen aus fernen Baumschulen, (3.) es fallen geringere Transportkosten und -risiken an. (BUTENSCHÖN 2014).

Die Maßnahme UN-7 beschreibt die Erarbeitung eines Konzepts zur Verwendung von klimaresilienten und standortangepassten Arten. Es gilt, den Stand der Forschung auszuwerten und eine Pflanzliste inklusive Angabe zur Klimaresilienz zu erstellen. Die Empfehlung zur Verwendung gebietseigener Gehölze zur Pflanzung in der freien Landschaft (DER LANDESBEAUFTRAGTE FÜR NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSPFLEGE 2004) dient dabei als Grundlage und soll auf die städtisch geprägten Bereiche übertragen und ggf. angepasst werden. Wie die Untersuchungen der HU Berlin zeigen, sind es nicht unbedingt die heimischen Arten, die die „neue Generation“ der Straßenbäume darstellen (FELLHÖLTER/ SCHREINER/ ZANDER et al. 2015; → Kap. 4.2.2). Die Sorten-Auswahl in diesem Projekt basierte u.a. auf vorhergehenden Projekten wie „Stadtgrün 2021“ (EPEL/ SANDER 2012), der GALK Straßenbaumliste (GALK 2015) und der Klima-Arten-Matrix (ROLOFF/ BONN/ GILLNER o.J.), wobei berücksichtigt wurde, dass keine invasiven Arten gepflanzt wurden.

Berliner Naturschutz

In Berlin gibt es 40 Naturschutzgebiete (NSG), 55 Landschaftsschutzgebiete (LSG), 20 Geschützte Landschaftsbestandteile (GLB), 7 flächenhafte Naturdenkmale (ND), den Berliner Anteil des mit dem Land Brandenburg gemeinsam ausgewiesenen Naturparks Barnim, 15 Gebiete gemäß „Fauna-Flora-Habitat (FFH)-Richtlinie“, 5 Gebiete gemäß EU-Vogelschutzrichtlinie (SPA – Special Protected Area) sowie ca. 600 Naturdenkmale, die nicht in der Karte dargestellt sind (SENSTADTUM o.J. f). Rund drei Viertel des Berliner Waldes sind naturschutzrechtlich geschützt (vgl. Abbildung 62).

In § 18 des Berliner Naturschutzgesetzes (NatSchG Bln) ist die Möglichkeit zur Bevorratung von Kompensationsmaßnahmen über das Instrument des ▶ Ökokontos vorgesehen. Auch im Rahmen des „Gesamtstädtischen Ausgleichskonzeptes“ wird es vorgeschlagen (SENSTADTUM o.J. b). In Berlin wird jedoch die Möglichkeit bisher noch wenig in Anspruch genommen. Die erste Maßnahme (UN-8) im Bereich Naturschutz empfiehlt daher die verstärkte Nutzung dieses Instruments. Damit können nicht nur naturschutzfachliche, sondern auch klimaverbessernde Maßnahmen zeitlich entkoppelt umgesetzt, gebündelt und

⁸⁴ Eine aktuelle Studie besagt, dass in kälteren Regionen Europas der Einfluss von mildereren Wintern durch den Klimawandel auf das Anwachsen der Wildschweinpopulation größer ist als in wärmeren Regionen (VETTER/ RUF/ BIEBER et al. 2015).

langfristig gesichert werden, z.B. Entsiegelungsmaßnahmen (SENSTADTUM 2014) oder die klimatisch relevante Aufwertung von Brachflächen.

Die zweite Maßnahme (UN-9) zielt darauf ab, die bisherige Praxis der Schutzgebietsausweisung und der Festlegung ihrer Grenzen zu überprüfen. Berlin besitzt bereits eine ganze Reihe von Schutzgebieten unterschiedlichen Charakters (vgl. Abbildung 64; SENSTADTUM o.J. f). Die Ausweisung von Schutzgebieten wird bisher allerdings unter der Prämisse eines konstanten Klimas vorgenommen. Durch den Klimawandel wird der Faktor Klima von einer konstanten zu einer dynamischen Komponente (*shifting baseline*). Durch Änderungen des Klimas mit seinen Folgen auf biotische und abiotische Faktoren kann der Schutzstatus eines Gebietes gefährdet sein, weil sein Schutzzweck durch den Wegfall von Lebensräumen oder die Abwanderung bestimmter Arten nicht mehr erfüllt ist; umgekehrt können bislang weniger schützenswerte Gebiete an Wert gewinnen. Schutzgebiete sind nun gerade in Zeiten des Klimawandels aufgrund ihrer Vielfalt an seltenen und geschützten Arten von großer Bedeutung (VOHLAND/ BADECK/ BÖHNING-GAESE et al. 2011; HOLSTEN/ VETTER/ VOHLAND et al. 2009). Entsprechend müssen sich auch die Ausweisung von Schutzgebieten und die Festlegung ihrer Grenzen sowie die Management- und Schutzregeln anpassen. Weiterhin sollten Managementregeln in den bestehenden dem Wandel angepasst werden (SCHUMACHER/ SCHUMACHER/ KRÜSEMANN et al. 2014).

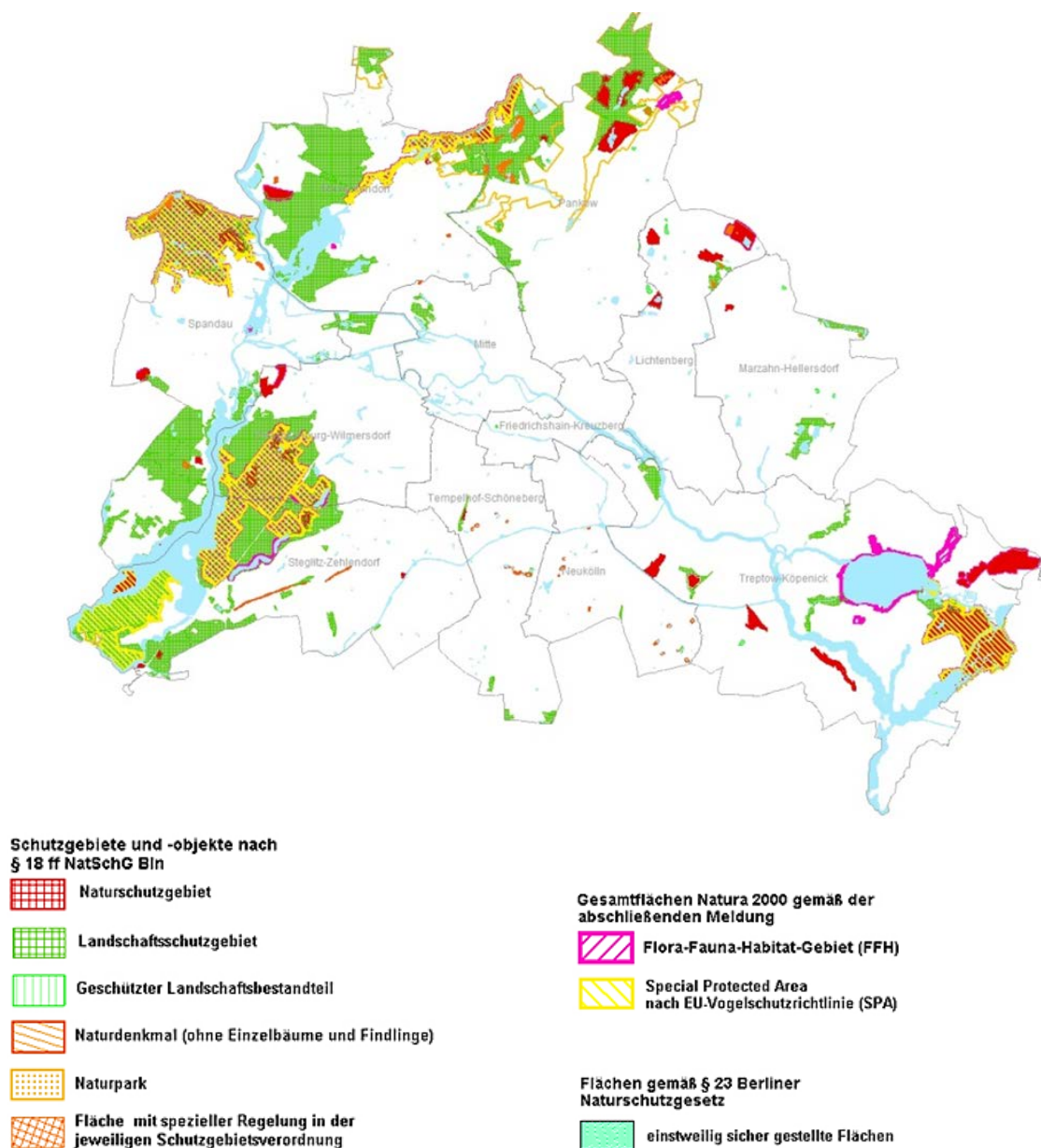


Abbildung 64: Schutzgebiete nach Naturschutzrecht; Quelle: Geoportal Berlin/ Schutzgebiete nach Naturschutzrecht (inklusive Natura 2000) (Umweltatlas), 2013.

Zukünftig sind schließlich *flexible Schutzgebietsgrenzen* zu überprüfen, die in einer einfachen Art und Weise schon durch die Ausweisung von Pufferzonen umgesetzt werden können. Mögliche rechtliche bereits existierende Werkzeuge hierfür sind die Anwendung von §22 Abs.3 BNatSchG bzw. § 22 NatSchG Bln sowie

- ▶ Biotopverbünde oder die Einführung eines Verschlechterungsverbot für alle Schutzgebiete (vgl. Art. 6 (2) FFH-Richtlinie) (REICH/ RÜTER/ PRASSE et al. 2012 und SCHUMACHER/ SCHUMACHER/ KRÜSEMANN et al. 2014). Die Biotopvernetzung wird in Zukunft eine noch größere Rolle spielen, da die Arten auf Grund des Klimawandels weiter wandern werden.

Es gilt die Schutzgebiete durch lineare Landschaftselemente besser zu verbinden, um die Wanderung der Arten zu unterstützen. Auf Grund der für einige Arten begrenzten Möglichkeiten innerhalb Berlins sollte dies über die Grenzen Berlins hinaus in einer gemeinsamen Biotopverbundplanung mit Brandenburg entwickelt werden (vgl. LOTZE-CAMPEN/ CLAUSSEN/ DOSCH et al. 2009).

Landwirtschaft, Kulturlandschaft und Gartenbau

In Gatow und vor allem im Nordosten Berlins wird derzeit auf einer Fläche von 1.985 ha (ca. 2% der Landesfläche) in 39 Betrieben Landwirtschaft betrieben. Hauptsächlich wird Roggen und Wintermenggetreide zur Körnergewinnung sowie Feldgras zur Grünernte angebaut. Ca. 36% der Landwirtschaftsfläche wird als Dauergrünland genutzt. Die restliche Fläche wird für Baum- und Beerenobst sowie als Baumschule verwendet (AfS 2014). Zudem gibt es Betriebe mit geringen Viehbeständen, darunter Rinder, Schweine, Schafe und Geflügel sowie zahlreiche Kinderbauernhöfe.

Der prognostizierte Temperaturanstieg, die zunehmende Trockenheit, die Zunahme von Starkregenereignissen sowie die Verschiebung von Vegetationsperioden erfordern eine Anpassung von landwirtschaftlichen Nutzungs- und Bewirtschaftungsformen. Neben Ertragseinbußen durch lang anhaltende Trockenheit und Extremereignisse (wie z.B. Zerstörung der Obstblüte durch Hagel) einerseits kann die Landwirtschaft andererseits von wärmeren Durchschnittstemperaturen tendenziell auch profitieren. Längere Vegetationsperioden ermöglichen beim Grünland mehr Schnitte und bei bestimmten Ackerpflanzen zwei Ernten pro Jahr. Es konnte wissenschaftlich gezeigt werden, dass sich durch eine Verlängerung bzw. Verschiebung der Vegetationsperiode auch die Entwicklungsphasen der Feldfrüchte verschieben, was zu überlappenden Erntezeiträumen und damit verbundenen Ressourcenknappheiten im Betrieb führen kann (PROCHNOW/ RISIUS/ HOFFMANN et al. 2015).

Die Nutztierhaltung ist vor allem von heißeren, trockeneren Perioden betroffen. So sind zum Beispiel die Legeleistung von Hühnern und die Milchmenge bei Kühen bei Hitze deutlich reduziert. Außerdem können Parasiten bei wärmeren Temperaturen besser überleben. Die bisherigen Vorgaben zur Haltung von Tieren auf der Weide und in Ställen müssen daher in Zukunft überprüft und angepasst werden. Hierzu gehören genügend Unterstände zur Beschattung sowie ein ausreichendes Trinkwasserangebot. Die Ställe sind im Sommer ausreichend zu kühlen.⁸⁵

Für Anpassungsmaßnahmen ist die Erhaltung der Kulturlandschaft Berlins, die gleichermaßen für Natur- und Artenschutz und Erholung der Bevölkerung von Nutzen ist, von großer Bedeutung. Eine hier ansetzende Maßnahme (UN-10) empfiehlt daher, diese Flächen durch Beweidung und Grünlandbewirtschaftung zu erhalten. Bei steigenden Temperaturen und häufigeren Extremereignissen gewinnen gerade sie als Frei- und klimatische Ausgleichsflächen an Bedeutung. Es handelt sich meistens um großflächige, gut wasserversorgte und mit flacher Vegetation bestandene Flächen. Genau diese Eigenschaften ermöglichen die Entstehung von Kalt- und Frischluft. In dem Teil *Maßnahmen* der Planungshinweiskarte, Maßnahme 23 (SENSTADTUM 2015 e, vgl. Abbildung 65) wird die Flächenkulisse der Berliner Kalt- und Frischluftentstehungsgebiete dargestellt und empfohlen diese zu schützen.

Bei der Beweidung dieser Flächen ist zu beachten, die Weidetiere in heißen Sommern genügend Beschattung und Trinkwasser zur Verfügung haben. Bei anderen Pflegemaßnahmen müssen Bewirtschaftungsformen eingesetzt werden, die z.B. ein nachhaltiges Bewässerungsmanagement beinhalten und gleichzeitig Wassererosion vermindern. Gute Beispiele bieten die Projekte auf der ehemaligen Rieselfeldlandschaft Hobrechtsfelde, wo ein Erprobungs- und Entwicklungsvorhaben (E+E) für das größte Waldweidegebiet Deutschlands 2015 abgeschlossen wurde (SENSTADTUM o.J. c), und dem NSG Falkenberger Rieselfelder, wo seit 1998 ein

⁸⁵ Da der Landwirtschaftssektor von seiner Bedeutung her für Berlin insgesamt eher nachrangig zu bewerten ist, wird in diesem Konzept keine gesonderte Maßnahme für die Landwirtschaft beschrieben, sondern im Folgenden gesondert auf das Thema Kulturlandschaft eingegangen.

Beweidungsprojekt mit Abbildzuchtungen (Wildformen von Pferd und Auerochse) betrieben wird (SENSTADTUM o.J. g).

Vergleichbar mit den Betroffenheiten in der Landwirtschaft wirkt sich der Klimawandel auch auf Kleingärten und andere Privatgärten aus. In Berlin gibt es 918 Kleingartenanlagen mit über 73.000 Kleingartenparzellen, die insgesamt eine Fläche von ca. 3,4% der Landesfläche ausmachen (AFS 2014). Keine andere Großstadt hat eine vergleichbare Anzahl (SENSTADTUM o.J. d).

Private Gärtner/-innen sind zwar nicht wirtschaftlich abhängig von ihrer Ernte, aber der Erhalt der Grünpflanzen leistet in Berlin einen wertvollen Beitrag zur Luftverbesserung und Kühlung der angrenzenden (Wohn-)gebiete. Zudem bilden die Gärten Orte der Naherholung. Die steigende Anzahl der sogenannten „urbanen Gärten“ (Trend des „Urban Gardenings“) in Berlin bringen diese Wirkungen auch in die hochurbanisierten Räume der Innenstadt. Neben weiteren positiven Funktionen können Gärten zudem (z. B. durch

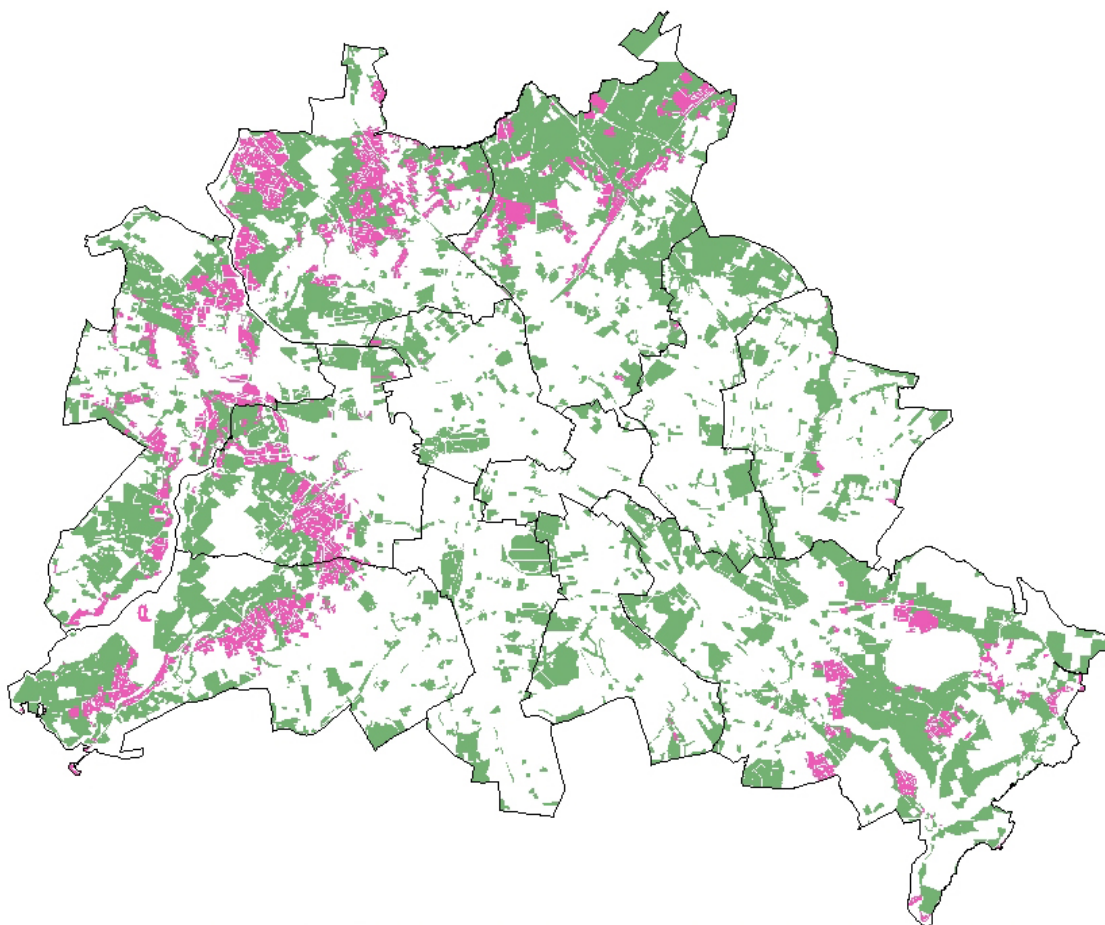


Abbildung 65: Flächenkulisse der Planungshinweiskarte, Maßnahme 23 – Schutz von für den Kaltlufthaushalt relevanten Flächen; rosa: Siedlungsraum, wie z.B. freistehende Einfamilienhäuser mit Garten; grün: Grün- und Freiflächen; Quelle: Umweltatlas Berlin.⁸⁶

den eigenen Anbau von Obst und Gemüse) auch als förderlich mit Blick auf Umweltbewusstsein/ Umweltbildung angesehen werden. Eine weitere Maßnahme (UN-12) empfiehlt daher dem Landesverband Berlin der Gartenfreunde e.V., der in Berlin die Interessen von ca. 70.000 Kleingärtnerfamilien vertritt (LV GARTENFREUNDE o.J.), eine neue Rubrik „Klimaanpassung“ in ihrer Mitgliederzeitschrift „Gartenfreund“ sowie bei Seminaren und Lehrveranstaltungen zu integrieren. Hitzestress im Garten sowie Ratschläge zu klimaangepassten Fruchtfolgen, Schädlings- und Pilzbekämpfung sowie Artenauswahl sind beispielsweise relevante Themen. Erste Vorträge zu dem Thema sind bereits im aktuellen Seminar-Programm zu finden (LV GARTENFREUNDE 2015).

⁸⁶ Vgl. dort: Klimamodell Berlin: Planungshinweise Stadtklima 2015 – Maßnahmen.

4.2.4.2 Maßnahmen

Vor dem Hintergrund der oben aufgezeigten Klimawirkungen, Vulnerabilitäten und Bedarfe für Anpassungsmaßnahmen werden im Folgenden alle Maßnahmen dieses Handlungsfeldes zusammenfassend in einer tabellarischen Übersicht mit Kürzeln (UN-x), Namen und Kurzbeschreibungen dargestellt (Tabelle 18); für eine ausführlichere Darstellung der einzelnen Maßnahmen sei auf die jeweiligen Maßnahmenblätter in Kap. 11.4 verwiesen.

Nr.	Maßnahme
UN-1	Berücksichtigung der Belange des vorsorgenden Bodenschutzes in der räumlichen Planung
UN-2	Bodenmonitoring: Einrichtung innerstädtischer Bodendauerbeobachtungsflächen
UN-3	Schutz, Pflege und Renaturierung der Berliner Moorstandorte
UN-4	Fortführung und Ausbau des Berliner Moormonitorings
UN-5	Sicherung, Pflege und Entwicklung der Berliner Wälder
UN-6	Fortführung des ICP Forest Level-II-Monitorings
UN-7	Konzept und Pflanzliste zur Verwendung von klimaresilienten und standortangepassten Arten
UN-8	Einrichtung eines ▶ Flächenpools/ Ökokontos für Berlin
UN-9	Überprüfung von bestehenden Schutzgebieten
UN-10	Sicherung und Pflege der Berliner Kulturlandschaft
UN-11	Sicherung, Steigerung und Monitoring des innerstädtischen Grünvolumens
UN-12	Informationskampagne „Klimaanpassung im Kleingarten“

Tabelle 18: Maßnahmen im Sektor Umwelt und Natur - Übersicht.

4.2.5 Energie- und Abfallwirtschaft

Die Energiewirtschaft einerseits und die Abfallwirtschaft/ Entsorgung andererseits sind zentrale Komponenten städtischer Infrastruktur.⁸⁷ Ihr Funktionieren ist für die Wirtschaft und das alltägliche Leben unverzichtbar, die Abschätzung ihrer Klima-Vulnerabilität von strategischer Bedeutung.

4.2.5.1 Vulnerabilität

Die Klimawirkungen und Vulnerabilität werden im Folgenden für die beiden Teil-Handlungsfelder Energiewirtschaft (4.2.5.1.1) und Abfallwirtschaft (4.2.5.1.2) nacheinander behandelt.

4.2.5.1.1 Energiewirtschaft

Das Handlungsfeld „Energiewirtschaft“ umfasst die Umwandlung, Weiterleitung sowie die Speicherung und Nutzung von Energie einschließlich des Energiehandels und der Unternehmen, die diese Vorgänge abwickeln. Bei der Analyse wird besonders auf klimabedingte Änderungen des Energiebedarfs, die Beeinflussung von Stromerzeugungsprozessen sowie extremwetterbedingte Schäden an der Energieinfrastruktur geachtet. Die Förderung und Bereitstellung von Primärenergieträgern wird hier nicht betrachtet.

Störungen oder Ausfälle in Teilkomponenten des Energiesystems können sich rasch ausbreiten und in andere Sektoren überspringen. Damit gehört das Energiesystem zu den *Kritischen Infrastrukturen* (KRITIS), deren Störung oder Ausfall großflächige, nachhaltig wirkende Versorgungsengpässe sowie erhebliche Störungen im Gemeinwesen verursachen würde (BMI 2009).

Veränderung der Energienachfrage durch den Klimawandel

Im Zuge der allgemeinen Erhöhung der Durchschnittstemperaturen, insbesondere auch der mildereren Wintermonate, wird sich die Anzahl der Heiztage deutlich verringern. Umgekehrt wird der Anstieg der sommerlichen Durchschnittstemperaturen, vor allem aber das häufigere Auftreten sommerlicher Hitzespitzen, die Nachfrage nach Gebäudekühlung erhöhen. Eine Quantifizierung und Bilanzierung der kontrastierenden Effekte wurde im Rahmen des AFOK nicht vorgenommen. Dennoch können einige Hinweise auf der Basis der Literatur gegeben werden.

Der Heizbedarf wird wesentlich durch die Zahl der Heiztage bestimmt – also der Tage, an denen eine bestimmte Außentemperatur unterschritten wird. In Deutschland legen die technischen Richtlinien für Gebäude (VDI-Richtlinie 2067/ DIN 4108 T6) die Heizgrenze bei $<15\text{ °C}$ (T_{mittel}) fest. Neben der Änderung des Klimas⁸⁸ ist daher die Änderung der energetischen Eigenschaften des Gebäudesektors durch Sanierungsmaßnahmen und Neubau eine entscheidende Determinante des Wärmebedarfs. Da die Sanierungsrate in Berlin laut BEK von derzeit knapp 0,8% pro Jahr auf 1,5% (2025) bzw. 2,2% (2050) deutlich gesteigert werden soll, kann von einem zusätzlichen Trend zur Reduzierung des Gebäudewärmebedarfs ausgegangen werden (was – *ceteris paribus* – auch zu einer Senkung der Heiz- bzw. Betriebskosten führen dürfte).

Umgekehrt wird die für Berlin prognostizierbare Zunahme an heißen Sommern und insbesondere sommerlicher Hitzespitzen den Kühlbedarf im Wohn- und Nichtwohngebäudesektor merklich ansteigen lassen, wodurch auch die Betriebskosten steigen können (UBA 2015: 514; BUNDESREGIERUNG 2008: 34). Unter aktuellen Bedingungen bedeutet dies in erster Linie eine Zunahme des Stromverbrauchs und damit der Treibhausgasemissionen. Zudem geben herkömmliche Klimaanlage sowie die sog. Monogeräte für Einzelräume, die derzeit vor allem im gewerblichen Bereich eingesetzt werden, die überschüssige Raumwärme an die Umgebung ab und tragen so zusätzlich zum städtischen Wärmeinsel-Effekt bei.

Die Quantifizierung dieser beiden Effekte – Abnahme des Wärmebedarfs im Winter, Zunahme des Kühlbedarfs im Sommer – ist schwierig. In einer empirisch gut kalibrierten Simulationsstudie der *Forschungsstelle für Energiewirtschaft*, die den Klimawandel explizit berücksichtigt, wird davon ausgegangen, dass die klimatisierte Fläche in Deutschland zwischen 2015 und 2030 um 11% (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen: GHD) bzw. 280% (private Haushalte) zunehmen wird (GOBMAIER/ MAUCH/ BEER 2012:

⁸⁷ Das Klimawirkungsmodell des Sektors „Energie- und Abfallwirtschaft“ (ENA) findet sich in Teil II des AFOK-Endberichts (→ Kap. II).

⁸⁸ Betrachtet man allein den Faktor Klimawandel so stellte eine auf ganz Europa bezogene Studie fest, dass von einem Rückgang der Heiztage um 11-20% ausgegangen werden, je nach Emissionsszenario (ISAAC/ VAN VUUREN 2009).

71).⁸⁹ Im GHD-Bereich wird dabei 2030 bereits eine gewisse Sättigung eingetreten sein, während die privaten Haushalte – auf niedrigerem Niveau – auch bis 2030 weiter Zuwächse zu verzeichnen haben werden. Einsparungen beim Strombedarf für Klimatisierung von etwa 10% können dieser Studie zufolge dadurch erzielt werden, dass Menschen bereit sind, zugunsten des Energiesparens höhere Raumtemperaturen zu akzeptieren (ebd.) – also eine Verhaltensanpassung der Anpassung durch Technik-/Energieeinsatz vorziehen.⁹⁰ Alternative Formen der Gebäudekühlung wurden in dieser Studie nicht berücksichtigt, werden aber für Berlin wichtig werden, wenn der steigende Kühlbedarf möglichst klimaneutral zu decken ist.

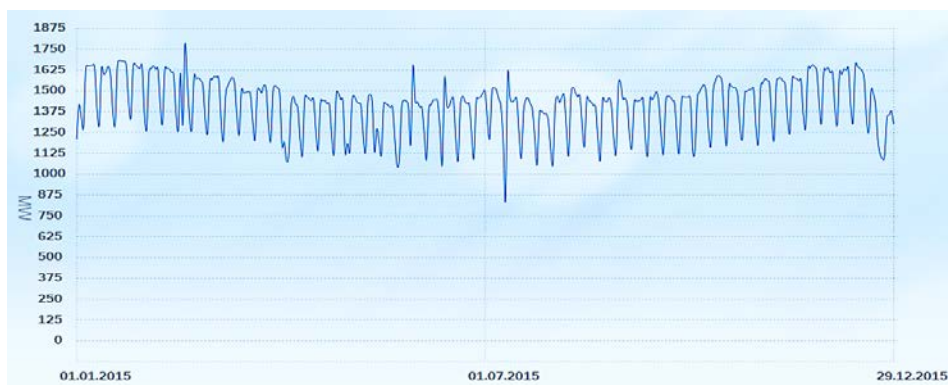


Abbildung 66: Lastgang im Berliner Stromnetz vom 1.1. bis 31.12.2015. Quelle: STROMNETZ BERLIN GMBH o.J.

Die Frage ist nun, wie sich beide kontrastierenden Effekte des Klimawandels – geringere Wärmenachfrage im Winter, höhere Kältenachfrage im Sommer – netto auf Höhe und Zusammensetzung der Endenergienachfrage auswirken. Studien, die diesen Nettoeffekt quantitativ betrachten, kommen übereinstimmend zu dem Schluss, dass für Deutschland der Effekt der winterlichen Nachfragesenkung den Effekt der sommerlichen Nachfragerhöhung (deutlich) überwiegt (OLONSHECK/ HOLSTEN/ KROPP 2011, PILLI-SIHVOLA/ AATOLA/ OLLIKAINEN et al. 2010). Allerdings muss zwischen einer reinen energetischen Betrachtung (wie in den beiden genannten Publikationen) und einer Kostenbetrachtung unterschieden werden. Da die Kosten der Elektrizitätsbereitstellung höher sind als die der Wärmebereitstellung, reduziert sich die „energetische Klimawandel-Dividende“ unter Kostengesichtspunkten deutlich. MIMA/ CRIQUI/ WATKISS (2011) kommen für die 27 EU-Mitgliedsstaaten zu dem Ergebnis, dass die Nettoeffekte des Klimawandels auf die Energiekosten in der betrachteten Hinsicht nur vergleichsweise gering sind (4 Mrd. € pro Jahr in 2050, 12 Mrd. in 2100). Auf dem ersten AFOK-Workshop berichteten die Vertreter von GASAG und Vattenfall über erhebliche Rückgänge beim Gas- bzw. Wärmeabsatz in milden Wintern (bis zu 20% weniger).

Der aktuelle Anteil von rd. 14% für Gebäudekühlung im Berliner Stromnetz (hauptsächlich Nicht-Wohngebäude) wird im Zeichen des Klimawandels mit großer Wahrscheinlichkeit zunehmen. Derzeit zeigt der Jahreslastgang des Berliner Stromnetzes eine deutliche Maximalausprägung in den Wintermonaten, im Sommer geht der Stromverbrauch merklich zurück (vgl. Abbildung 66).

Im Rahmen des AFOK-Stakeholder-Workshops wurde die Einschätzung geäußert, dass der zu erwartende energetische Mehrbedarf für konventionelle Gebäudekühlung in Berlin *höher* ausfallen könnte als der Rückgang des Wärmebedarfs. Diese Vermutung wird von der Literatur nicht gedeckt (s.o.), könnte aber mit Blick auf die *Kosten* der Energiebereitstellung durchaus zutreffen, da (reine) Stromerzeugung teurer ist als Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung.

⁸⁹ Dabei muss beachtet werden, dass der Anteil klimatisierter Wohngebäude kleiner ist als der klimatisierter Nicht-Wohngebäude. MATTHES et al. (2013) gehen von einem deutlich geringeren Anstieg des Stromverbrauchs privater Haushalte für Gebäudekühlung von 0,5 TWh (2008) auf 0,7-0,9 TWh (2030) aus.

⁹⁰ In einem ähnlichen Projekt für die brandenburgische Landeshauptstadt Potsdam konnte auf der Grundlage von Messdaten der Jahre 2000-2013 errechnet werden, dass der zusätzliche Bedarf für Strom zur Kühlung pro Grad Celsius (über 30 °C) 1,3% beträgt (REUSSWIG/ WEYER/ HAAG et al. 2015: 27). Im betrachteten Zeitraum hatte die Ausstattung mit Geräten zur Gebäudekühlung kaum zugenommen.

Hinzu kommt, dass in der Berechnung von MIMA/ CRIQUI/ WATKINS (2011) der städtische Wärmeinsel-Effekt nicht berücksichtigt wurde, der zu einer zusätzlichen Kältenachfrage führt. Bezieht man diese Aspekte ein, dann könnten die Aussagen von GASAG und Vattenfall speziell für Berlin durchaus plausibel sein.⁹¹

Verwundbarkeiten des Stromnetzes

Das Stromnetz ist eine Schlüsselkomponente der kritischen Infrastrukturen. Insbesondere Freileitungen sind anfällig gegenüber Extremwetterereignissen (BUTH/ KAHLENBORN/ SAVELSBERG et al. 2015: 531-533, vgl. auch DUNKELBERG/ STEGNITZ/ HIRSCHL 2009). Eine Auswertung der Störungs- und Schadensstatistik der deutschen Netzbetreiber (ROTHSTEIN/ MIHLER/ OTTENSCHLÄGER 2007) kommt zu dem Ergebnis, dass rd. 75% der Störungen des Netzbetriebs auf Blitzeinschläge zurückzuführen waren, Wind und Eislasten dagegen deutlich weniger Störungen verursachten, dafür aber zu längeren Versorgungsunterbrechungen führten.

Das Berliner Stromnetz wird von den Experten auf den AFOK-Workshops als sicherer und weniger anfällig für den Klimawandel eingeschätzt als das deutsche Netz insgesamt. Als ein erster Proxy-Indikator dafür kann die durchschnittliche Dauer eines Stromausfalls in der Hauptstadt gelten: In Berlin blieb 2014 jede/r Verbraucher/-in statistisch gesehen rund 9,78 Minuten ohne Strom, deutschlandweit waren es 12,28 Minuten (STROMNETZ BERLIN GMBH 2015).

Einer der Gründe dafür ist die Tatsache, dass in Berlin – bedingt durch die besonderen baulichen und infrastrukturellen Gegebenheiten einer Großstadt – ein Großteil des Leitungsnetzes unterirdisch verläuft. Das Berliner Stromnetz hat eine Länge von 36.225 km und umfasst die Netzebenen Hochspannung (110 kV), Mittelspannung (10 kV) und Niederspannung (0,4 kv/400 V). Nur rd. 700 km Freileitungen (Hoch- und Niederspannung) gibt es im Stadtgebiet. Eine Berliner Besonderheit stellt die unterirdische 380 kV Diagonalverbindung durch das Stadtgebiet dar (50HERTZ o.J.). 98,1% der Leitungen in Berlin sind unterirdisch verlegt und damit vor Blitzeinschlägen, Eis und Frost sicher.

Die Verlegung von Freileitungen in den Untergrund erfolgt bereits seit Jahren und ist mit erheblichen Investitionen verbunden.⁹² Im Ergebnis wird das komplette Netz damit direkten Klimaeinflüssen entzogen. Bis zum Jahr 2033 sollen alle Strommasten aus dem Stadtbild verschwunden und das gesamte Berliner Netz unterirdisch verlegt sein (vgl. Abbildung 67).

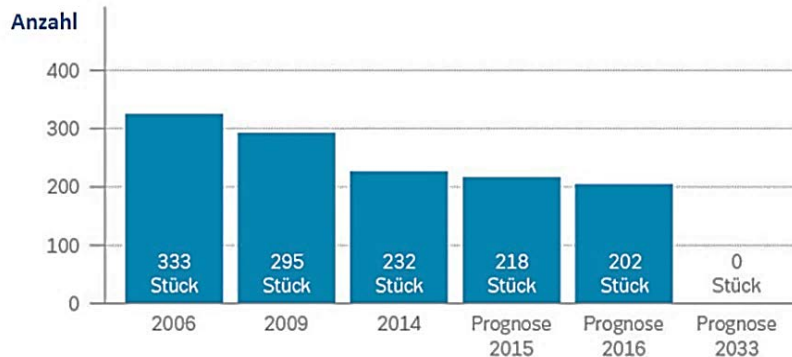


Abbildung 67: Entwicklung der Anzahl der Strommasten im Berliner Stromnetz 2006-2033 (Prognose).

Quelle: STROMNETZ BERLIN GMBH 2015.

Positiver Nebeneffekt dieser Aktivität ist, dass die Erdkabel nicht nur weniger störanfällig für extreme Witterungsverhältnisse sind, sondern auch mehr Strom transportieren können als Freileitungen. Allerdings geht diese Vulnerabilitätssenkende „Abschottung“ des Stromnetzes durch Bodenverkabelung mit zwei

⁹¹ Hinzu kommt, dass der klimawandelbedingte Rückgang der Brennstoffkosten im Winter mit einem Anstieg der spezifischen Heizkosten bei Öl, Gas und Fernwärme durch einen höheren Fixkostenanteil einhergeht.

⁹² Im Jahr 2015 gab die Stromnetz Berlin GmbH rund 288 Mio. € für Unterhalt und Ausbau des Berliner Netzes aus. Der Anteil der Bodenverkabelung daran ist uns nicht bekannt.

vulnerabilitätssteigernden Faktoren einher.⁹³ Zum einen – unabhängig vom Klimawandel – ist das unterirdische Netz anfällig für unbeabsichtigte Beschädigungen/ Unterbrechungen durch Bauarbeiten. Der unterirdische Raum der Stadt ist knapp und mit diversen Funktionselementen und Netzen belegt (U-Bahn, Gas, Wasser, Kanalisation, Telekommunikation etc.). Dadurch kommt es immer wieder zu Störungen, die allerdings nichts mit dem Klimawandel zu tun haben.

Spezifisch mit dem Klimawandel verknüpft zeigt sich aber eine andere Anfälligkeit des unterirdischen Stromnetzes: der sog. „Sommerfrost“ (Mitteilung Stromnetz Berlin auf I. Stakeholder-Workshop, vgl. auch VEIT/ VOGELSSANG 2006). Darunter wird verstanden, dass unterirdische Stromleitungen anfällig sind für Bodenabsenkungen, die sich insbesondere in längeren Trockenphasen häufiger ereignen. Besonders anfällig sind dabei die sog. „Muffen“ der Kabel, also die Verbindungsstücke zwischen zwei Kabelsträngen bzw. zwischen Kabel und anderen Elementen.⁹⁴ Die für Berlin wahrscheinliche Zunahme von Trockenphasen erhöht die Wahrscheinlichkeit solcher Sommerfrost-Ereignisse.

Das Netz besteht nicht nur aus Stromkabeln. Stromnetz Berlin GmbH betreibt zudem 78 Umspannwerke, 10.910 Netz- und Kundenstationen sowie rd. 16.600 Kabelverteilerschränke (Trafostationen), die den Strom auf die Niederspannungsebene verteilen (STROMNETZ BERLIN GMBH 2015). Die Trafostationen sind an das aktuelle Klima in Berlin angepasst und funktionieren bei Außenlufttemperaturen bis ca. 35°C ohne Probleme, bei höheren Temperaturen steigt aber das Ausfallrisiko (Aussage auf I. Stakeholder-Workshop).

Die relativ geringe Vulnerabilität des Berliner Stromnetzes bedeutet aber nicht, dass Berlins Stromversorgung vollständig gegen Extremwetterereignisse gefeit wäre. Laut Berechnungen der Machbarkeitsstudie (REUSSWIG/ HIRSCHL/ LASS et al. 2014a: 93) wurden 2010 gut 30% des Berliner Strombedarfs importiert. Dieser bilanzielle Stromimport verteilt sich sehr unterschiedlich über das Jahr (vgl. Abbildung 68).

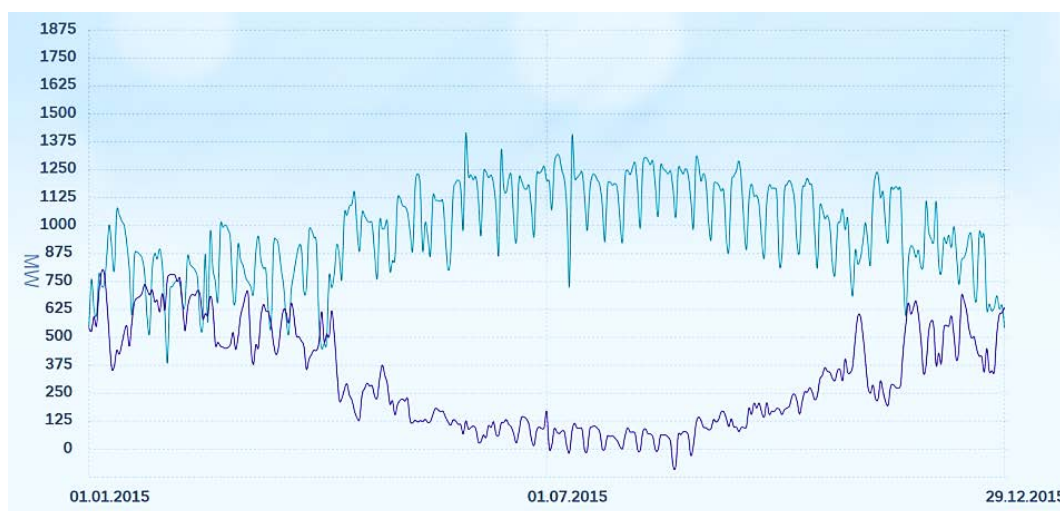


Abbildung 68: Eigenerzeugung (violette Linie, unten) und Stromimporte (grüne Linie, oben) im Last-gangprofil des Jahres 2015. Quelle: STROMNETZ BERLIN GMBH O.J.

Durch den hohen Anteil an Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) in Berlin steigt die Eigenerzeugung in den Wintermonaten an, in denen die Wärmeerzeugung im Vordergrund steht. Im Sommer sinkt die Eigenerzeugung, die Stromimporte steigen an. Da im „Importraum“ Berlins – also in Brandenburg und in anderen Bundesländern – der Freikabel-Anteil des Stromnetzes deutlich höher liegt, besteht ganzjährig, aber vermehrt im Sommer, eine *indirekte* Vulnerabilität der Berliner Stromversorgung gegenüber wetterbedingten Netzstörungen (Blitzschlag, Sturmschäden, im Winter: Vereisung). Auch klimawandelbedingte Beeinträchtigungen der Stromerzeugung – z.B. durch Produktionsdrosselung wegen verminderter Kraftwerkskühl-

⁹³ Das Netzwerk Vulnerabilitätsanalyse sieht nur Freileitungen als gefährdet an, Erdkabel gelten dagegen als nicht anfällig; sie könnten „durch die Versorger im Normalbetrieb bewältigt werden“ (BUTH/ KAHLNBORN/ SAVELSBURG et al.: 531).

⁹⁴ Der Begriff „Sommerfrost“ wurde von der Energiewirtschaft gewählt, weil das Schadensbild an Muffen und Kabeln durch trockenheitsbedingte Bodenabsenkungen dem Schadensbild durch winterliche Frostereignisse ähnelt.

kapazitäten (s. u.) – außerhalb Berlins (BUTH/ KAHLENBORN/ SAVELSBERG 2015, WEISZ/ KOCH/ LASCH et al. 2013) pflanzen sich über die Importquote nach Berlin fort. Hier wird es darauf ankommen, die Eigenproduktion von Strom insbesondere in den Sommermonaten zu steigern, etwa durch den weiteren Ausbau von Photovoltaik, die Schaffung von Flexibilitäts Optionen (wie Speicher, virtuelle Kraftwerke) sowie der Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung, wie sie auch im BEK vorgesehen sind (vgl. HIRSCHL/ REUSSWIG/ WEIB et al. 2015).

Blackout-Gefahr

Alle bisher genannten Faktoren – einschließlich der Störungfortpflanzungen aus dem bundesdeutschen Übertragungsnetz – haben wiederkehrende Schwankungen in der Netzspannung zur Folge, welche zu Leistungsunterbrechungen bis hin zum kompletten Stromausfall („Blackout“) führen können. Auch der wachsende Anteil volatiler erneuerbarer Energien im Netz ist mit Spannungsschwankungen verbunden und stellt ein Ausfallrisiko dar, sofern er nicht über Flexibilitäts Optionen und Anpassung der Rahmenbedingungen aufgefangen wird.

Längere Stromausfälle haben in modernen Gesellschaften erhebliche Folgewirkungen: Im *Energiesektor* selbst sind die Schalt- und Steuerungssysteme anderer Energieträgernutzungen (z.B. Leitzentralen des Gasnetzes) strombetrieben und fallen aus. Im Bereich *Landwirtschaft und Ernährung* wird Strom vielfältig verwendet (z.B. für Melkanlagen, Prozessenergie, Kühlkette). Der *Verkehrssektor* wäre durch Ampelausfälle, Pumpenausfälle bei Tankstellen sowie dem Stillstand von U- und S-Bahnen massiv betroffen. Die *Wasserwirtschaft* benötigt Strom für Trinkwasseraufbereitung und Abwasserentsorgung. Im *Gebäudesektor* sind neben der Beleuchtung auch Klimaanlage, Pumpen und Fahrstühle betroffen sowie Anlagen der Gebäudesicherheit. Im *Telekommunikationsbereich* sind sowohl Festnetz als auch Handynetze gefährdet, die Nachrichtenübermittlung (Funk, Fernsehen, Presse) wäre stark betroffen. Auch das Internet wäre gefährdet, Geldautomaten funktionieren nicht mehr.

Einige der erwähnten vulnerablen Bereiche sind durch Notstromaggregate oder Batterien für einen kurzen Zeitraum abgesichert (z.B. Krankenhäuser, Telekommunikationszentren), aber andere würden erhebliche Schäden davontragen. Das Risikobewusstsein der Bevölkerung gegenüber den Gefahren eines Blackout ist als niedrig einzuschätzen (PETERMANN/ BRADKE/ LÜLLMANN et al. 2011), was die Vorsorge tendenziell vermindert und die Vulnerabilität tendenziell erhöht. In ganz Deutschland würde eine Stunde Stromausfall im Schnitt rd. 430 Mio. € kosten. Fände der Stromausfall an einem Montag im Dezember statt, stiegen die Kosten gar auf 750 Mio. € (GROWITSCH/ MALISCHEK/ NICK et al. 2013).

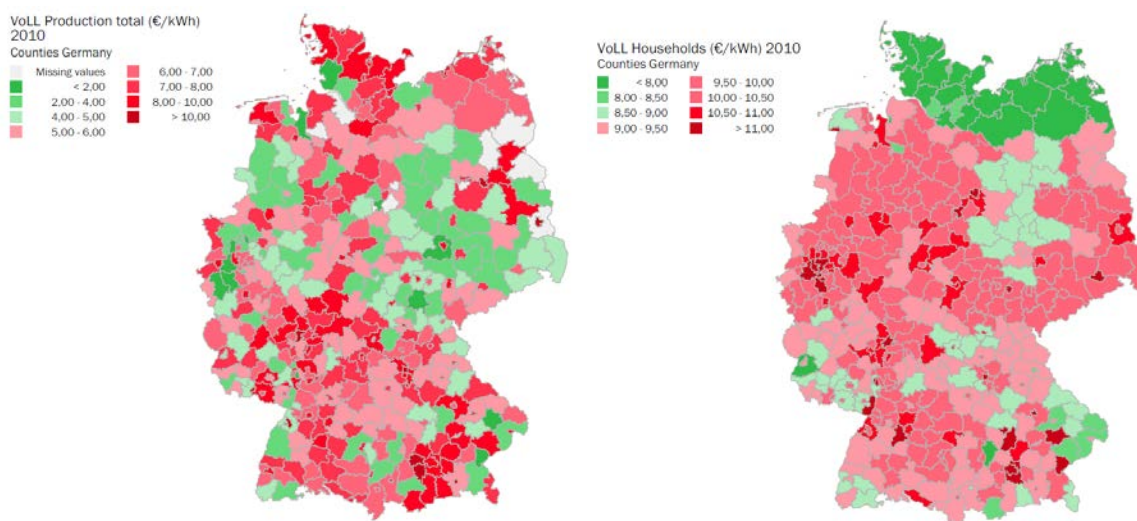


Abbildung 69: Stromausfallkosten (Value of Lost Load, VoLL) in €/kWh nach Landkreisen und kreisfreien Städten in Deutschland; links: Industrie; rechts: private Haushalte. Quelle: PIASZECK/ WENZEL/ WOLF 2013: 15 und 17.

In einer vom *Hamburgischen Weltwirtschafts-Institut* (HWWI) erarbeiteten Studie aus dem Jahr 2013 wurden die Kosten eines Stromausfalls von weniger als einer Stunde für deutsche Landkreise und Kommunen berechnet und miteinander verglichen (vgl. Abbildung 69). In die entsprechende Kennzahl „Value of Lost

Load“ (VoLL) fließen der Stromverbrauch pro Stunde und das Niveau an regionaler Wertschöpfung ein, das pro Kilowattstunde im Jahresdurchschnitt erzielt wird. Auch die Kosten der Privathaushalte wurden mittels Daten zu Erwerbstätigkeit und Arbeitszeiten abgeschätzt. Hinsichtlich der Kosten eines Stromausfalls steht Berlin auf Platz 1: Ein einstündiger Blackout zur *Mittagszeit* würde hier Kosten in Höhe von rd. 22,74 Mio. Euro verursachen. Eine *durchschnittliche* Tagesstunde Stromausfall kostet in Berlin rd. 15 Mio. Euro und damit mehr als in Hamburg (12,5 Mio.), München (10,5 Mio.), Frankfurt am Main (6,9 Mio.) oder Köln (6,6 Mio.) (PIASZECK/ WENZEL/ WOLF 2013: 23).

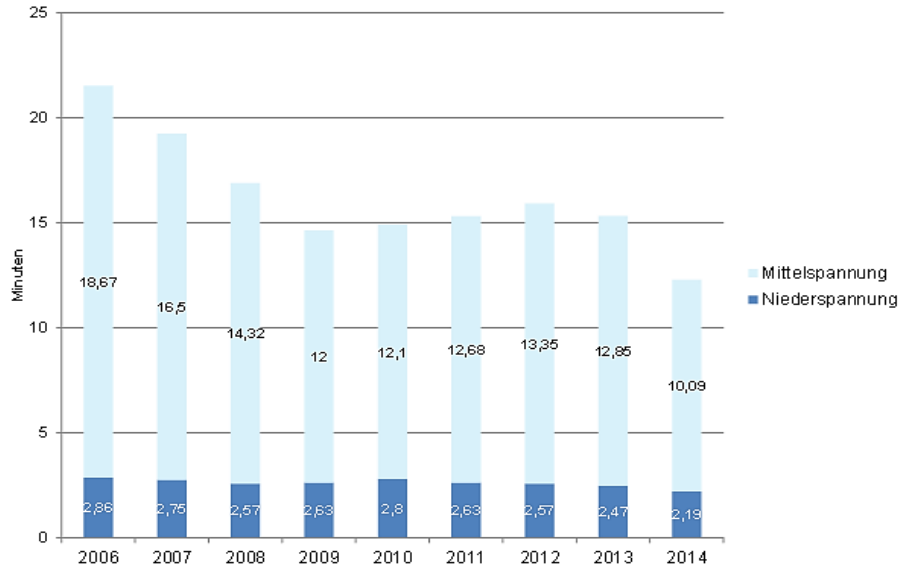


Abbildung 70: Dauer der Versorgungsunterbrechungen (SAIDI) im deutschen Stromnetz (hellblau: Mittelspannung, dunkelblau: Niederspannung) in Minuten. Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Daten der Bundesnetzagentur.

Die Versorgungsunterbrechungen im deutschen Stromnetz, das als eines der sichersten der Welt gilt, haben in den letzten Jahren weiter abgenommen (vgl. Abbildung 70). Gleichwohl hat es auch hierzulande regionale Blackouts gegeben (Münsterland Ende 2005, Emsregion/ Ruhrgebiet 2006). Die Stromnetz Berlin GmbH hat für diesen Fall in ihrer Netzleitzentrale nahe des Tiergartens einen Krisenstab vorbereitet und probt den Notfall (HOFFMANN 2013; Mitteilung Thomas Schäfer auf Stakeholder-Workshop).

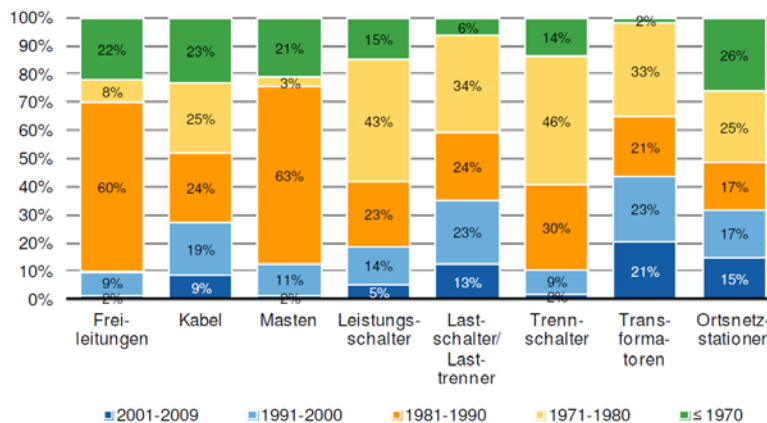


Abbildung 71: Jahr der Inbetriebnahme verschiedener Bestandteile des Berliner Stromnetzes (Stand: 2010). Quelle: VATTENFALL 2011.

Auch die Altersstruktur der wichtigen Elemente des Berliner Stromnetzes stellt einen klimawandelunabhängigen Risikofaktor dar, da sie auch kontinuierliche Instandhaltungs- und Reparaturarbeiten erforderlich macht (Abbildung 71). Angesichts des Ziels, die Berliner Freileitungen mittelfristig in den

Untergrund zu verlegen, spielt das relativ hohe Durchschnittsalter der Betriebsmittelgruppen Freileitungen und Masten zwar keine große Rolle. Aber auch 72% der unterirdischen Kabel sind älter als 25 Jahre.⁹⁵ Die Stromnetz Berlin GmbH sieht mittelfristig Sanierungsschwerpunkte bei Mittelspannungskabeln, Transformatoren, Schaltanlagen und Mittelspannungsanlagen in den Netzstationen (VATTENFALL 2011). Diese Zusammenhänge kommen mit oder ohne Klimawandel zum Tragen, das klimawandelbedingte Sommerfrost-Risiko fügt dem nur eine weitere Facette der übergreifenden Verwundbarkeit hinzu.

Kraftwerkskühlung: Ein Vulnerabilitätsfaktor auf dem Rückzug

Einen wichtigen Vulnerabilitätsfaktor für das deutsche Stromsystem insgesamt stellt die im Zuge des Klimawandels zunehmende Erwärmung der Flüsse dar, die das Einleiten von Kühlwasser in Flüsse erschwert. Direkter Kühlwassermangel aufgrund niedriger Wasserstände oder indirekter Kühlwassermangel kann bedeutende Auswirkungen auf die gesamte Verfügbarkeit von Energie haben. Indirekter Kühlwassermangel tritt auf, wenn eine ausreichende Menge an Kühlwasser zwar theoretisch verfügbar wäre, eine Wiedereinleitung des verwendeten Kühlwassers in Gewässer jedoch entsprechend der verbindlichen Wassertemperaturgrenzwerte der Fischgewässerqualitätsrichtlinie der Europäischen Gemeinschaft (2006/44/EG) nicht erlaubt ist. Im Rahmen der Hitzewellen 2003 und 2006 waren Leistungsminderungen thermischer Kraftwerke aufgrund von indirektem Kühlwassermangel die Folge, die zu Spitzenlastzeiten zu Preissteigerungen von über elf Prozent auf dem deutschen Strommarkt geführt haben (BUTH/ KAHLENBORN/ SAVELSBERG: 518, MCDERMOTT/ NIELSEN 2013).

In einer Studie zur Modellierung des Wärmehaushalts des Berliner Gewässersystems wird die gesamte Wärmemenge des Kühlwassers der Berliner Kraftwerke im Jahr 2002 auf rd. 9,5 Mio. GJ (Gigajoule) beziffert, nach einer Wärmefracht von 22,3 GJ im Jahr 1993 (DR. SCHUMACHER 2006: 35). Nach Auskunft der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Bereich Wasserwirtschaft und Landeshydrologie, liegt die gesamte Wärmefracht des Berliner Kraftwerksparks im Jahr 2015 bei ca. 6 GJ, und in naher Zukunft bei rd. 10% des Wertes von 1993. Die Kühlwasserentnahmen betragen im Mittel der Jahre 2008-2010 nur noch 10,4 m³/s, gegenüber 22,05 m³/s der Periode bis 2002. Ungeachtet dessen aber summieren sich die bestehenden Entnahmegenehmigungen für Kühlwasser auf jährlich mehr als 670 Mio. km³, was einer durchschnittlichen Zirkulation von 20 m³/s und damit annähernd dem mittleren Abfluss der Spree entspricht (FISCHEREIAMT BERLIN 2013: 12).⁹⁶ Ein vom Bezirk Lichtenberg beauftragtes Gutachten für verschiedene Kühlvarianten des Gas- und Dampfturbinenheizkraftwerks Klingenberg schlägt eine die Spree weniger belastende Variante (Zellenkühler statt Kühlturm) vor. Damit tritt diese Vulnerabilitätskomponente, die im deutschen Energiesystem eine recht bedeutende Rolle spielt (vgl. BUTH/ KAHLENBORN/ SAVELSBERG 2015, WEISZ/ KOCH/ LASCH et al. 2013), für Berlin eher in den Hintergrund – in Abhängigkeit von den konkreten Kühlvarianten der zukünftig gebauten/ umgerüsteten Kraftwerke. Allein über den Stromimport pflanzt sich dieser Risikofaktor daher in die Berliner Stromversorgung fort.

Längere Trockenphasen und damit verbundene niedrige Pegel der Berliner Gewässer können allerdings Auswirkungen auf den Schiffsverkehr und somit auf die Anlieferung von Kohle für einige Kraftwerke haben (vgl. BUNDESREGIERUNG 2008: 34). Auch die Bereitstellung von Biomasse für die Energieerzeugung kann im Falle einer länger andauernden Trockenheit kritisch werden.

Kälte-, Sturm- und Niederschlagsbedingte Vulnerabilitäten

Das Klimasignal *Kälte* führt im Fall von überdurchschnittlich kalten Wintern und temporär auftretenden Kältewellen zu einem erhöhten Heizbedarf und damit einer erhöhten Nachfrage nach Energie. Energieversorgungsstrukturen können durch kältebedingte Frostereignisse beeinflusst werden. Flüsse frieren zu und beeinträchtigen ähnlich wie bei Niedrigwasser die Anlieferung von Brennstoffen. Gleiches gilt für die Gasversorgung durch Einfrieren von Stellgliedern.

⁹⁵ Die Lebensdauer von unterirdischen Mittelspannungskabeln beträgt 40-70 Jahre. Hohe Beanspruchung und die Einspeisung volatiler Energien verkürzen die Lebensdauer (SCHINDLBECK 2013).

⁹⁶ In heißen Sommern, wenn die Temperatur der Spree ansteigt und der Durchfluss am Pegel Mühlendamm auf unter 8,0 m³/s sinkt, wird für das HKW Klingenberg eine Ausnahmegenehmigung erteilt, wonach die maximale Einleittemperatur von 28 auf 30° C erhöht werden darf. Im heißen Sommer 2003 wurde diese Genehmigung nicht in Anspruch genommen, weil Klingenberg seine Entnahmemenge von ca. 0,75 m³/s (Januar-Mai) auf fast 1,5 m³/s erhöhte. Die Spree führt in solchen Extremlagen noch ca. 5 m³/s Wasser (DR. SCHUMACHER 2006: 57 f.).

Betrachtet man das Klimasignal *Niederschlag*, so können die für Berlin zukünftig verstärkt auftretenden Starkregenereignisse zu Schäden an Komponenten des Stromnetzes führen, beispielsweise die Flutung von Transformator-Stationen. Deutlich weniger stark auftreten werden dagegen Schnee- und Eisereignisse. In Form von starker Schneelast und Eiszapfenbildung können diese in Einzelfällen Leitungsschäden im Hochspannungsnetz verursachen (UBA 2015a: 159). Ebenso können starker Schneefall und zunehmende Dauerregenereignisse zu Produktionsverlusten bei PV-Anlagen führen. Auftretende Hagelereignisse können Schäden an PV-Anlagen verursachen.

Das Klimasignal *Wind* und damit teilweise verbundene temporäre Sturmperioden werden sich den Klimaszenarien zufolge für Berlin nicht relevant verändern, wobei die Unsicherheit relativ hoch ist. Hierbei bleibt jedoch festzuhalten, dass Berlin nicht in hinreichender Weise auf diese Extremwetterereignisse vorbereitet ist (SENGUV 2009: 10). Treten diese im Berliner Umland auf, so wirken sie sich auf das Hochspannungsnetz aus. Je nach Windstärke sind hier Leitungsschäden möglich und Leistungsminderungen können auftreten. Zudem müssen bezogen auf den weiteren Ausbau erneuerbarer Energien im Einzelfall Windkraftanlagen bei hohen Windgeschwindigkeiten heruntergefahren werden bzw. ist bei Photovoltaik- und Solarthermie-Anlagen teilweise mit Schäden zu rechnen (UBA 2015a: 163). Letzteres muss vor dem Hintergrund der im Rahmen des Berliner Energie- und Klimaprogramm (BEK) geplanten Maßnahmen zum Ausbau erneuerbarer Energien beachtet werden (HIRSCHL/ REUSSWIG/ WEIB et al. 2015a).

4.2.5.1.2 Abfallwirtschaft

Das Teilhandlungsfeld Abfallwirtschaft umfasst die Bereiche Abfallsammlung und -verwertung (incl. Recycling), die Straßenreinigung und den Winterdienst. Die Entsorgung der auf seinem Gebiet anfallenden Abfälle obliegt nach § 5 Abs. 1 des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes Berlin dem Land. Im Jahr 2014 fielen 1.195.195 Mg⁹⁷ an Siedlungsabfällen zur Entsorgung an, darunter 815.659 Mg Hausmüll (inkl. Geschäftsmüll aus dem Kleingewerbe). Von dieser Hausmüllmenge wurden 350.769 Mg als getrennt erfasste Fraktionen entsorgt, darunter 66.901 Mg Bioabfall (Biotonne) (BSR 2015). Eine Erhöhung dieses Bioabfall-Anteils wird angestrebt und ist angesichts des relativ hohen verbleibenden Anteils an Bioabfällen in der Restmülltonne auch möglich (SENSTADTUM 2014: 7).⁹⁸ Die mit der Entsorgung von Abfällen aus Privathaushalten und von Abfällen zur Beseitigung aus anderen Herkunftsbereichen verbundenen Aufgaben werden von den Berliner Stadtreinigungsbetrieben (BSR) als Anstalt des öffentlichen Rechts des Landes wahrgenommen. Die BSR hat allein rd. 5.100 Beschäftigte, rd. 1.200 davon befinden sich im Bereich der Straßenreinigung im täglichen Einsatz, bei der Müllabfuhr rd. 900. Ebenso wie die Mitarbeiter mit ähnlicher Tätigkeit in nicht-öffentlichen Betrieben ist dieser Personenkreis gegenüber den klimawandelbedingten Änderungen der Witterungsverhältnisse besonders exponiert.⁹⁹

Der Sektor Entsorgung ist auf unterschiedlichste Weise von Wetterereignissen betroffen und damit dem Klimawandel gegenüber verwundbar. Die stärksten Beeinträchtigungen bei der Abfallsammlung derzeit sind auf langanhaltende Hitze oder auf starken Frost und erhöhtes Schneeaufkommen zurückzuführen.

Belastungen für die Mitarbeiter der Abfallentsorgung

Hohe Temperaturen und die meist damit einhergehende starke Sonneneinstrahlung stellen zunächst eine hohe Belastung für die Mitarbeiter/-innen dar, vor allem im Außendienst (Abfallsammlung, Außenanlagen der Abfallverarbeitung, Straßenreinigung). Der Flüssigkeitsbedarf steigt, die thermische Regulierung und der Kreislauf werden stärker belastet. Die erforderliche Schutzkleidung kann dies verschärfen.

⁹⁷ Abfallmengen werden in Megagramm (Mg) angegeben (wobei: 1 Mg = 10⁶ g = 1.000 kg = 1 Tonne).

⁹⁸ Neben abfallwirtschaftlichen Gründen sind es vor allem auch energiewirtschaftliche und Klimaschutzüberlegungen, die hier eine Rolle spielen. In der Anlage Ruhleben werden derzeit rd. 63.000 t Bioabfälle vergoren, das gewonnene Gas (rd. 2.000 t Biogas) wird nach Aufbereitung (Entschwefelung, CO₂-Entzug) ins Netz gespeist und für die Müllfahrzeuge dezentral an drei Standorten wieder entnommen. Das spart jährlich 2,5 Mio. Liter Diesel, 63% der Müllsammelstrecke werden klimaneutral zurückgelegt. Durch den energetischen Ersatz von Dieselmotoren kann der Ausstoß von insgesamt rund 12.000 Tonnen CO₂ vermieden werden. Gärreste werden zu Kompost und Dünger weiterverarbeitet (BSR 2013).

⁹⁹ Diese Problematik betrifft im Kern nahezu alle Draußenbeschäftigten, wenn auch mit teils signifikanten Unterschieden je nach Berufsgruppe und Tätigkeit. Auch mögliche Schutzmaßnahmen sind in der Regel von den konkreten infrastrukturellen und organisationalen Bedingungen in der einzelnen Branche abhängig und werden daher – neben der Vulnerabilität – im Folgenden thematisiert; siehe zur allgemeinen Dimension ausführlicher im Handlungsfeld Wirtschaft (→ 4.2.6).

Weiterhin wird der Klimawandel mit einer erhöhten UV-Belastung einhergehen, was das Hautkrebsrisiko der Beschäftigten steigern kann. Bereits heute werden hier Maßnahmen zum Schutz der Mitarbeiter/-innen vor Hitze und Sonnenstrahlung ergriffen, z.B. werden Sonnenschutzmittel und gekühlte Getränke in einer Kühlbox im Müllfahrzeug vorgehalten. Der durch den Klimawandel induzierte markante Anstieg der Durchschnittstemperaturen, vor allem der heißen Tage, stellt damit ein zusätzliches Arbeitsschutz- bzw. Gesundheitsrisiko für die Beschäftigten dar, dem mit geeigneten Maßnahmen begegnet werden muss.

Entsorgung Bioabfall

Hohe Temperaturen beschleunigen die biochemischen Prozesse in der Biotonne. Dadurch nimmt die Geruchsbelästigung zu und es kann verstärkt zu einer Gesundheitsgefährdung durch Pilzsporen und Bakterien kommen. Besonders gefährlich ist etwa der Schimmelpilz *Aspergillus fumigatus*, mit dem sich in Deutschland pro Jahr ca. 5.000 Personen infizieren – jede zweite mit tödlichem Ausgang (CHARISIUS 2010). Während gesunde Menschen davon weitgehend nicht betroffen sind, stellen Bio- wie Restmülltonnen Gefährdungsquellen vor allem für Personen mit geschwächtem Immunsystem oder chronischen Atemwegserkrankungen dar (Prof. Christian Witt, Charité, zitiert nach JANOSITZ 2008). Um diese Risiken zu begrenzen, vor allem aber um die Geruchsbelastung der Biotonne im Sommer zu mindern, weist die BSR heute schon auf einfache, individuell zu ergreifende Maßnahmen hin, z.B. Nutzung von biologisch abbaubaren Biobeuteln für Vorsortierbehälter, Bildung von feuchtereduzierenden Zwischenlagen aus Zeitungspapier. Im Zeichen steigender Sommertemperaturen wird sich wahrscheinlich die Nachfrage nach verkürzten Abholzyklen der Biotonne erhöhen.

Mildere Winter, Stürme und Starkregen

Traditionell stellt der Winterdienst einen saisonalen Arbeitsschwerpunkt der Abfallwirtschaft dar. Im Zuge des Klimawandels werden die Winter aber milder werden, was unter anderem dazu führt, dass Berlins Straßen und Plätze weniger häufig von Schnee und Eis beräumt werden müssen. Entsprechend weniger Kapazitäten müssten vorgehalten und Einsätze gefahren werden, was auch zu Kostenentlastungen führen dürfte. Gleichwohl wird es auch in einem zukünftig milderen Klima immer wieder harte Winter mit hohen Schnee- und Eislasten geben.

Stürme und Starkregenereignisse stellen auch unter aktuellen Bedingungen für die Abfallwirtschaft eine Herausforderung dar. Äste und Laub verstopfen die Abflüsse und Gullys, Straßenabschnitte werden überschwemmt und behindern den allgemeinen Verkehr, auch die Abfallentsorgung selbst. Das bindet regelmäßig erhebliche Kapazitäten. Während die von AFOK berechneten Klimaszenarien für Sturmereignisse keinen klaren Trend zu einer Häufigkeits- oder auch Intensitätszunahme erkennen lassen, ist die Zunahme von Starkregenereignissen hoch wahrscheinlich.

4.2.5.2 Maßnahmen Energie- und Abfallwirtschaft

Energiewirtschaft

Im Bereich der Energiewirtschaft befassen sich die identifizierten Maßnahmen einerseits mit der politischen Rahmensetzung und der betrieblichen Steuerung von Anpassungshandeln, andererseits sind die Maßnahmen operativer und baulicher Natur.

Dem sich abzeichnenden erhöhten Bedarf nach Kühlung kann über verschiedene Ansätze nachgekommen werden. Um jedoch nicht nur die Bedarfe zu adressieren, sondern auch die übergeordneten Klimaneutralitätsziele der Stadt zu adressieren, sind entsprechende Lösungen zu favorisieren (ENA-1). Ein weiteres wichtiges Thema aus Sicht der politischen Rahmensetzung und betrieblichen Steuerung umfasst die institutionelle Vorsorge gegenüber potenziellen Störungen in der Stromversorgung (ENA-2) und somit die Minimierung der Risiken von Energieengpässen. Mit dem Umbau des Energiesystems und der Planung und Realisierung von mehr dezentralen Energieanlagen ergeben sich unter Berücksichtigung der Klimaänderungen Auswirkungen auf die Umwelt. Dies gilt gleichermaßen für die Verlegung von Erdkabeln wie für den Bau und die Installation von beispielsweise Wind-, Geothermie- oder PV-Anlagen sowie Energiespeichern. Potenziell auftretenden Umweltschäden gilt es daher durch Abstimmungsprozesse zwischen Vertreter/-innen aus Umwelt- und Naturschutz und der Energiewirtschaft vorzubeugen (ENA-3).

Wesentliches Ziel der identifizierten operativen und baulichen Maßnahmen entsprechend der Handlungserfordernisse in der Energiewirtschaft ist die Verbesserung und Optimierung der Energieinfrastruktur mit dem Fokus Netze und Speicher (ENA-4, ENA-5). Durch diese Infrastrukturbereiche müssen wichtige Systemdienstleistungen zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit und der Adressierung zukünftiger

Bedarfe (d.h. Strom, Wärme, Kälte) für die Berliner Stadtbevölkerung (im Wohn- und Nichtwohn- sowie im Verkehrsbereich) erbracht werden. Wichtig ist dabei, das Energiesystem in seiner Komplexität zu sehen. Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund des Umbaus des Energiesystems und seiner vielfältigen (Flexibilitäts-) Optionen (gekennzeichnet u.a. durch Gestaltungsräume im Bereich Lastmanagement, Integration von erneuerbare Energien, Umwandlungsprozesse (Power-to-X), Einsatz von Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK) und Speichern). Neben dem weiteren Ausbau der bisherigen Netz- und Speicherinfrastrukturen bedarf es gleichzeitig der Intensivierung der Informationsbereitstellung und des Austauschs zwischen den Akteuren in der Energiewirtschaft. Im Fokus sollten dabei neue Handlungsansätze zur Unterstützung von integrierten Systemlösungen stehen wie etwa die Realisierung von innovativen Wärme- und Kälteverbänden oder Speicheroptionen.

Übergreifend lässt sich festhalten, dass es für die Umsetzung der identifizierten Maßnahmen mit den gegebenen Strukturen im Bereich Energie und Klimaschutz bereits gute Ausgangsvoraussetzungen in Berlin gibt (z.B. Klimaschutzvereinbarungen zwischen Land und großen (landeseigenen) Unternehmen, EnergieEffizienz-Tische Berlin und Berlin-Plus, Initiative der IHK Berlin zur Energiewende, Cluster Energietechnik Berlin-Brandenburg, Smart City-Strategie etc.). Gleichzeitig ist es jedoch unerlässlich, die Kommunikation und Kooperation zwischen den Akteuren der Energiewirtschaft und darüber hinaus zu intensivieren. Nur so kann eine breite Sensibilisierung für gewisse Themen erfolgen und ein Bewusstsein für die Klimaanpassung in der Energiewirtschaft geschaffen werden. Gute Anknüpfungspunkte dazu bieten die Realisierung von gemeinsamen Modellvorhaben bzw. Pilotprojekten, wie sie etwa auch im BEK vorgeschlagen werden. Dadurch können Innovationen erprobt – und sofern erfolgreich – als Leuchttürme sichtbar gemacht werden. Eine wichtige Rolle nimmt hier die Forschung und Entwicklung ein.

Nicht vergessen werden darf, dass sich mit den gegebenen Klimaänderungen auch neue Chancen und Entwicklungsoptionen für die Berliner Energiewirtschaft ergeben werden – speziell im Bereich klimafreundliche Kältetechnik/ Gebäudekühlung.

Abfallwirtschaft

Angesichts der potenziellen Folgen des Klimawandels für die Berliner Abfallwirtschaft sind Maßnahmen zu ergreifen, die die Abfallsammlung speziell während sommerlicher Hitzespitzen gewährleisten (ENA-6). Dies betrifft insbesondere die Beschäftigten der Müllabfuhr und der Straßenreinigung, die vorwiegend im Außenbereich körperlich tätig und damit den Witterungsverhältnissen direkt ausgesetzt sind.

Durch die breit angelegte Einführung der Biotonne und angesichts des Ziels, noch mehr organische Anteile von der Restmülltonne in diese umzuschichten, kommt in diesem Zusammenhang der Minderung von Geruchsbelästigungen sowie der verstärkten Vermeidung von Abfällen im Klimawandel eine erhöhte Bedeutung zu (ENA-7).

Maßnahmen Handlungsfeld Energie- und Abfallwirtschaft in der Übersicht

Die oben entwickelten Anpassungsmaßnahmen für das Handlungsfeld ENA werden in Tabelle mit Namen und Kurzbeschreibungen zusammen gefasst; für eine ausführlichere Darstellung aller Einzelmaßnahmen sei auf die Maßnahmenblätter im Anhang (→ Kap. 10) verwiesen. Neben den Maßnahmen für den Bereich Abfallwirtschaft (ENA-6, -7) sind im Bereich Energiewirtschaft Vorschläge zu unterscheiden, die die politische Rahmensetzung und die betriebliche Steuerung betreffen (ENA-1 bis -3) von operativ-baulichen Maßnahmenvorschlägen (ENA-4, -5).

Nr.	Maßnahme
Politische Rahmensetzung und betriebliche Steuerung	
ENA-1	Förderung energieeffizienter Kühlsysteme im Neubau und Bestand durch Modellvorhaben, zzgl. Information und Beratung von Immobilieneigentümern
ENA-2	Institutionelle Vorsorge gegenüber potenziellen Störungen in der Stromversorgung
ENA-3	Verstärkte Abstimmungen bei der Planung und Realisierung von Energieanlagen mit Umweltbelangen
Operative/ bauliche Maßnahmen	
ENA-4	Verbesserung und Optimierung der Energieinfrastruktur mit Fokus Netze
ENA-5	Verbesserung und Optimierung der Energieinfrastruktur mit Fokus Speicher

Nr.	Maßnahme
ENA-6	Sicherung der Abfallsammlung bei anhaltender Hitze und verbesserter Gesundheitsschutz der Mitarbeiter/-innen
ENA-7	Verstärkung der Bemühungen zur Abfallvermeidung

Tabelle 19: Maßnahmenvorschläge im Bereich Energie- und Abfallwirtschaft – Übersicht.

4.2.6 Industrie, Gewerbe und Finanzwirtschaft

Die Bedeutung Berlins als Wirtschaftsstandort hat seit dem Jahr 2005 stetig zugenommen.¹⁰⁰ Mittlerweile liegt das jährliche Wachstum der Berliner Wirtschaft über dem deutschen Durchschnitt. Der Dienstleistungssektor (Handel, unternehmensbezogene und soziale Dienstleistungen zusammengefasst) liegt mit einem Anteil von rd. 84% an der Bruttowertschöpfung vor dem produzierenden Gewerbe mit 12% und dem Baugewerbe mit 4% (vgl. Abbildung 72 und IHK/ HWK 2015).

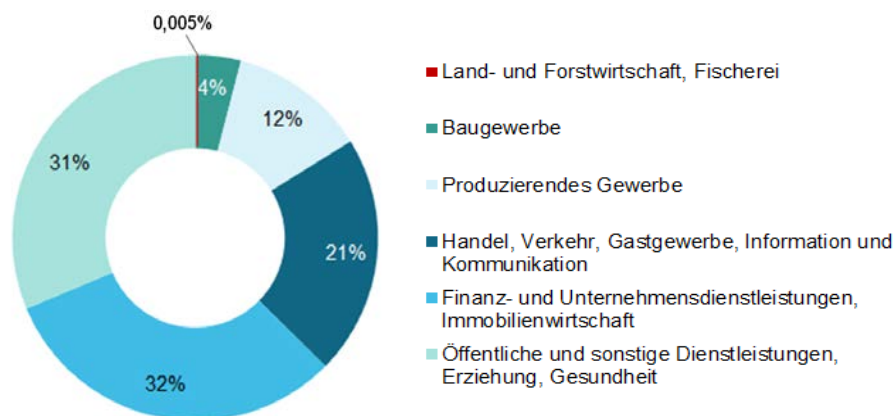


Abbildung 72: Branchenstruktur der Berliner Wirtschaft (Stand: 2014); Anteile an der Bruttowertschöpfung in Prozent. Quelle: Eigene Darstellung nach Daten des AfS 2015a: 10; gerundet.

Die Berliner Wirtschaft umfasst gut 170.000 Unternehmen mit 1,3 Mio. Beschäftigten (2013); der Anteil an kleinen und mittleren Unternehmen ist bedeutend (AfS 2015a). Deutlich wird die zunehmende Bedeutung Berlins als Wirtschaftsstandort auch durch die hohe Rate an Neuansiedlungen von Unternehmen in unterschiedlichen Branchen. Zudem ist Berlin Gründerhauptstadt (BERLIN TOURISMUS & KONGRESS GMBH 2015, STACHEN 2015). Wichtige Branchenbereiche sind die Bauwirtschaft, das Dienstleistungsgewerbe, der Handel, das Handwerk, die IKT-, Medien- und Kreativwirtschaft, die Industrie und der Tourismus (SENWTF 2015; AfS 2015a: 10).

4.2.6.1. Vulnerabilität der Wirtschaft

Klimatisch bedingte Veränderungen und Extremereignisse haben einen Einfluss auf das Wirtschaftsgeschehen generell; die konkrete Betroffenheit fällt allerdings je nach Branche, Unternehmen und geographischer Lage der Betriebsstätten unterschiedlich aus. Daher erfolgt in diesem Handlungsfeld zunächst eine Analyse der Vulnerabilität entlang der Klimasignale (vgl. das IGF-Klimawirkungsdiagramm in Kap. 11); zusätzlich wird ein weiterer methodischer Zugang gewählt, auf dessen Basis eine Gesamtabstschätzung der Vulnerabilität der Berliner Wirtschaft nach Wirtschaftszweigen erfolgt.¹⁰¹

¹⁰⁰ Vgl. im Folgenden das Klimawirkungsmodell des Sektors „Industrie, Gewerbe und Finanzwirtschaft“ (IGF) in Teil II des AFOK-Endberichts (Kap. 11).

¹⁰¹ Ein dritter Komplex kann in diesem Kapitel nicht vertieft ausgeführt werden: die potenzielle *Verwundbarkeit der regionalen Wirtschaft im Wege von internationalen Handelsbeziehungen*. Auch die Berliner Wirtschaft ist in den internationalen Handel eingebunden: Der Wert der aus Berlin stammenden Exporte Deutschlands beträgt (in 2014) rd. 13 Mrd. Euro; im selben Zeitraum ist der Berliner Anteil an den deutschen Importen knapp 10 Mrd. Euro (DESTATIS 2016). Klimaschäden in anderen Teilen der Welt können sowohl die Rahmenbedingungen von Absatzmärkten als auch von Zulieferern betreffen; sie können auch im Bereich Transport/ Logistik auftreten. In allen Fällen wird die heimische Wirtschaftstätigkeit negativ beeinflusst. Dieses Problem ist derzeit noch wenig sichtbar, dürfte aber an Bedeutung gewinnen (vgl. vertiefend BIERKANDT/ WENZ/ WILLNER et al. 2014).

In der gegenwärtigen Diskussion über die „Freihandelsabkommen“ TTIP, CETA, die planmäßig eine signifikante Ausweitung des internationalen Handels induzieren, sind daher nicht nur die befürchteten Einschränkungen des lokalen (klima-)politischen Spielraums (vgl. DEUTSCHER STÄDTETAG et al. 2014), sondern auch die „Climate Smartness“ von Handelsstrukturen zu berücksichtigen. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

Vulnerabilitäten nach Klimasignalen

Betrachtet man zunächst die einzelnen Facetten des Klimawandels, wie sie im IGF-Klimawirkungs-Diagramm in der oberen und unteren Zeile aufgeführt sind („Klimasignale“), dann ist zunächst die Zunahme von *Starkregen* sowie von *Dauerregen/ längeren Regenperioden* zu konstatieren. Dadurch kann es zu mehr pluvialen Hochwasserereignissen, einem Anstieg des Grundwasserspiegels und vermehrter Bodenerosion kommen. Letzteres betrifft vor allem Baustellen, von denen es in der wachsenden Stadt Berlin weiterhin viele geben wird. Wasserschäden an Wirtschaftsgebäuden (Keller, Fassaden) und der wirtschaftsrelevanten Infrastruktur sind eine weitere Folge. Zudem kann die Überlastung der Kanalisation bei Unternehmen, die mit Risiko- oder Gefahrstoffen arbeiten, unter Umständen mit hohen Reparatur- und Entsorgungskosten einhergehen.

Die projizierte Zunahme von *warmen Sommern*, *Hitzetagen* und *Hitzewellen* führt zu einer zusätzlichen Aufheizung von Wirtschaftsgebäuden und der Stadtoberfläche allgemein. Dies beeinträchtigt Wohlbefinden und Gesundheit der Beschäftigten – je nach Tätigkeitsart und Raumklimatisierung – und kann zu einem Rückgang der Arbeitsproduktivität führen und Produktionsabläufe stören. Verschiedene Studien haben ergeben, dass die Arbeitsproduktivität um 3-12% abnimmt, wenn der für Beschäftigte mit sitzender und leichten Tätigkeiten behagliche Temperaturbereich von 23 °C bis 26 °C verlassen wird (UBA 2015a: 188). Dieser Befund ist besonders für die Berliner Wirtschaft mit ihrem hohen Dienstleistungsanteil relevant, insbesondere für diejenigen Dienstleistungsbranchen, die nur über geringe Gebäudekühlung verfügen (z.B. Handel, soziale/öffentliche Dienstleistungen, generell eher kleinere und mittlere Unternehmen).

Steigende sommerliche *Temperaturen* machen auch der Berliner Industrie und der Baubranche zu schaffen, die zusammen über 16% der Wertschöpfung beisteuern. Speziell die Beschäftigten im Baugewerbe müssen als eine besondere Risikogruppe identifiziert werden. Mittagshitze und direkte Sonneneinstrahlung werden durch Arbeitnehmer und Arbeitgeber unterschätzt – können aber sogar tödlich sein. Ein Problem liegt darin, dass die hohen Außentemperaturen durch körperliche Anstrengung, aber auch durch reflektierende Oberflächen von z.B. Wänden oder Dächern noch verstärkt werden. So starben während des Hitzesommers 2013 allein sechs Bauarbeiter innerhalb von drei Tagen während ihrer Arbeit aufgrund extremer Hitzeeinwirkung auf deutschen Baustellen (LINDEMEIER 2014). Neben der Beeinträchtigung von Gesundheit und Arbeitsproduktivität kann dies speziell im Straßen- und Hochbau zu Verzögerungen in den Sommermonaten führen – mit negativen Folgen für den Verkehr.

Insgesamt wird der Klimawandel dadurch zu einer gesteigerten Nachfrage nach Raum- und Gebäudekühlung in der Berliner Wirtschaft führen. Schon heute schreiten viele Beschäftigte während sommerlicher Hitzespitzen zur Selbsthilfe und installieren auf eigene Initiative hin Einzel-Kühlgeräte (sog. Monogeräte) „aus dem Baumarkt“ an ihrem Arbeitsplatz, um Abhilfe zu schaffen (Mitteilung aus Handwerkskammer Berlin auf dem 2. Stakeholder-Workshop). Dadurch steigt die Stromnachfrage im Sommer, was je nach Energieträgermix sich in erhöhte CO₂-Emissionen übersetzt. Klimatisierte Gewerberäume werden in Zukunft bessere Marktchancen bekommen, sie gehen aber auch mit höheren Gewerbemieten einher.

Die zu erwartende Zunahme *milderer Winter* bringt auch Vorteile für die Berliner Wirtschaft mit sich, insbesondere für die Baubranche, die mit weniger kälte- und frostbedingten Arbeitseinschränkungen zu rechnen hat und deren Saison sich damit verlängert. Dies könnte dazu führen, dass sich die Winterbauförderung reduziert, erfordert aber auch zusätzliche Maßnahmen der Arbeitsplatzsicherung. Für das Klimasignal *Stürme* konnten für Berlin keine eindeutigen Zukunftstrends identifiziert werden.¹⁰²

Box 8: Auswirkungen des Klimawandels auf die Finanzwirtschaft

Die Rolle als Finanzplatz Nr. 1 in Deutschland hatte Berlin als Folge des zweiten Weltkriegs und der Teilung Deutschlands an Frankfurt am Main abgegeben. Mit wiedererlangter Hauptstadtfunktion im wiedervereinten Deutschland ging ein gewisser Bedeutungszuwachs der Branche einher, sodass das Kredit- und Versicherungsgewerbe (als Teil der oben gen. Branche „Finanz- und Unternehmensdienstleistungen, Immobilienwirtschaft“; Abbildung 72) heute (2014) etwa 3,5% zur Bruttowertschöpfung im Land beiträgt.

Sie kann sowohl selbst betroffen sein von Klimafolgen als auch wichtige Beiträge zu einer besseren Anpassung an unausweichliche Folgen leisten. Das Thema Klimawandel spielt für die Finanzwirtschaft weltweit seit einigen Jahrzehnten eine zunehmende Rolle.

Die mit dem Klimawandel einhergehende Zunahme wetterbedingten Naturkatastrophen geht mit steigenden Schadenssummen einher (Abbildung 73). Klimafolgen stellen speziell ein signifikantes Risiko für die Versicherungsbranche, und hier insbes. für die Rückversicherer dar.

¹⁰² Für die Klimasignale Hagel, sowie Gewitter/ Blitz, die heute bereits spürbare Schäden hervorrufen, lieferten die AFOK-Szenarien keine Aussagen (vgl. Kap. 3).

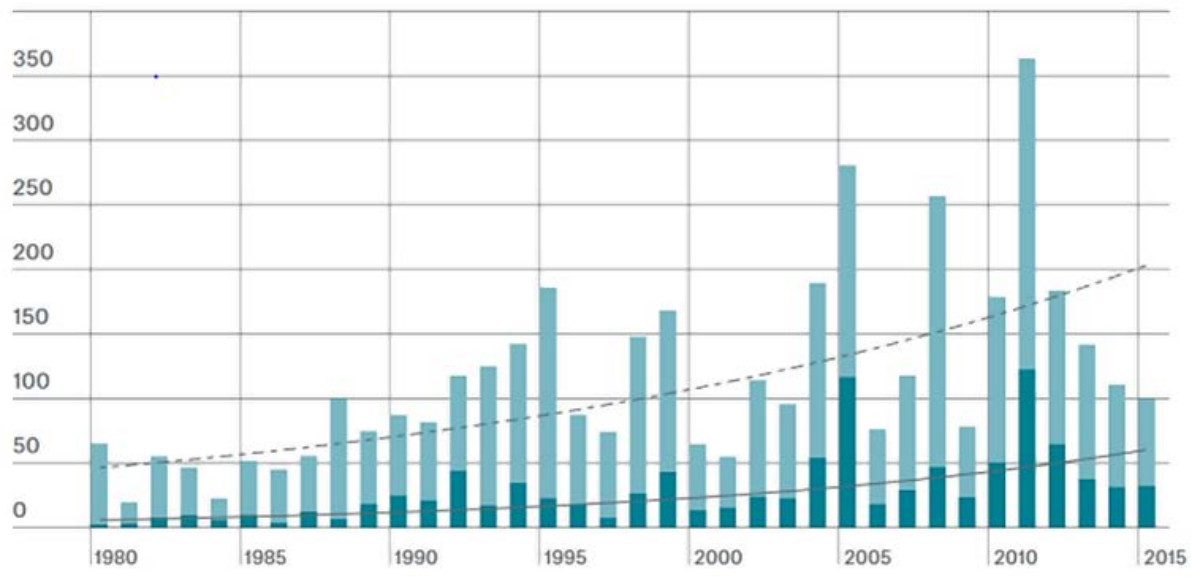
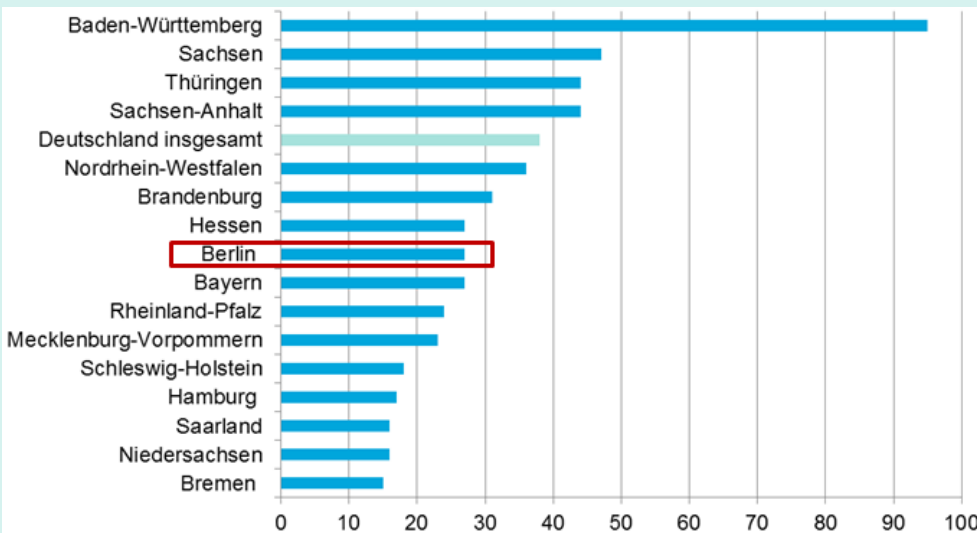


Abbildung 73: Gesamte (hellgrün) und versicherte (dunkelgrün) Schäden (in Mrd. US-Dollar 1980 bis 2015) als Herausforderung für die Versicherungsbranche. Quelle: MUNICH RE NATCATSERVICE; zitiert nach: MUNICH RE TOPICS GEO 2015: 56.

Auch für Berlin gilt: durch den Klimawandel kommt es längerfristig zu einer Veränderung der Schadensbilder in der Wirtschaft, was zu einer Anpassung und ggf. Erhöhung von Versicherungsprämien, womöglich auch zu neuen Formen der Risikoverteilung führen kann (vgl. ACS 2015, GDV 2011). Bislang etwa sind in Berlin nur 27% der Gebäude gegen Elementarschäden versichert, im Bundesdurchschnitt sind es 38% (vgl. Abbildung 74). Der relativ geringe Grad an Elementarversicherungen für Gebäude in Berlin stellt theoretisch eine Chance für die Versicherungsbranche dar; lt. Auskunft des GDV-Vertreters auf dem Stakeholder-Workshop dürfte sich diese Quote aber kurz- bis mittelfristig kaum

Abbildung 74: Anteil der Gebäude in Prozent, die in den deutschen Bundesländern gegen Elementarschäden versichert sind. Quelle: GDV (2015).



signifikant verändern lassen. Als Ursachen für die bundesweit unterschiedlichen Versicherungsgrade sind – neben historischen oder landesrechtlichen Faktoren – möglicherweise auch das relativ geringe Risikobewusstsein im Fall der Berliner/-innen bezügl. des Klimawandels (vgl. CAPELLARI/STURM 2015 sowie Kap. 8) zu nennen. Wer außerdem im Osten noch über ei-

Gleichzeitig bieten sich Chancen für die Entwicklung neuer Versicherungsprodukte, die bei der Bewältigung des Problems „Klimawandel“ helfen können.

ne Hausratversicherung aus DDR-Zeiten verfügt, hat hier keinen weiteren Bedarf, denn: im Zuge der deutschen Einheit von der Allianz Versicherung übernommen beinhaltet diese einen Schutz vor Elementarschäden ohne Einschränkungen.

Vulnerabilität der Wirtschaft nach Wirtschaftszweigen

Ergänzend zu der an Klimasignalen orientierten Identifizierung von Klimawirkungen auf die Berliner Wirtschaft wurde eine summarische Abschätzung der Vulnerabilität ganzer Wirtschaftszweige für Berlin vorgenommen. Dabei wurde nicht nach einzelnen Klimasignalen differenziert, sondern eine aggregierte Betrachtung des Klimawandels insgesamt einer nach Wirtschaftszweigen differenzierten Wirkungsbewertung gegenübergestellt. Dabei wurde auf ein Zukunftsszenario der Wirtschaftsbranchen angesichts der hohen Unsicherheiten bewusst verzichtet.¹⁰³ Stattdessen wurde die Branchenstruktur des Jahres 2014 (vgl. Abbildung 72, oben) einschließlich der jeweils erzielten Bruttowertschöpfung zugrunde gelegt.

Die Abschätzung der sektoralen Vulnerabilität erfolgte semi-quantitativ. Ein erster Ausgangspunkt dabei war eine branchenspezifische Bewertung der Sensitivität der deutschen Wirtschaft insgesamt (FREI/ KOWALEWSKI 2013). Die „Sensitivität einer Branche“ wird dabei definiert als der Mittelwert aus vier Teilindikatoren, deren Wert Größen zwischen 0 (= nicht vulnerabel) und 2 (= sehr vulnerabel) annehmen kann:

- *Wasserintensität.* Wasserverbrauch der Branche pro Einheit Output.
- *Energieintensität.* Energieverbrauch der Branche pro Einheit Output.
- *Infrastrukturabhängigkeit.* Grad der Abhängigkeit von Transportwegen (z.B. Importe, Exporte).
- *Inputdiversität.* Grad der Abhängigkeit einer Branche von Zulieferungen aus anderen Branchen.

Diese Teilindikatoren wurden aus den Durchschnittswerten für die deutsche Wirtschaft übernommen. Ergänzt wurden die Indikatorwerte durch qualitative Abschätzungen der Schadenspotenziale der Berliner Wirtschaftsbranchen sowie ihrem Anpassungspotenzial, die sich aus den Stakeholder-Interviews, den Workshops sowie den verfügbaren Daten ergaben. Besonders berücksichtigt wurden dabei die Aspekte:

- *Bau-, Infrastruktur- und Anlageschäden.* Potenzielle Betroffenheit des Kapitalstocks durch Extremereignisse und Verschiebungen klimatischer Mittelwerte.
- *Gesundheits- und Produktivitätseinbußen.* Potenzielle Betroffenheit der Mitarbeiter/-innen durch Extremereignisse.
- *Konnektivitätsrisiken.* Abhängigkeit von Risiken und Schäden in anderen Branchen bzw. Schadensfortpflanzung in andere Bereiche (z.B. Stromunterbrechung, ungeklärte Abwassereinleitungen).¹⁰⁴

Werden zunächst nur die Werte für die Vulnerabilität der Berliner Wirtschaft (vgl. Abbildung 75) betrachtet, dann fällt auf, dass diese zwischen einer sehr geringen und einer sehr großen Verwundbarkeit variiert.

Die besonders vulnerablen Branchen sind das Gesundheits- und Sozialwesen, die Wasser- und Energieversorgung sowie die Finanz- und Versicherungswirtschaft. Beim Gesundheitswesen geht es dabei weniger um die direkte Verwundbarkeit etwa der Gebäude oder Abläufe, als vielmehr um die indirekten Auswirkungen, die die Gesundheitsrisiken vulnerabler Bevölkerungsgruppen für das Gesundheitssystem bedeuten (Kapazitäten im Rettungswesen, Notfallmedizin, Pflegemehraufwand). Während einzelne Krankenhäuser (z.B. die Charité) bereits Forschung zur klimawandelbedingten Veränderung von Krankheitsbildern betreiben, Fortbildungsmaßnahmen durchführen und mit gekühlten Krankenzimmern experimentieren, sind andere kaum auf den Klimawandel vorbereitet. Das Anpassungspotenzial innerhalb dieser Branche insgesamt wird daher als gering bis mittel eingestuft.

Die relativ hohe Vulnerabilität der Berliner Wasserwirtschaft resultiert nicht nur aus den hohen Indexwerten für diese Branche bundesweit, sondern auch aus einer qualitativen Einschätzung der spezifischen Klimawandelrisiken für die Berliner Wasserwirtschaft: Nach Szenarienberechnungen des Projektes MIA-CSO (→ Kap. 4.2.3) kann auch in einem, mit hohem finanziellen Aufwand technisch optimierten Misch-Abwassersystem der Klimawandel (insbes. durch die Zunahme von Starkregenereignissen) dazu führen, dass

¹⁰³ Die Unsicherheiten des Klimas in Berlin im Jahr 2050 werden als geringer eingeschätzt als die hinsichtlich der Berliner Wirtschaftsstruktur zu diesem Zeitpunkt.

¹⁰⁴ Es muss betont werden, dass es sich bei diesen drei letzten Punkten um qualitative Abschätzungen handelt, die mit Unsicherheiten sowohl der Einschätzung als auch der Bewertung der entsprechenden Effekte verbunden sind. Dennoch wurde nicht darauf verzichtet, weil dadurch eine differenzierte Betrachtung der Berliner Wirtschaftsbranchen vorgenommen werden konnte.

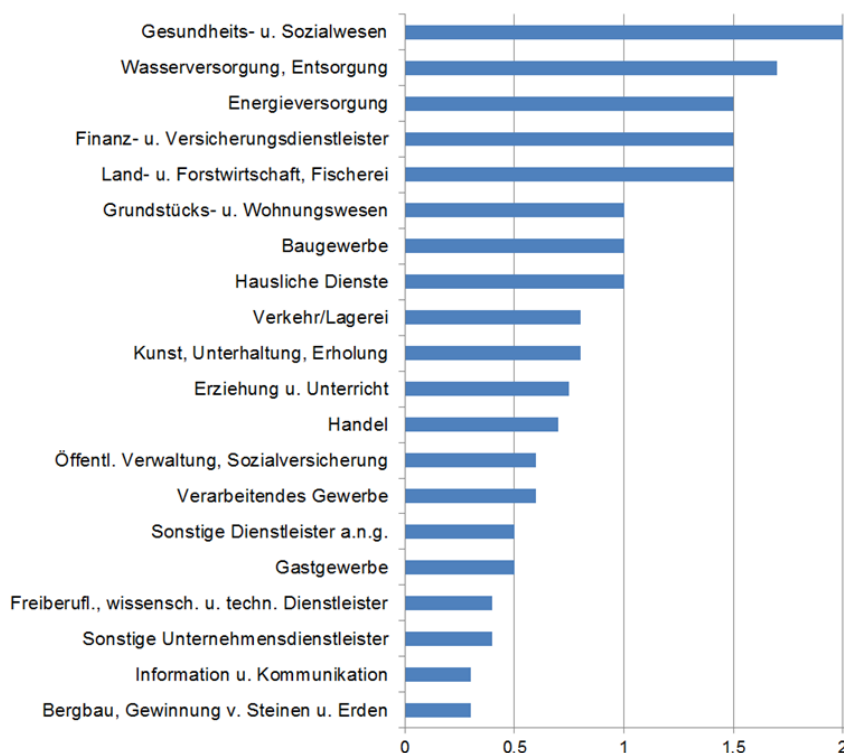


Abbildung 75: Vulnerabilitäts-Index der Berliner Wirtschaft nach Wirtschaftsbereichen (0= keine Verwundbarkeit; 2 = hohe Verwundbarkeit). Quelle: Eigene Darstellung.

der Mischwasserüberlauf und die gesamte Schmutzfracht zu- und nicht abnehmen. Ohne *zusätzliche* Anpassungsmaßnahmen ist die Berliner Wasserwirtschaft also sehr anfällig für den künftigen Klimawandel.

Als relativ wenig verwundbar wird z.B. der Bereich der unternehmensbezogenen Dienstleistungen oder von Information und Kommunikation eingeschätzt, weil dort weder die physische Infrastruktur noch die Wertschöpfungsprozesse noch deren Interdependenzen mit anderen Branchen als kritisch eingestuft werden.

Ob diese branchenbezogene Verwundbarkeit aber auch gesamtwirtschaftlich bedeutsam ist, hängt vom *wirtschaftlichen Gewicht* des Sektors in Berlin ab. Letzteres wird hier über den *Wertschöpfungsanteil* der jeweiligen Branche operationalisiert. Die aktuellsten Zahlen dazu lagen für das Jahr 2014 vor (AFS 2015a, vgl. Abbildung 72, oben). Es wurden gerundete Werte in Mrd. € verwendet und mit dem Vulnerabilitätsindex (vgl. oben, Abbildung 75) multipliziert. Die Faktoren dieser Operation sowie ihr Ergebnis sind in Abbildung 76 dargestellt.

Man erkennt im Resultat, dass sich Branchen dann oben im Ranking des gewichteten Vulnerabilitätsindex befinden, wenn eine auch nur mittlere Vulnerabilität der Branche mit einer hohen wirtschaftlichen Bedeutung derselben einhergeht. Der Bereich Grundstücks- und Wohnungswesen ist ein Beispiel dafür: Mit dem mittleren Vulnerabilitätsfaktor 1 bewertet, führt die Tatsache, dass hier der größte Wertschöpfungsbeitrag in Berlin (13,9 Mrd. €) erwirtschaftet wird, zu einem Spitzenranking. Einen ähnlichen Effekt hat die Kombination aus hoher Vulnerabilität mit mittlerem Wertschöpfungsbeitrag, wie am Beispiel des Gesundheits- und Sozialwesens zu erkennen ist. Ganz geringe Wertschöpfungsbeiträge können umgekehrt dazu führen, dass auch sehr vulnerable Sektoren in ihrer gewichteten Vulnerabilität ganz nach unten wandern. Das ist etwa bei der Berliner Land- und Forstwirtschaft der Fall.

Dieses letzte Beispiel zeigt auch, dass diese explizit ökonomisch fokussierte Vulnerabilitätsabschätzung eine multikriterielle und integrierte Betrachtung, wie sie in Kapitel 4.2 insgesamt vorliegt, nicht ersetzen kann. Rein wirtschaftlich betrachtet, also nur unter der Perspektive des Wertschöpfungsbeitrags (oder alternativ auch: der Beschäftigung), könnte man die klimabezogene Verwundbarkeit der Berliner Land- und Forstwirtschaft als marginal ausklammern, da ihr Wertschöpfungsbeitrag gering ist und müsste sie auch in der Anpassungsstrategie kaum berücksichtigen. Aber – und damit zeigen sich auch die Grenzen einer rein wirtschaftlichen Betrachtung – damit würde man der systemischen Bedeutung etwa der Berliner Forsten für

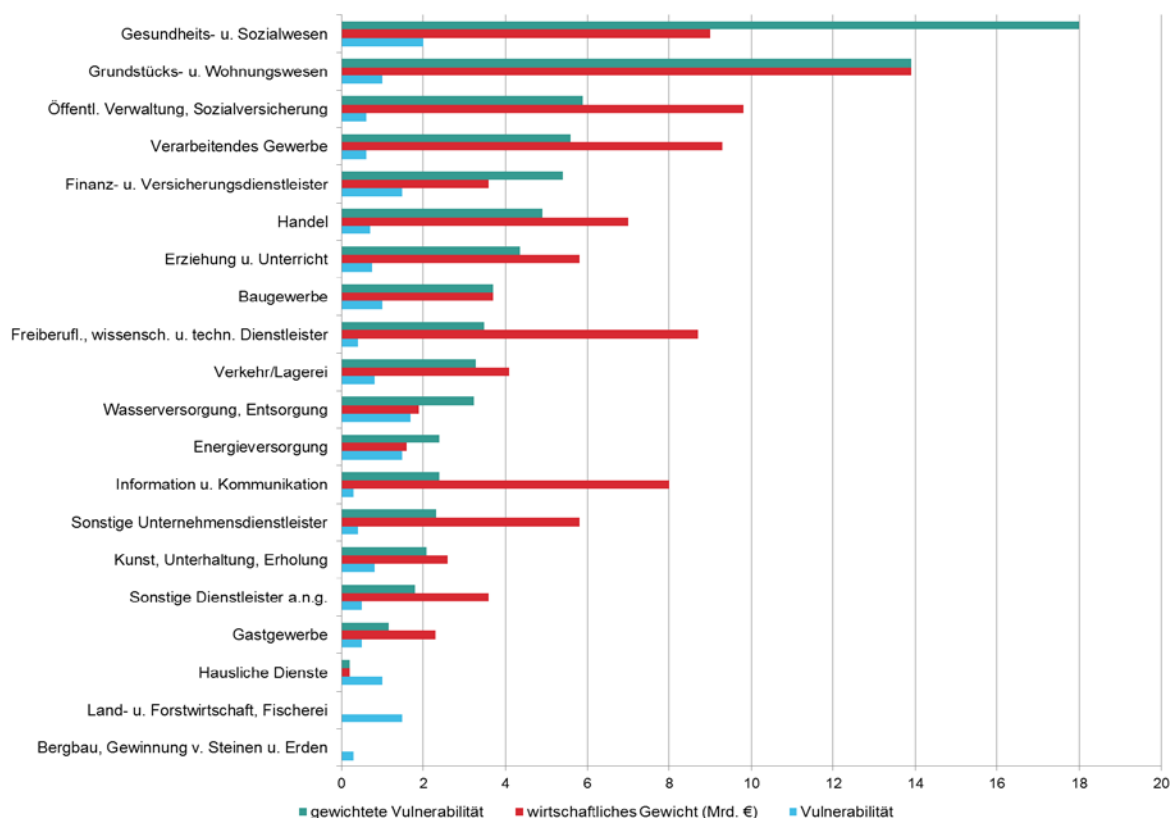


Abbildung 76: Vulnerabilität (blau), wirtschaftliches Gewicht (rot) und gewichtete Vulnerabilität (grün) der Berliner Wirtschaft nach Wirtschaftsbereichen. Quelle: Eigene Darstellung.

die Stadt überhaupt nicht gerecht: Die ▶ Ökosystemdienstleistungen der Forsten, ihr Freizeit- und Erholungswert, ihre wichtige Rolle für Naturschutz und Biodiversität – dies alles würde vernachlässigt.¹⁰⁵

In diesem Sinne sind die oben genannten Ergebnisse zwar nicht als umfassende Bewertung der Vulnerabilität der genannten Sektoren in multidimensionaler Hinsicht zu verstehen, gleichwohl aber als eine branchenspezifische Bewertung unter den engen – aber ihrerseits auch nicht zu unterschätzenden – Gesichtspunkten der wirtschaftlich gewichteten Branchenvulnerabilität.

4.2.6.2 Maßnahmen Industrie, Gewerbe und Finanzwirtschaft

Zentrales Ziel der im Handlungsfeld Industrie, Gewerbe und Finanzwirtschaft identifizierten Maßnahmen ist die Stärkung der Ansprache und Mobilisierung der Akteure der Berliner Wirtschaft für das Thema der Klimaanpassung.

Es gibt drei Schwerpunkte von Maßnahmen in diesem Handlungsfeld. Ein erstes Maßnahmenbündel zielt auf die *Sensibilisierung und Qualifizierung* der unternehmerischen Akteure (Leitungsebene und Ebene der Mitarbeiter/-innen). Ein zweiter Schwerpunkt liegt bei der Verbesserung der *Rahmenbedingungen* sowie der *betrieblichen Steuerung* im Umgang der Unternehmen mit Klimaänderungen und Extremereignissen. Drittens schließlich geht es darum, *operative und bauliche Maßnahmen* umzusetzen, die die Vulnerabilität besonders gefährdeter Gebäude und Beschäftigten herabsetzen. Hervorzuheben ist an dieser Stelle auch, dass die

¹⁰⁵ Eine adäquate Form der *Endogenisierung der externen Nutzen oder Kosten von Wirtschaftshandlungen* – die vielfältigen nicht i.e.S. ökonomischen Leistungen der Berliner Forsten für die Stadt sind dafür ein Beispiel – ist im Grunde seit Beginn der jüngeren wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit Umweltproblemen (etwa seit den 1970er Jahren) vermehrt Gegenstand umweltökonomischer Forschung. Zwar gingen – quasi als Anti-These zur „naturvergessenen Ökonomik“ – viele fruchtbare Ansätze und Institutionen aus diesem Bemühen hervor (wie die Ökologische Ökonomik, die umweltökonomische Gesamtrechnung, die Monetarisierung von Naturkapital und Ökosystem-Dienstleistungen, das Konzept des „Ökologischen Fußabdrucks“ (nach Wackernagel) oder „Öko-Steuern“ (*Green Budget Germany*)), ein befriedigender „Abschluss“ des Prozesses (im Sinne einer theoretischen und praxistauglichen Synthese) scheint jedoch noch nicht praktiziert. Für das AFOK werden sich daraus ergebene Folgen u.a. in Kap. 6 (Kosten-Nutzen-Analyse) näher thematisiert.

Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen in der Berliner Wirtschaft auch mit neuen Chancen einhergeht. Neue Produkte und Dienstleistungen etwa im Bereich der (klimafreundlichen) Gebäudekühlung oder auch des Risikomanagements (Finanzdienstleistungen) eröffnen sowohl etablierten Unternehmen als auch innovativen Star-Ups neue Marktchancen und können damit zu Wertschöpfung und Beschäftigung in Berlin beitragen.

Nr.	Name
Sensibilisierung und Qualifizierung	
IGF-1	Verbesserte Bereitstellung von verlässlichen Wetter-Prognosen
IGF-2	Entwicklung und Verbreitung von Schulungsangeboten/ -materialien zur Prävention von Schäden durch Wetterextreme und verändernde Wetterereignisse
IGF-3	Einrichtung von Runden Tischen zum Erfahrungsaustausch und zur Vernetzung zwischen staatlichen Institutionen, Verbänden und Unternehmen
Politische Rahmensetzung und betriebliche Steuerung	
IGF-4	Anpassung der Bauförderung und von Ausführungsfristen für Bauaktivitäten
IGF-5	Erstellung und Umsetzung betrieblicher Klimaanpassungskonzepte
IGF-6	Erstellung von branchenspezifischen Klimaanpassungskonzepten
IGF-7	Flexibilisierung von Arbeits- und Öffnungszeiten
Operative/ bauliche Maßnahmen	
IGF-8	Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes bei gewerblichen (Neu-)Bauten, inkl. Beratung und Begleitung von Unternehmen
IGF-9	Physische/ organisatorische Vorsorge bei Bauaktivitäten im Außenbereich

Tabelle 20: Maßnahmenvorschläge im Handlungsfeld Industrie, Gewerbe, Finanzwirtschaft – Übersicht.

4.2.7 Verkehr, Verkehrsinfrastruktur

Das Handlungsfeld Verkehr, Verkehrsinfrastruktur (VVI) umfasst inhaltlich die Bereiche Straßen-, Schienen- und Luftverkehr sowie den Schiffsverkehr; strukturell werden in dieser Vulnerabilitätsbetrachtung die beiden Aspekte Verkehrsgeschehen (einschließlich des Bereichs Verkehrssicherheit) und Verkehrsinfrastrukturen betrachtet. Der Verkehrssektor ist – genau wie der Gebäude- oder Energiesektor – aber nicht nur ein Teil des durch Klimawandel verwundbaren Inventars, er trägt auch selbst zum Klimawandel bei. Laut Berechnungen der *Machbarkeitsstudie Klimaneutrales Berlin* betrug dieser Beitrag in 2010 rd. 23% der städtischen CO₂-Emissionen (Verursacherbilanz) (REUSSWIG/ HIRSCHL/ LASS et al. 2014: 8). Im Folgenden werden die klimabedingte Beeinträchtigung des Verkehrsgeschehens und der Verkehrswege in Berlin analysiert. Ein weiterer, spezifisch urbaner Fokus liegt auf der klimabedingten Verschärfung der verkehrsbedingten Umweltbelastung: Klimawandel als „Smog-Verstärker“. Die wichtigen Wirkungspfade für Berlin sind im VVI-Klimawirkungsdiagramm (→ Kap. 11) zusammenfassend dargestellt und werden im Weiteren näher erläutert.

4.2.7.1 Vulnerabilität des Verkehrssektors

Klimabedingte Beeinträchtigung des Verkehrssektors: Verkehrsunfälle

Die jährliche Gesamtzahl der Straßenverkehrsunfälle in Berlin lag 2013 bei 95.800, der von der Polizei geschätzte Sachschaden bei 184 Mio. €, neben 14.400 Leicht- waren 1.900 Schwerverletzte und 37 Todesopfer zu beklagen. Auf der Basis eines Datensatzes der Berliner Polizei war es erstmals möglich, den Wettereinfluss auf das Unfallgeschehen in Berlin zu ermitteln (siehe Box 9). Die wichtigsten Resultate sind, dass:

- die Gesamtunfallzahlen (und damit die unterschiedlichen Schadensdimensionen) signifikant mit der Tageshöchsttemperatur ansteigen (z.B. +3,6%/°C für die Anzahl der Schwerverletzten),
- dieser Anstieg zu 90% auf die Temperaturabhängigkeit der Zweiraddichte zurückzuführen ist,
- die Häufigkeit von Unfällen mit ausschließlicher LKW/ PKW-Beteiligung an Regentagen signifikant über der an trockenen Tagen liegt.

Kein Einfluss auf das Berliner Unfallgeschehen ist für die Niederschlagsintensität nachzuweisen, ebenso spielen Frost- und Hitzetage keine signifikante Rolle. Eine der Folgerungen aus dieser Analyse ist, dass der Sicherheit des Fahrradverkehrs in Zukunft aus Gründen der Klimaanpassung eine weitaus höhere Aufmerksamkeit zu widmen ist als dies derzeit der Fall ist.

Box 9: Wetter- und Klimaabhängigkeit der Straßenverkehrsunfälle in Berlin

Die quantitative Analyse der Wetterabhängigkeit des Straßenverkehrsunfallgeschehens ist die Voraussetzung für die Abschätzung der Auswirkungen des Klimawandels, also einer Änderung der Statistik des Wetters. Hierzu stand ein Datensatz der Polizei Berlin zu allen Straßenverkehrsunfällen im Stadtgebiet von 2001 bis 2013 zur Verfügung, die zu täglichen Unfallzahlen/ Charakteristika unterschiedler Typen aggregiert wurden, um sie entsprechenden Wettervariablen gegenüberstellen zu können. Betrachtet man diese täglichen Unfallzahlen, erkennt man einen signifikanten linearen Zusammenhang zwischen der Anzahl der Leicht- und Schwerverletzten einerseits und der Höchsttemperatur am entsprechenden Tag andererseits, der etwa ein Drittel der beobachteten Varianz beschreibt.

Diese Auswertung zeigt im Detail, dass (1.) für jedes Grad Celsius (°C) Temperaturanstieg eine Erhöhung der Zahl der Leichtverletzten (Schwerverletzten) bei Straßenverkehrsunfällen um 2,7% (3,6%) eintritt. Der hohe Anteil an nicht erklärter Varianz rührt von interdiurnalen (Tag-zu-Tag)-Veränderungen der Dichte von unterschiedlichen Verkehrsteilnehmer/-innen her – die Berücksichtigung weiterer Wettervariablen in unterschiedlichen Kombinationen verringert diesen nur unwesentlich. (2.) Ausgehend von dieser statistischen Analyse der Temperaturabhängigkeit und der Temperaturprojektion aus Kap. 3 hat Berlin – *ceteris paribus* – Mitte des Jahrhunderts klimabedingt mit zusätzlichen 740 Leicht- und 130 Schwerverletzten pro Jahr zu rechnen.

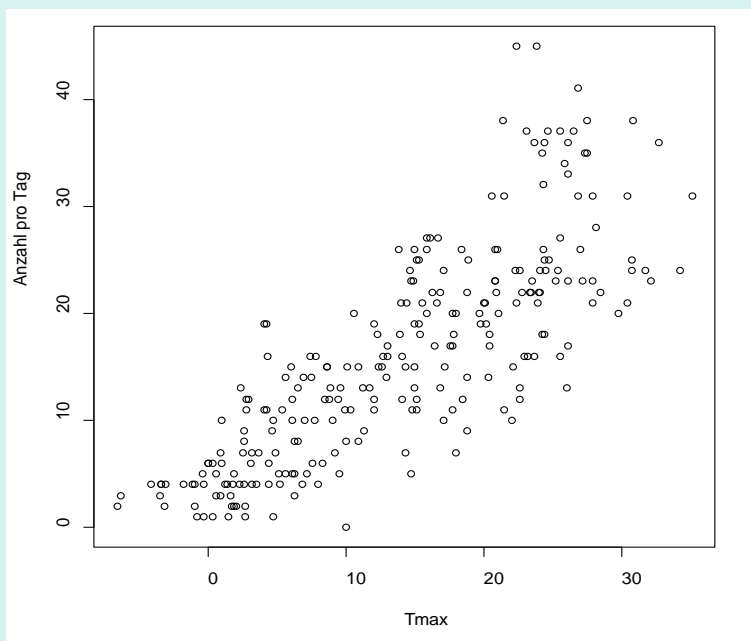


Abbildung 77: Leichtverletzte bei Unfällen (hier mit Fahrradbeteiligung) pro Tag in Abhängigkeit von der Maximaltemperatur in Berlin, Werktage (2013). Quelle: Eigene Berechnungen auf der Grundlage von Daten der Berliner Polizei.

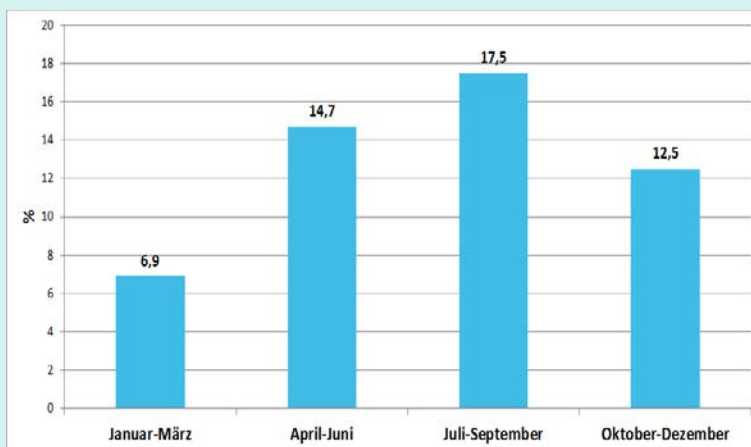


Abbildung 78: Prozentualer Anteil des Radverkehrs (Wege) bei der Verkehrsmittelwahl nach Quartalen in Berlin 2013. Quelle: AHRENS 2014: Tab. 6.16.

Die Analyse der Berliner Unfalldaten zeigt weiterhin auf, dass alle Charakteristika von Unfällen mit Fahrradbeteiligung signifikant von der Temperatur abhängen, während die Charakteristika von Unfällen nur zwischen PKW/ LKW temperaturinsensitiv sind. Es gibt für Berlin keinen statistischen Hinweis, dass erhöhte Temperaturen etwa über den Konzentrationsverlust der Verkehrsteilnehmer zu mehr Unfällen führen, da dies auch bei Unfällen nur mit PKW/ LKW-Beteiligung feststellbar sein müsste – dies ist aber nicht der Fall.¹⁰⁶ Darüber hinaus zeigt sich, dass

die Temperaturabhängigkeit des Berliner Unfallgeschehens zu 70% (bzw. 25%) durch Unfälle mit Fahrrad (bzw. Moped/ Motorrad)-Beteiligung bedingt wird. Die Auswertung der Saisonalität der Radverkehrsdichte in Berlin (Abbildung 78) zeigt nun, dass dieser Effekt den temperaturbedingten Anstieg der Unfälle mit Fahrradbeteiligung vollständig erklärt.

Die quantitative Analyse der Unfalldaten ergibt weiterhin, dass das Berliner Unfallgeschehen gegenüber Niederschlägen in nicht-linearer Weise sensitiv

¹⁰⁶ Diese in Berlin anzutreffende Situation widerspricht nur auf den ersten Blick den Resultaten von ARMINGER/ BONNE (1999) und ARMINGER/ BOMMERT (1995) sowie der aktuelleren ADAC-Unfallforschung, nach der sich schwere Unfälle überproportional an Tagen mit Temperaturen von mehr als 25 °C ereignen. In diesen Studien wird nämlich die Wetterbedingtheit der Ver

kehrsdichte nicht berücksichtigt. Dies gilt auch für die Aussage, nach der der Anteil konzentrationsrelevanter Unfälle (z.B. Abbiegeunfälle) an kühleren Tagen (Temperaturen von unter 15 °C) bei 47% liegt und an sehr warmen Tagen auf 63% ansteigt (vgl. ADAC 2015).

ist: Trockene Tage unterscheiden sich signifikant von solchen mit regennasser Straße (Zunahme der Unfälle zwischen PKW/ LKW um ca. 20%)¹⁰⁷, starke Niederschläge führen dagegen *nicht* zu einem signifikanten weiteren Anstieg der Unfallzahlen. Die verminderte Haftung der Reifen auf der Straßenoberfläche ist also der entscheidende Faktor, der das Unfall-

geschehen nach oben treibt, nicht die größere oder kleinere Menge des Niederschlags. Die Klimaprojektionen in Kap. 3 zeigen übereinstimmend, dass die Anzahl der trockenen Tage sich zukünftig nicht ändern wird, hier also kein klimabedingter Effekt zu erwarten ist.

Klimabedingte Beeinträchtigung des Verkehrssektors: Verkehrsgeschehen

Klimabedingte Störungen des Verkehrsflusses spielen jenseits des im vorherigen Abschnitt diskutierten Unfallgeschehens eine bedeutende Rolle: Die Berliner/-innen verbringen durchschnittlich 70,1 Minuten pro Kopf und Tag im Verkehr, 88,4% nehmen regelmäßig am Verkehrsgeschehen teil. Hierbei spielen alle Verkehrsträger eine wichtige Rolle: 31% aller Wege in Berlin (Binnenverkehr, Quell- und Zielverkehr) werden zu Fuß zurückgelegt, 12,5% mit dem Fahrrad, 29,6% im motorisierten Individualverkehr (MIV) und 26,9% im öffentlichen Personenverkehr (ÖPV) (AHRENS 2014: Tab. 5.3). Große Sensitivität des Straßenverkehrsbetriebs besteht gegenüber *Eisbildung* und *Schneefall*. Dies betrifft in unterschiedlichem Maße alle Verkehrsträger. Verkehrsbehinderungen durch Glättebildung auf den Straßen betreffen den motorisierten Individualverkehr genauso wie den Lkw-Verkehr oder den straßengebundenen ÖPNV, kann aber auch zu Behinderungen beim Flugverkehr, bei der Bahn oder im Schiffsverkehr führen. Fußgänger/-innen und Radfahrer/-innen sind ebenfalls betroffen.

In Zukunft nehmen diese Wetterphänomene sowohl in ihrer Häufigkeit als auch in ihrer Intensität ab. Die Winter werden milder, so dass die zunehmenden Niederschläge im Wesentlichen nicht als Schneefall, sondern als Regen auftreten werden. Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist mit einem Rückgang der Schneefälle um ca. 40%, bis Ende des Jahrhunderts um ca. 70% zu rechnen. Auch die Anzahl der Eistage wird in ähnlichem Maße abnehmen (→ Kap. 3) und damit dürften durch Eisglätte bedingte Verkehrsstörungen sehr wahrscheinlich seltener werden (siehe dazu auch UBA 2015: 184 f.). Dennoch werden extreme Schneefälle und (Blitz-)Eisbildung in Zukunft (auch über das 21. Jahrhundert hinaus) immer wieder einmal vorkommen. Das bedeutet, dass die bestehenden Kapazitäten (z.B. für die Schneeräumung der Straßen oder die Enteisung auf Flughäfen) weiter vorgehalten werden müssen, was Kosten verursacht. Erfahrungsgemäß ist dies schwieriger zu rechtfertigen, wenn die extremen Ereignisse nur noch sporadisch auftreten, also die letzte Nutzung möglicherweise einige Jahre zurückliegt. Gewisse Kostenentlastungen (z.B. geringere Streugutvorhaltung, reduzierter Personalbedarf im Winter) sind aber zu erwarten.

Schwieriger ist die Projektion von Verkehrsstörungen durch *Sturmereignisse*. Auch sie betreffen die ganze Breite des Verkehrsgeschehens: Umgestürzte Bäume gefährden parkende Autos, blockieren Straßen und können den oberirdischen Schienenverkehr zeitweise lahmlegen. Die starken Windböen können den Flugverkehr einschränken oder ggf. zeitweise ganz zum Erliegen bringen. Das jüngste Beispiel war das Sturmtief „Niklas“, das am 31. März 2015 Deutschland erreichte. Auf der Zugspitze wurden Windgeschwindigkeiten von 192 km/h gemessen, in Berlin immerhin noch 120 km/h. Die Berliner Feuerwehr musste 1.100 Einsätze fahren, die Polizei 2.100. Der S-Bahnverkehr war wegen umgestürzter Bäume stark eingeschränkt, auf den Linien S1, S7 und auf der Ringbahn kam es zu Unterbrechungen. Die Deutsche Bahn stellte am Abend den Regionalverkehr zwischen Berlin und Brandenburg ein. Auf dem Flughafen Tegel wurden 30 Verbindungen gestrichen, 60 weitere waren verspätet. Es gab vier Verletzte (BZ 2015).

Den AFOK-Klimaprojektionen zufolge gibt es jedoch keine Hinweise darauf, dass zukünftig mit einer erhöhten Häufigkeit von Starkwindereignissen zu rechnen ist (→ Kap. 3). Allerdings sind die Modellunsicherheiten in diesem Bereich relativ hoch, insbesondere was kleinräumige konvektive Ereignisse (z.B. Gewitterstürme) betrifft. Eine Analyse des Hagelschlags in Deutschland – ebenfalls ein konvektives Ereignis und oft mit Gewittern im Sommerhalbjahr verbunden – identifiziert als wesentliche Triebkraft die Zunahme bodennaher Feuchte als Folge bodennaher Erwärmung. Unter Bedingungen des Klimawandels (es wurde ein logistisches Hagelmodell auf das Ensemble aus sieben Klimasimulationen angewendet) zeigten fünf der sieben regionalen Klimasimulationen im Mittel in Deutschland eine Zunahme des Hagelpotenzials von 25 - 30% (Juni - August) (MOHR 2013).

¹⁰⁷ Zu den Auswirkungen von Regen auf das Verkehrsgeschehen siehe auch HAMBLY/ ANDREY/ MILLS et al. (2013).

Der Anstieg der sommerlichen Wärmebelastung, vor allem aber von *Hitzewellentagen* (ca. Verdopplung bis 2050, Vervierfachung bis 2100, (→ Kap 3) hat absehbare Folgen für den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV). Die neuen S-Bahn-Züge, die ab 2020 ausgeliefert werden, sind dann – anders als heute – mit Klimaanlage ausgerüstet. Die Busse der BVG fahren klimatisiert – im Schnitt drei bis vier Grad unterhalb der Außentemperatur. Allerdings sorgen das häufige Öffnen der Türen vor allem im Innenstadtbereich sowie das fahrgastseitige Lüften durch die Fenster zu einer deutlichen Minderung des Kühlungseffekts. In den U-Bahnen wird die klimatische Situation durch Ventilation verbessert, nicht durch Klimaanlage, die zum einen angesichts des Verhältnisses Türen – Wagenlänge wenig effektiv wären und nur sehr kostenaufwändig in die relativ klein bemessenen Fahrzeuge (Tunnelquerschnitte) einzubauen wären (lt. Auskunft der BVG auf dem ersten Stakeholder-Workshop). Die Klimatisierung der ÖPNV-Fahrzeuge wird – angesichts der Serienausstattung der meisten Pkws mit Klimaanlage – zu einem wichtigen Faktor im Wettbewerb um Fahrgäste werden. Dem steht der gestiegene Energieverbrauch – je nach Antriebsart also auch ein Anstieg der CO₂-Emissionen – und der Verlust von Kältemitteln gegenüber, die in der Regel ein sehr hohes Treibhausgaspotenzial besitzen.¹⁰⁸ Der Trend zur Klimatisierung im ÖPNV wird durch den kommenden Klimawandel verstärkt werden. Der klimaschädliche Effekt durch den Verlust der Kältemittel dürfte beherrschbar sein, womöglich auch durch die verbesserte Wettbewerbsfähigkeit CO₂-basierter Anlagen¹⁰⁹. Der energetische Mehrbedarf dagegen bleibt ein Problem, das nur durch die Dekarbonisierung des ÖPNV in Berlin gelöst werden kann (vgl. HIRSCHL/ REUSSWIG/ WEIß et al. 2015a, b).

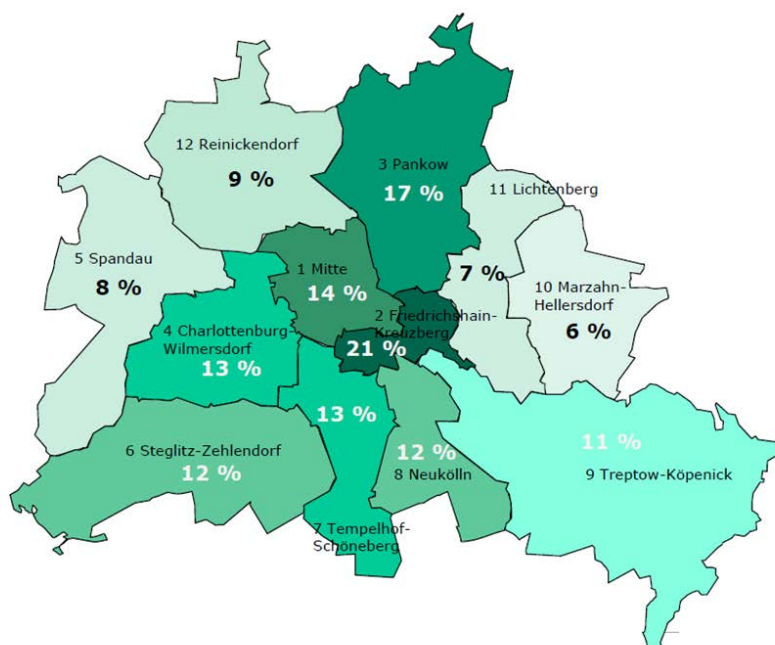


Abbildung 79: Anteil des Radverkehrs am Gesamtverkehr (Wege) nach Bezirken 2008.
Quelle: AHRENS 2011: 10.

¹⁰⁸ Laut Umweltbundesamt verlieren Busklimaanlagen durchschnittlich 15% ihres Kältemittels pro Jahr. Insgesamt emittierten aus Bussen im Jahr 2013 deutschlandweit etwa 94 Tonnen des Kältemittels R134a. Das entspricht 134.000 Tonnen CO₂-Äquivalent pro Jahr, etwa so viel wie die jährliche CO₂-Abgasemission von 80.000 sparsamen Kleinwagen (vgl. online: <http://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/produkte/fluorierte-treibhausgas-fckw/anwendungsbereiche-emissionsminderung/umweltfreundliche-klimaanlagen-in-bussen>; Zugriff: 04.12.15).

¹⁰⁹ Um dem Kältemittelproblem zu begegnen, testete die BVG seit September 2008 Omnibus-Klimaanlagen mit dem alternativen Kältemittel CO₂. Der so ausgerüstete Eindecker war damals einzigartig in Europa, die BVG ein Pionierunternehmen beim Test klimafreundlicher mobiler Kühlsysteme. Bis 2011 hatte das so ausgerüstete Fahrzeug über 400.000 km zurückgelegt und neben den ökologischen auch wirtschaftliche Vorteile aufzuweisen. Die Kältewirkung war um 15% höher gegenüber herkömmlichen Anlagen (meist auf der Basis des für Busse noch zugelassenen Kältemittels R134a). Der Praxistest wurde letztlich dadurch beendet, dass ein neues alternatives Kältemittel in den Markt eingeführt wurde, welches ein 95% niedrigeres Treibhausgaspotenzial im Vergleich zu R134a aufweist, wenn gleich nicht ganz so gering klimaschädlich ist wie CO₂ (BVG o.J.).

Daneben stellt sich die Frage des Einflusses zunehmender *Hitzewellentage* auf den *Fahrradverkehr*. Derzeit liegen die Schwerpunkte der Anteile des Radverkehrs an den Verkehrswegen in den innerstädtischen Bereichen, vor allem in Friedrichshain-Kreuzberg, Pankow, Mitte, Charlottenburg-Wilmersdorf und Tempelhof-Schöneberg (vgl. Abbildung 79, oben). Diese generell höher verdichteten Bereiche weisen bereits heute schon einen städtischen ▶ *Wärmeinsel-Effekt* auf (→ Kap. 4.2.1 und 4.2.2). Einer niederländischen Studie zufolge nimmt unter aktuellen Bedingungen mit steigenden Außentemperaturen auch die Wahl des Verkehrsmittels Fahrrad zu (SABIR/ VAN OMMEREN/ KOETSE et al. 2010). Allerdings wurde die Kategorie „Extremtemperatur“ in dieser Studie bereits mit Werten über 25 °C angesetzt, ein Wert, der deutlich unter dem Kenntag „heißer Tag“ (≥ 30 °C) liegt, der in der vorliegenden Studie zugrunde gelegt wird. Eine australische Studie, die zwischen „heißen“ und „sehr heißen“ Sommern unterscheidet (arithmetische Mittelwerte: 28,3 °C bzw. 33,9 °C), kommt dagegen zu dem Ergebnis, dass bei sehr heißen Sommern die Wahrscheinlichkeit der Verkehrsmittelwahl „Fahrrad“ wieder abnimmt (CLIFTON/ CHEN/ CUTTER 2011). Dies dürfte vor allem für Personen gelten, denen die Hitze aus Alters-, Gesundheits- oder sonstigen Gründen zu schaffen macht, die ansonsten aber Fahrrad fahren würden (→ Kap. 4.2.1).

Die zukünftig zu erwartende Zunahme von *Starkregenereignissen* wird auch die Spitzenabflüsse aus dem Straßenraum erhöhen und dürfte damit – falls es zu keinen weiteren Anpassungsmaßnahmen im Bereich der Stadtentwässerung kommt (→ Kap. 4.2.2) – das Verkehrsgeschehen in Berlin immer wieder beeinträchtigen. Wie die Vergangenheit zeigt, führt z.B. die Überlastung und Verstopfung der Gullys dazu, dass sich rasch kleine „Seen“ bilden, die vor allem für den straßengebundenen Verkehr erhebliche Barrieren darstellen (vgl. Abbildung 80).



Abbildung 80: Überschwemmung Unterführung Wolfensteindamm, Berlin-Steglitz, 7.7.2006, 18.34 MESZ. Foto: GEORG MYRCIK in JANKIEWICZ/ MYRCIK/ WEHRY 2006: 2.

Überflutete Straßen und Eisenbahnunterführungen (z.B. am 07.07.2014 etwa im Verlauf der Schlichtallee in Rummelsburg) führen zu deutlichen Verspätungen im Busverkehr, in ungünstigen Lagen wird der ruhende Verkehr überflutet. Auch der Bahn- und Flugverkehr wird beeinträchtigt: In Tegel etwa wurde am 07.07.2014 die Bodenabfertigung für 1,5 Stunden eingestellt, die nachfolgenden Maschinen starteten mit erheblicher Verspätung.

Angesichts des höheren ▶ *Versiegelungsgrades* des innerstädtischen Bereichs und der höheren Dichte an verkehrstechnischen Bauwerken (z.B. zur Querung von Straßen- oder Schienenverkehr) kann ganz allgemein von einer höheren ▶ *Vulnerabilität* des innerstädtischen Verkehrsgeschehens für das stadtweite Risiko vermehrter Starkregenereignisse ausgegangen werden.

Betrachtet man in Bezug auf den Fahrradverkehr die zu erwartende *saisonale Temperaturerhöhung*, ist hier mit einer Erhöhung des Anteils des Radverkehrs zu rechnen. Die vorhandenen saisonalen Daten zur Fahrradnutzung zusammen mit den Projektionen der saisonalen Mittleren Tageshöchsttemperaturen (→ Kap. 3) erlauben eine grobe Abschätzung der Größenordnung des zu erwartenden Effektes. Im Winter ist bis 2050 rein klimabedingt etwa eine Verdopplung (bis 2100 etwa 150% Zunahme) des Fahrradverkehrs zu erwarten, im Sommer etwa 20% bis 2050 (40% bis 2100). Man muss allerdings in Betracht ziehen, dass die zunehmende Häufigkeit von Starkregen- und Hitzewellentagen diesem Anstieg qualitativ entgegenwirken. Der Nettoeffekt des Klimawandels auf den Radverkehr wird dieser ersten Abschätzung nach im Winter deutlich positiv und im Sommer leicht positiv ausfallen. Zu überlegen ist dennoch, wie der Wegekommfort für Radfahrer/-innen gesteigert werden kann, um den positiven Effekt weiter zu verstärken.

Klimabedingte Beeinträchtigung der Verkehrswege

Berlin hat ein S-Bahn-Netz von ca. 330 km Streckenlänge, die U-Bahn hat ca. 150 km an Streckennetz aufzuweisen, die Straßenbahn 300 km. Es gibt allein 77 km an Bundesautobahnen im Berliner Stadtgebiet und 186 km an Bundeswasserstraßen. Zählt man das übrige Straßennetz sowie die Bahn- und Betriebshöfe hinzu, dann wird deutlich, wie groß, bedeutsam und verflochten mit der Stadt die Berliner Verkehrsinfrastrukturen sind.

Verschiedene Teile der Bahninfrastruktur (Bahn, S-Bahn, U-Bahn im oberirdischen Betrieb) sind für wetter-/witterungsbedingte Einflüsse, speziell Extremereignisse, in unterschiedlichem Maße anfällig. Ein europäisches Forschungsvorhaben, an dem u.a. die *Deutsche Bahn AG* als Praxispartner beteiligt war (NOLTE/ KAMBUROW/ RUPP 2011), hat eine Rangfolge an gefährlichen Klimawirkungen identifiziert; parallel wurde eine Rangfolge des vulnerablen Inventars im Bereich Bahninfrastruktur gebildet, deren erste zehn Ränge nachfolgend wiedergegeben werden (Abbildung 81).



Abbildung 81: Klimasignale und Bahninfrastruktur. Quelle: Eigene Darstellung nach NOLTE/ KAMBUROW/ RUPP 2011.

Auch wenn diese Untersuchung im deutschlandweiten und nicht speziell im Berliner Kontext entstanden ist, geben sie doch einen Hinweis auf die hiesige Vulnerabilität der Bahninfrastruktur. Die Analysen von BUTH/ KAHLENBORN/ SAVELSBERG et al. (2015) sowie von HOFMANN/ ROTTER/ WELP (2009) bestätigen und vertiefen jeweils einzelne der genannten Faktoren und Wirkungsbeziehungen.

Im Berliner Kontext und mit Blick auf die spezifischen AFOK-Klimaprojektionen hervorzuheben sind ebenfalls die Risiken, die sich aus Starkregenereignissen und lokalen Überflutungen ergeben. Nach Auskunft der DB ist hierbei besonders von einer erhöhten Erosionsgefahr für die erdgebundenen Zuwegungen (Fuß- und Radverkehr) auszugehen. Parallel dazu kommen Entwässerungssysteme an ihre Grenzen und Bahndämme sowie Gleisanlagen können überspült werden (Interview Herr Balsmayer, → Teil II, Kap. 14). Im Sommer 2015 fielen an sehr heißen Tagen einige S-Bahnen wegen Überhitzung von Steuerungssystemen aus. Leit- und Sicherungssysteme sind ebenfalls hitzeanfällig (Interview Herr Vetter, → Teil II, Kap. 14). Auch an den Nahtstellen von Schienen kann es zu Verformungen kommen, die den Bahnverkehr beeinträchtigen (vgl. DPA, 2015). Bei Brücken sind thermische Ausdehnungen möglich. Darüber hinaus kann es tendenziell vermehrt zu Vegetations- und Böschungsbränden kommen (Interview Herr Below, → Teil II, Kap. 14).

Auch die Infrastruktur des Straßenverkehrs ist anfällig gegenüber dem Klimawandel. Straßenbeläge verformen sich bei großer Hitze (insbesondere bei längeren Hitzeperioden), was immer wieder zu Hitzeaufbrüchen führt (Aufsprengungen von Betonfahrbahnen und Spurrinnen bei Asphaltfahrbahnen, in jüngster Zeit auch *Hitze-Blow-Up* genannt). Im Sommer 2013 war davon die A 113 an der Anschlussstelle Späthstraße in Neukölln betroffen, zu Pfingsten 2014 war es eine Spur der A 114 in Pankow. Dort ragte eine angehobene Bodenplatte wie eine Rampe in die Höhe und stellte eine Gefahr für den Verkehr dar. Die linke Fahrspur musste stadtauswärts gesperrt werden (GANDZIOR 2014). Auch jenseits von Autobahnen kommt Beton als Belag auf Berliner Straßen zum Einsatz und kann bei Hitze aufplatzen.¹¹⁰ Das Bundesverkehrsministerium hat 2014 erstmals einen Aktionsplan gegen *Hitze-Blow-Ups* vorgelegt, der neben mehr Kontroll- und Messfahrten

¹¹⁰ Der ADAC etwa warnte bereits vor entsprechenden Straßenschäden in Neubaugebieten von Marzahn und Hellersdorf (KOCH-KLAUKE 2014).

auch schnelle Instandsetzung und wissenschaftliche Begleitung vorsieht.¹¹¹ Für die Bundesautobahnen auf dem Stadtgebiet übernimmt Berlin in Auftragsverwaltung des Bundes die regelmäßigen Kontrollen, ordnet gegebenenfalls Geschwindigkeitsreduktionen oder Sperrungen an und führt Reparaturen durch. Hier wird seitens der Verwaltung kein zusätzlicher Handlungsbedarf über die aktuellen Maßnahmen hinaus gesehen (Interview Herr Vierarm, SenStadtUm, Abteilung X-Tiefbau/ Projektbereich Straße-Bauausführung, → Teil II, Kap. 14).

Der größte Teil des Berliner Straßennetzes ist mit Asphalt bedeckt, der sich bei hohen Temperaturen verformt und Spurrillenbildung zeigt. Nach Ergebnissen des Forschungsvorhabens *Adaption der Straßenverkehrsinfrastruktur an den Klimawandel* unter Beteiligung des Bundesamtes für Straßenwesen (BASt)¹¹² hat der Klimawandel nur geringe Auswirkungen auf Strecken, deren Nutzungszeitraum vor 2050 endet. Für diese wird kein Handlungsbedarf gesehen. Für Strecken, die über das Jahr 2050 hinaus Bestand haben sollen, ist jedoch bei der gegenwärtig üblichen Dimensionierung mit deutlichen Einschränkungen des Nutzungszeitraumes zu rechnen. Langfristig ist deshalb eine Anpassung der Straßenbeläge an die steigenden Temperaturen erforderlich. Besonders da Baumaßnahmen mit einem größeren zeitlichen Vorlauf geplant werden und Straßen einen angesetzten Nutzungszeitraum von 30 Jahren haben, ergibt sich daraus bereits in wenigen Jahren Handlungsbedarf.



Abbildung 82: Blow Ups bei Fahrbahnplatten aus Beton. Quelle: BASt (2010).

Frost und Eis spielen eine große Rolle für Funktionsbeeinträchtigungen von Straßen und Bürgersteigen (Auffrieren), Schienenwegen (Vereisen von Weichen) und Oberleitungen (Vereisen). Durch Stürme verursachter Baumfall kann neben der direkten Verkehrsbehinderung auch zu Schäden an der Verkehrsinfrastruktur führen. Hier ist allerdings kein klimawandelbedingter Anstieg der Häufigkeiten dieser Ereignisse zu erwarten, teilweise sogar ein Rückgang (→ Kap. 3). Allerdings ist zu beachten, dass diese Ereignisse auch zukünftig vorkommen werden und insofern Vorsorge zum Erhalt bzw. zur Verbesserung der Qualität der Verkehrsinfrastruktur zu treffen ist.

Klimabedingte Verschärfung der verkehrsbedingten Umweltbelastung: Klimawandel als „Smog-Verstärker“

Der Klimawandel kann nicht nur das Verkehrsgeschehen und die Verkehrsinfrastrukturen gefährden, er kann auch negative Umweltfolgen des Verkehrsgeschehens verstärken und dadurch dessen Gesundheitsgefährlichkeit steigern. Das ist der Fall beim Komplex ▶ Sommersmog/ bodennahes Ozon (→ Kap. 4.2.1). Der Richtwert für die maximale Ozonkonzentration von 120 µg/l im 8-Stunden-Mittel wird in Berlin in letzter Zeit an etwa 10-20 Tagen pro Jahr überschritten; es kommt zu „Sommersmog“.¹¹³ Im letzten Jahr sind in vielen Städten – so auch in Berlin – weiter angestiegene Ozonwerte zu beobachten (vgl. Box 10).

¹¹¹ Vgl. dazu die Webseite des Verkehrsministeriums: <http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/K/aktionsplan-gegenhitze-blow-ups-update.html>.

¹¹² Auf der projekteigenen Internetseite (www.advis.de) sind weitere Informationen erhältlich.

¹¹³ Als „Sommersmog“ bezeichnet man u.a. eine hohe Ozon-Konzentration in der bodennahen Luft, die durch photochemische Umsetzung von Vorläufersubstanzen wie NO₂, CO und flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) entsteht. Ozon reizt die Schleimhäute und Augen, je nach Konzentration führt es zu verstärktem Hustenreiz, verminderter sportlicher Leistung, einer Verminderung der Lungenfunktionen bis hin zu chronischen Lungenerkrankungen.

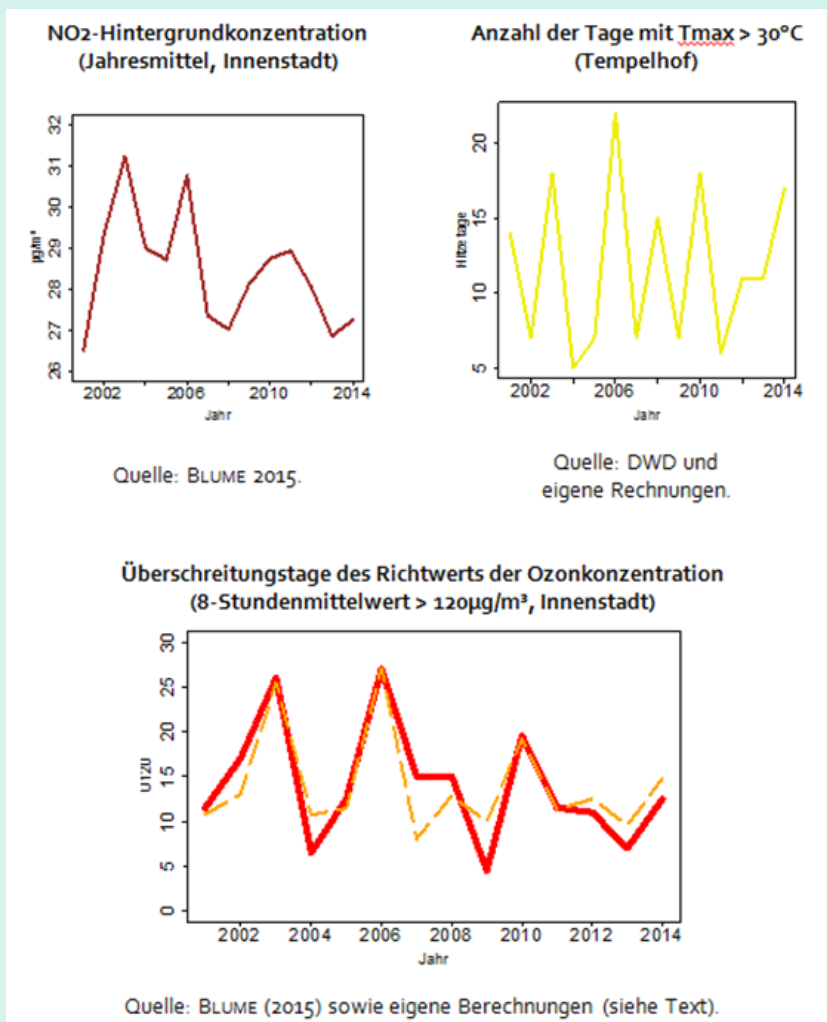
Box 10: Sommersmog in Berlin unter Klimawandel

Um zu einer quantitativen Abschätzung der zu erwartenden Zunahme der Ozonbelastung im Berliner Innenstadtbereich zu kommen, wurde auf die Daten des Berliner Luftgüte-Messnetzes (BLUME) (SENSTADTUM 2015) zurückgegriffen.

Abbildung 83 zeigt links oben den Verlauf der erklärenden Variablen NO_2 -Konzentration und rechts oben die Anzahl heißer Tage für die Jahre 2001 bis 2014. Das untere Diagramm zeigt die gemessenen Ozon-Überschreitungstage (durchgezogene rote Linie) sowie das Resultat des einfachen empirischen Modells (gestrichelte orange Linie). Das

Modell vermag 80% der beobachteten Varianz zu erklären. Da die Variable „Heiße Tage“ nur näherungsweise die für die photochemischen Prozesse relevante Sonneneinstrahlung beschreibt, NO_2 zwar das dominierende, aber nicht das einzige Vorprodukt für O_3 ist und das Modell mit mittleren Werten für den gesamten Innenstadtbereich arbeitet, sind die vergleichsweise geringen Abweichungen zu erwarten.

Bis zur Mitte des Jahrhunderts ist etwas mehr als eine Verdoppelung der Anzahl der jährlichen Hitzetage zu erwarten (+115%, → Kap. 3). Daraus ergibt sich – die Unsicherheiten des Regressionsmodells berücksichtigend – eine Zunahme der O_3 -Richtwertüberschreitungstage von bis zu 80%. Allein um die derzeitige Luftqualität unter Klimawandelbedingungen zu erhalten, muss eine deutliche Reduktion der NO_2 -Konzentration erreicht werden. Nach dem hier verwendeten empirischen Modell ist eine NO_2 -Reduktion um ca. ein Viertel¹¹⁴ bis 2050 notwendig, um den Status Quo zu halten, d.h. im Innenstadtbereich muss in etwa der Wert an NO_2 -Hintergrundkonzentration erreicht werden, der heute an


Abbildung 83: Berechnung der U_{120} -Tage aus NO_2 -Konzentration und Hitzetagen.

Es zeigt sich im Rahmen einer multivariaten Regressionsanalyse, dass die Anzahl der Tage pro Jahr, an denen der Richtwert der Ozonkonzentration im Berliner Innenstadtbereich überschritten wird („ U_{120} “), gut aus der Anzahl der heißen Tage (Tagesmaximaltemperatur $> 30^\circ\text{C}$) und der mittleren innerstädtischen NO_2 -Hintergrundkonzentration im entsprechenden Jahr rekonstruiert werden kann ($R^2 = 0,8$ $p < 0,001$; für die einzelnen Koeffizienten $p_i < 0,05$). Dieses signifikante, einfache empirische Modell konnten wir nutzen, um den Einfluss des Klimawandels (Klimasignal „Zunahme heißer Tage“) auf die Anzahl der zukünftigen Ozon-Überschreitungstage abzuschätzen.

Stadttrandlagen vorliegt.

Die Fortschreibung des sich andeutenden Reduktionstrends¹¹⁵ seit 2001 würde hierzu bei weitem nicht ausreichend sein.¹¹⁶

¹¹⁴ Das empirische Modell kann hier nur eine erste Näherung liefern, da die notwendige NO_2 -Konzentration unterhalb des bisherigen Beobachtungsbereichs liegt – damit wird das Modell in dieser Variablen extrapolierend verwendet.

¹¹⁵ Dieser Minderungstrend von ca. 0,5%/a ist wegen der relativ großen interanuellen Schwankungen (siehe Abbildung 83) nicht signifikant.

¹¹⁶ Siehe LFU 2015.

Im Sinne von „externen Effekten“ ist eine Vulnerabilität demnach auch für nicht aktive Teilnehmer des (motorisierten) Verkehrsgeschehens gegeben: Besondere Risikogruppen sind Kleinkinder, Menschen, die im Außenbereich körperlich anstrengende Arbeiten verrichten sowie Personen mit chronischen Erkrankungen der Atemwege wie Asthma. Darüber hinaus besteht unspezifisch bei 10-15% der Gesamtbevölkerung über alle Altersgruppen hinweg ein Gesundheitsrisiko durch Ozon. Mehr heiße Tage mit erhöhter Sonnenscheindauer tragen zu einer verstärkten Ozonproduktion aus den Ausgangsstoffen NO₂, CO und VOC bei. Die gleiche Menge dieser Ausgangsstoffe wird also unter Klimawandel-Bedingungen in mehr schädliches Ozon umgesetzt (→ Kap. 4.2.1.1., Abbildung 41).

Wählt man als Zielvorgabe den Erhalt der gegenwärtigen städtischen Ozonsituation, dann muss – den zukünftigen Klimawandel und seine „Smog-Verstärkerfunktion“ berücksichtigend – die Konzentration der im innerstädtischen Kontext wichtigsten Vorläufersubstanz NO₂ entsprechend verringert werden. Der Anteil des Straßenverkehrs an den NO₂-Emissionen liegt im Sommer bei über 80%. Im Wesentlichen wird also hier anzusetzen sein.

Bereits heute ist abzusehen, dass unter den Bedingungen steigenden Transportaufkommens die langsame Durchdringung der Fahrzeugflotte mit Euro 5 und 6 Fahrzeugen sowie der Berücksichtigung der *Real-drive-Emissionen* sehr wahrscheinlich nicht ausreichen wird, um die geforderten Grenzwerte unter den Bedingungen des Klimawandels einzuhalten¹¹⁷. Eine deutliche Reduktion des verbrennungsmotorisierten Verkehrs wird daher nötig sein. Hier bestehen klare Synergien zwischen Klimaschutz und Klimaanpassung, da beide Teilbereiche der Klimapolitik nach einer Einschränkung der fossil betriebenen Fahrzeugflotte verlangen.

Berücksichtigt man die komplexen Substitutionsbedingungen für den verbrennungsmotorisierten Individualverkehr (typische Weglängen, Möglichkeiten des elektrischen ÖPNV-Ausbaus etc.), folgt aus der Forderung einer 25%igen NO₂-Reduktion bis 2050 – im Sinne einer ersten groben Abschätzung – die Notwendigkeit von etwa einer Verdopplung des Fahrradverkehrsanteils an den zurückgelegten Wegen von derzeit 12,5% auf etwa 25% bis zu diesem Zeitpunkt. Der zu erwartende Klimawandel wird diesem ambitionierten Ziel dienlich sein (s.o.), aber sicher alleine nicht ausreichen. Geeignete Maßnahmen zur Förderung sind notwendig – Großstädte mit teilweise noch höheren Anteilen (Amsterdam: 37% im Jahr 2010) belegen die Erreichbarkeit des Ziels.

4.2.7.2 Maßnahmen zur Anpassung des Verkehrssektors

Mit Blick auf die besonderen Gefährdungslagen des Berliner Verkehrssektors angesichts des zukünftigen Klimawandels wurden zum einen fünf objektbezogene Maßnahmen als vordringlich identifiziert, zum anderen wurde eine strategisch-instrumentelle Maßnahme entwickelt, die auch längerfristig die Anpassungsfähigkeit dieses Sektors gewährleisten soll.¹¹⁸

Eine erste Gruppe von *objektbezogenen Maßnahmen* adressiert die wichtigsten Vulnerabilitäten der Straßenverkehrswege gegenüber zukünftig häufiger auftretenden Wetterextremen (VVI-1, VVI-2).

Die zweite Gruppe dieser Maßnahmen bezieht sich auf den Zusammenhang zwischen dem *Verkehrsgeschehen und der Erhaltung/ Verbesserung der städtischen Luftqualität* unter Klimawandelbedingungen (VVI-3, VVI-4, VVI-5). Wie im vorherigen gezeigt, ist der Haupteffekt, die Verschärfung der ▶ Sommersmog (Ozon)-Belastung, durch das häufigere Auftreten von Hitzetagen (Sonneneinstrahlung) erklärbar. Die diesbezüglichen Maßnahmen zielen auf die Verringerung der Emissionen der Ausgangsstoffe für die Ozonbildung, im Wesentlichen also die verkehrsbedingten NO₂-Emissionen. Die wichtigste Zielrichtung muss hier die Förderung von emissionsarmen Verkehrsalternativen (ÖPNV, Fußverkehr, Radverkehr, Elektromobilität auf erneuerbarer Basis) sein. Dies deckt sich grundsätzlich mit den im Luftreinhalteplan 2011-2017 für Berlin priorisierten Maßnahmen, diese erhalten hierdurch aber einen erweiterten Begründungszusammenhang und deutlich erhöhte Dringlichkeit, da neben der Grenzwerteinhaltung und der bekannten Synergie zwischen Luftreinhaltung und Klimaschutz der zusätzliche Zusammenhang zwischen Luftreinhaltung und Adaptation ins

¹¹⁷ Die im Berliner Luftreinhalteplan 2011-17 (SENSTADTUM 2013) getroffenen Annahmen über die möglichen filterinduzierten Reduktionen der Verkehrsemissionen haben sich nur teilweise erfüllt, da der berechnete Wert für innerstädtische NO₂-Hintergrundkonzentration für 2015 zu hoch liegt.

¹¹⁸ Tabelle 21 zeigt die Maßnahmenvorschläge des Verkehrssektors in der Übersicht; die ausführliche Beschreibungen finden sich in den Maßnahmenblättern in Kap. 10.

Blickfeld rückt.¹¹⁹ Im Anpassungskontext sind die Radverkehr fördernden Maßnahmen besonders hervorzuheben, da hier eine positive Rückwirkung des Klimawandels auf die Verkehrsmittelwahl zu konstatieren ist. Auf der anderen Seite ist die Attraktivität des ÖPNV und des Fußgängerverkehrs auch unter Klimawandelbedingungen zu gewährleisten.

Mit dem Vorschlag einer *instrumentellen Maßnahme* (VVI-6) wird schließlich der Tatsache Rechnung getragen, dass Anpassungsmaßnahmen aus unterschiedlichen Gründen in Zukunft möglicherweise ergänzt, weiterentwickelt und verfeinert werden müssen. Es können in den nächsten Jahren neue relevante Vulnerabilitäten zu Tage treten, die heute nicht absehbar sind. Ebenfalls könnten sich durch neue Technologien Optionen der Klimaanpassung eröffnen, die derzeit noch unbekannt sind.

Nr.	Maßnahme
Objektbezogene Maßnahmen: Ertüchtigung der Verkehrswege	
VVI-1	Aufbringung von angepasstem Straßenbelag
VVI-2	Anpassung der Straßenentwässerung an das zukünftige Starkniederschlagsaufkommen
Objektbezogene Maßnahmen: Reduktion von verkehrsbedingten NO _x -Emissionen und Sicherung des umweltfreundlichen Verkehrsträgermixes vor den Auswirkungen des Klimawandels	
VVI-3	Teilmaßnahmen Radverkehr
VVI-4	Regelung zur Kühlung im ÖPNV
VVI-5	Sicherheit und Annehmlichkeit des Fußverkehrs aufrechterhalten
Instrumentelle Maßnahmen	
VVI-6	Task Force Verkehrsinfrastruktur-Check einführen

Tabelle 21: Maßnahmenvorschläge im Handlungsfeld Verkehr und Verkehrsinfrastruktur – Übersicht.

¹¹⁹ Im Berliner Luftreinhalteplan (SENSTADTUM 2013) werden Klimawandelaspekte zwar im Hinblick auf Feinstaubbelastung und ein sich möglicherweise änderndes Niederschlagsregime angesprochen, nicht aber im Zusammenhang mit der Ozonbildung. Darüber hinaus spielen sie bei der Rechtfertigung der Maßnahmen keine Rolle.

4.2.8 Tourismus, Kultur, Sport

Betrachtet man zunächst den *Hintergrund und die Bedeutung* des Handlungsfeldes Tourismus, Kultur und Sport (TKS), so stellt man fest: Allen Unterschieden zum Trotz sind die drei Teilbereiche Tourismus, Kultur und Sport jeweils durch einen bedeutenden Anteil an Aktivitäten im Freien gekennzeichnet, wodurch sie den Klimawandelfolgen in ähnlicher Weise ausgesetzt sind.¹²⁰

Berlin ist eine grüne Stadt mit vielen Parks und einer reichen Seen- und Flusslandschaft, die es für Touristen zu besuchen lohnt. Berlins *Tourismus* entwickelt sich tatsächlich sehr dynamisch. Berlin ist eine Top-Tourismusdestination sowohl im deutschen wie im internationalen Maßstab. Wurden im Jahr 1993 in Berlin knapp 3 Mio. Ankünfte und 7,3 Mio. Übernachtungen registriert, so konnten 2014: 11,9 Mio. Ankünfte und 28,7 Mio. Übernachtungen verbucht werden (vgl. Abbildung 84).¹²¹

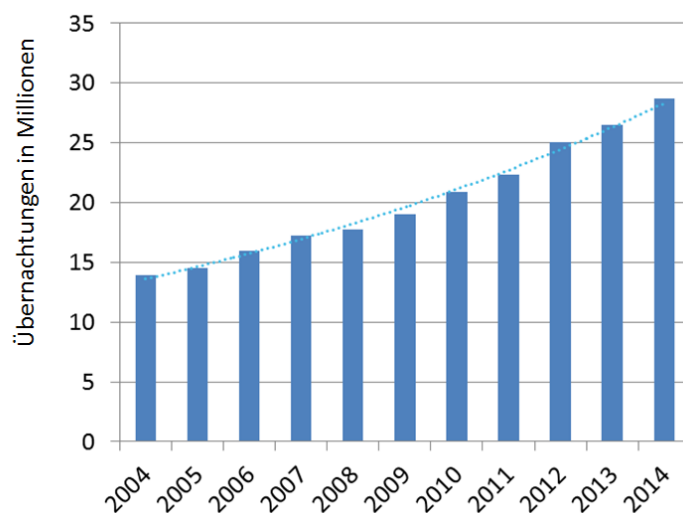


Abbildung 84: Entwicklung der Übernachtungszahlen in Berlin; hellblau-gestrichelte Linie = Trend. Quelle DTV e.V.; zit. n. IHK 2015: 4.

Hinzu kommen die zusätzlichen Besucher/-innen in privaten Unterkünften (3,6 Mio. in Ferienwohnungen, 32,5 Mio. bei Freunden, Verwandten und Bekannten) sowie 105,7 Mio. Tagesgäste. Nach Paris und London zählt Berlin zu den meistbesuchten Städten im europäischen Vergleich (MATTHIES 2015). Jeden Tag halten sich damit durchschnittlich rund 500.000 Gäste aus dem In- und Ausland in Berlin auf (VISIT BERLIN 2015a). Entsprechend größer fällt auch die potenziell vulnerable Bevölkerungszahl in der Stadt aus.

Der Tourismus stellt auch einen wichtigen Wirtschaftsfaktor dar. Ein Tagesgast gibt im Schnitt 35,70 € am Tag aus, ein/e Berlin-Besucher/-in mit Übernachtung 204,70 € und ein/e Kongressteilnehmer/-in mit Übernachtung 232 € (VISIT BERLIN 2015b). Das summiert sich auf einen Bruttoumsatz von 10,65 Mrd. € und bedeutet daneben auch noch Steuereinnahmen für Bund und Land in Höhe von 1,91 Mrd. € (VISIT BERLIN 2014). Der touristische Beitrag zum Berliner Volkseinkommen beläuft sich auf 7 %, 240.500 Personen leben vom Tourismus (Beschäftigungsäquivalente) (VISIT BERLIN 2015a). Neben dem Gastgewerbe selbst profitieren auch der Einzelhandel und andere Dienstleistungsbranchen.

Gleichzeitig verfügt Berlin über Deutschlands größtes und vielseitigstes *Kulturangebot*, und viele Menschen aus der ganzen Welt besuchen die Stadt nicht zuletzt deswegen. Das Gros dieser vielfältigen Angebote nehmen aber die Berlinerinnen und Berliner selbst wahr. Die Bedeutung des Bereichs Kultur für Berlin wird auch dadurch unterstrichen, dass die Kulturverwaltung beim Regierenden Bürgermeister angesiedelt ist. In keinem anderen Bundesland gibt die öffentliche Hand pro Kopf mehr für die Kultur aus. Im Jahr 2009 waren es 175,86 € pro Jahr, im Schnitt der Bundesländer 96,52 €, in Hamburg 169,28 €, in Brandenburg 87,18 € (PRIEM/ SCHUPP 2015: 489).

¹²⁰ Das Klimawirkungsmodell des Sektors „Tourismus, Kultur, Sport“ (TKS) findet sich im Teil II, AFOK-Endbericht (Kap. 11).

¹²¹ Vgl. dazu: <https://www.berlin.de/sen/wirtschaft/wirtschaft-und-technologie/branchen/tourismus/artikel.110610.php>.

Auch der Bereich *Sport* ist für Berlin bedeutsam, Berlins Sportangebot ist enorm. Freizeitsportlern – es gibt allein rd. 600.000 Mitglieder in Sportvereinen – stehen ca. 2.370 Vereine (zusammengeschlossen im Landes-sportbund Berlin; LSB 2015) sowie ca. 1.080 kommunale Sporthallen und ca. 2.100 (landeseigene) Sport-flächen unter freiem Himmel zur Verfügung. Daneben gibt es eine Fülle von großen Sport-Events sowie vielfältige Breitensportangebote. Viele davon finden draußen statt und sind vom Wetter abhängig. Die Individualisierung der Gesellschaft führt zudem dazu, dass sich Sportaktivitäten immer stärker auf individu-eller Basis bzw. in informellen und situativen Gruppen abspielen. Die Vereine und die förmlichen Sport-stätten behalten dadurch zwar ihre Bedeutung, tendenziell werden aber das ganze Stadtgebiet, vor allem aber die Grün- und Freiflächen, zum „Sportplatz“ einer individueller werdenden Freizeitgesellschaft. Eine Facette dieser Entwicklung ist auch des periodische Aufkommens neuer urbaner Trend-Sportarten (z.B. „Parkour“, ein Hindernislauf ohne jedwede Hilfsmittel „quer durch die Stadt“).

4.2.8.1 Vulnerabilitäten

Im Handlungsfeld Tourismus, Kultur und Sport führt die hohe „Freiluftkomponente“ dazu, dass Klimasignale recht unvermittelt einwirken. Es werden Veränderungen und auch Gefahren auf diese Branchen zukommen, aber es sind auch gewisse Chancen sichtbar. Die Verflechtungen von möglicherweise positiven und negativen Auswirkungen auf das Handlungsfeld sind im Klimawirkungsmodell nachzuvollziehen und werden im Folgenden näher erläutert.

Kurz- und mittelfristig: Chancen durch Saisonverlängerung

In den Bereichen Tourismus, Kultur und Sport wird sich zunächst die Erwärmung vereinzelt als positiver Effekt des Klimawandels bemerkbar machen. Über alle Jahreszeiten hinweg ansteigende Mitteltemperaturen, insbesondere im Winter (→ Kapitel 3), können zu einer Saisonverlängerung führen, von der viele profitieren dürften. Einen Eindruck davon konnte man sich Anfang November 2015 machen, als eine unübliche Warmphase in Berlin das Thermometer auf das Rekordhoch von 18° C brachte.

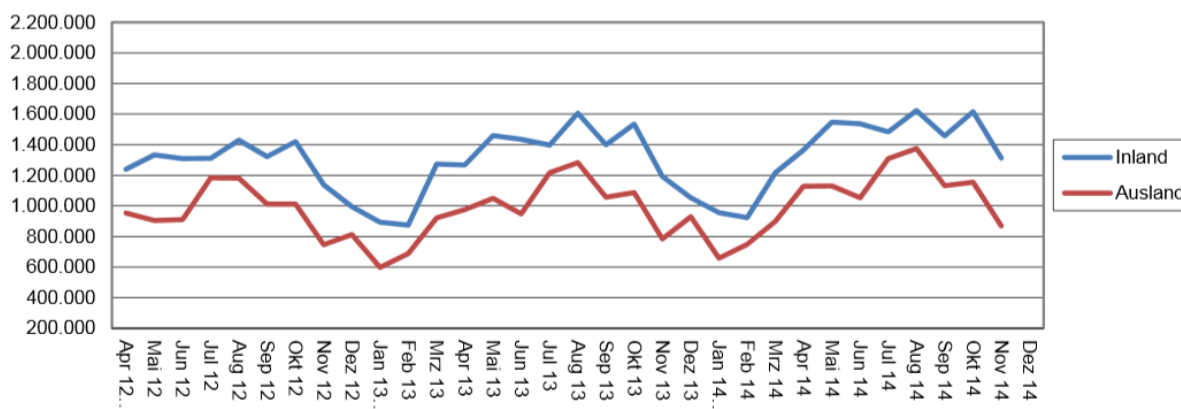


Abbildung 85: Saisonale Schwankungen im Berlin-Tourismus aus In- und Ausland. Quelle: IHK Berlin 2015: I.

Viele Gaststätten hatten ihre Außenanlagen geöffnet, noch abends saßen die Menschen draußen (BZ 2015). Gegenwärtig stellen die Monate November bis Februar die relativen „Flaute“-Zeiten im Berlin-Tourismus dar (Abbildung 85). Mildere Winter könnten in Zukunft für eine Abschwächung dieses Rückgangs sorgen. Bis vor Kurzem galt der September als Ende der touristischen Hochsaison, seit einigen Jahren hat sich das auf Ende Oktober verschoben (Interview Wendt/ Zantout; → Kap. 14). Auch der zukünftig zu erwartende Anstieg der sommerlichen Temperaturen bietet auch Chancen für den Tourismussektor, etwa im Open-Air-Bereich oder bei der Außengastronomie.

Auch Sportler/-innen, die im Außenbereich trainieren, können in Zukunft früher in die Saison starten und diese länger auskosten. Bereits in der Wintersaison 2014/2015 etwa wurden viele Außenanlagen in Berlin durchgängig betrieben, wodurch gleichzeitig die hohe Auslastung der Sporthallen minimiert werden konnte (Interview Hahn; → Kap. 14). Der betriebswirtschaftliche Nettoeffekt dieser Änderungen hinsichtlich der Personal- und Kostensituation der Sportstättenbetreiber scheint allerdings noch offen.

Steigende Sommertemperaturen und vor allem die Zunahme heißer Tage bedeuten aber auch mehr Hitzestress für Besucher/-innen und beim Sport. Der thermische Komfort der aufgeheizten Stadt sinkt, der

Aufenthalt – selbst ohne zusätzliche körperliche Belastung – wird als belastend und unangenehm empfunden (FRÖHLICH/ MATZARAKIS 2011). Noch gilt Berlin als überdurchschnittlich grüne europäische Metropole, noch ist der Städtetourismus von klimatischen Änderungen weitgehend unabhängig (vgl. DB 2008). Aber mittel- bis langfristig ist mit Verschiebungen vom Sommer in das Frühjahr und den Herbst zu rechnen.

Ein gesamtstädtisches Tourismuskonzept sollte die Anpassungsmaßnahmen Berlins insbesondere bezüglich einer Verschiebung der Saison und zunehmenden Hitzewellen herausstellen sowie die Vorteile der Stadt im Hinblick auf den Klimawandel betonen und positiv für sich nutzen (TKS-3).

Sowohl die Kultur- als auch die Sportanbieter/-innen in Berlin müssen ihre Angebotspalette im Zuge des zu erwartenden Klimawandels überprüfen. Eine Reihe von Anpassungsmöglichkeiten im Kontext des Kultur- und Sportbereichs bezieht sich auf die Bedürfnisse der Bürger/-innen, aber auch Tourist/-innen werden davon profitieren (TKS-1). Im Sommer können beispielsweise Veranstaltungen und Trainings in den Morgen oder Abend verlegt und Öffnungszeiten von nicht-klimatisierten Sportstätten/ Kultureinrichtungen angepasst bzw. eine verlängerte Mittagspause eingeführt werden. In milden Wintern kann ein Großteil der sportlichen Aktivitäten aus den Hallen in den Außenraum verlagert werden, ebenso möglicherweise einige Veranstaltungen. Zudem werden neue Angebote in dieser Branche nicht auf sich warten lassen.

Risiken durch Extremereignisse

Aufgrund der hohen „Freiluft-Komponente“ ist das Handlungsfeld Tourismus, Kultur, Sport von Extremereignissen direkt betroffen, womit einige Risiken verbunden sind (vgl. auch Box I I, unten).

Hitze ist zumeist kein Grund, Open-Air-Veranstaltungen abzusagen. Die Auswirkung auf die Gesundheit der Beteiligten kann jedoch groß sein, was besonders im Sicherheitskonzept der Veranstaltung berücksichtigt werden muss. Mit der Maßnahme TKS-2 zur Trinkwasserversorgung werden einerseits die Gesundheitsgefahren der Besucher/-innen bei Außenveranstaltungen durch ▶ Dehydrierung vermindert. Andererseits wird die Attraktivität der Veranstaltungen bei hohen Temperaturen gesteigert und somit eine Planungssicherheit geschaffen. Beim Karneval der Kulturen beispielsweise haben die Berliner Wasserbetriebe die Versorgung mit Trinkwasser (Wasserbars und „Drinkmen“, vgl. Abbildung 86) übernommen. Das sollte ein vorgeschriebener Standard für Veranstaltungen im Sommer werden. Sinnvoll wäre ein Temperaturschwellenwert, der zum Einleiten festgelegter Maßnahmen führt.

Eine Machbarkeitsstudie hat bereits belegt, dass eine Umsetzung des Flussbad-Projektes unter Beachtung bestimmter Kriterien generell möglich ist (FLUSSBAD BERLIN E.V. 2015). Bei anhaltender Hitze können zusätzlich grünpflegerische Maßnahmen (→ GSGF-9) und die vermehrte Installation von Trinkwasserbrunnen (→ WW-7) die Attraktivität des öffentlichen Raums steigern und zum gesundheitlichen Wohlempfinden für Einheimische und Gäste beitragen.



Abbildung 86: „Drinkmen“ – mobile Wasserversorgung auf dem Karneval der Kulturen 2015. Foto: C. PANKOKE.

Eine zunehmende Anzahl an Hitzetagen kann im Kulturbetrieb, bei Tourismusangeboten und bei sportlichen Aktivitäten innerhalb von Gebäuden zu zusätzlicher Nachfrage nach Klimatisierung führen. Musik-, Theater-, Tanzrichtungen etc. legen aber zumeist während der warmen Sommerzeit ohnehin eine Spielpause ein oder verlagern Teile ihrer Aktivitäten nach draußen.

Andauernde Trockenheit belastet die Vegetation in Parks, auf Grünflächen und Sportplätzen und führt folglich zu einem erhöhten Pflegeaufwand. Sportplätze mit Naturrasen verbrauchen daher im Sommer viel

Wasser. Sie dürfen aber zumeist ohnehin nur 10-20 Stunden pro Woche bespielt werden, um den Nutzungsdruck gering zu halten (Interview Hahn; → Kap. 14). Beim Sport auf Kunstrasenflächen, die aufgrund geringerer Pflegekosten stärker eingesetzt werden dürften, kann es gerade an sehr heißen Tagen zu Verletzungen und Verbrennungen kommen.

Starkregenereignisse und Stürme sind sowohl für Outdoor-Aktivitäten im Kultur- als auch im Sportbereich unangenehm. Eine Gefährdung für die Besucher/-innen und Teilnehmer/-innen besteht vor allem durch herabfallende oder umherfliegende Teile des Equipments oder von Ästen der Bäume. Die Kulturprojekte Berlin GmbH hat beispielsweise zum Themenjahr „20 Jahre Mauerfall“ eine Open-Air-Ausstellung organisiert, bei der die Sturmsicherheit der großen Schautafeln während des ganzen Jahres explizit sichergestellt werden musste (Interview Schröder/ Witzmann; → Kap. 14).

Ein Beispiel für mögliche Auswirkungen des künftigen Klimawandels sind die beiden Konzerte von Helene Fischer im Berliner Olympiastadion am 4./5. Juli 2015. Beim ersten Konzert herrschten noch am Abend 36 °C im Stadion. Das Zusatzkonzert am nächsten Tag musste die Schlagersängerin wegen eines Gewitters mit Starkregen abbrechen. An beiden Konzerten kamen insgesamt 120.000 Menschen ins Stadion (BERLINER ZEITUNG 2015, FELBER 2015).

Da gerade Tourist/-innen bei Extremwettersituationen aufgrund mangelnder Orts- und/ oder Sprachkenntnisse sich vergleichsweise weniger gut informieren bzw. schützen können, wird die Maßnahme TKS-4 beschrieben. Bei den AFOK-Workshops wurde betont, dass bei der Berücksichtigung der Tourist/-innen als vulnerable Gruppe im Katastrophenschutz in Berlin noch ein Defizit besteht. Erste Schritte in diese Richtung laufen aber aktuell bei den Berliner Verkehrsbetrieben an (KURPJUWEIT 2015); sie sollten verstärkt werden.



Abbildung 87: Basketballplatz und Weitsprunganlage in Schöneberg nach starkem Regen, 14.7.2015, Foto: PANKOKE.

In Folge von Starkregen können Natur- wie auch Kunstrasen auf Sportplätzen aufweichen bzw. beulen und reißen. Schon heute stellt dieser Aspekt ein großes Problem dar (Interview Hahn 2015; → Kap. 14). Wird Naturrasen dann weiter bespielt, wird die Grasnarbe nachhaltig zerstört, so dass er – teilweise für längere Zeit – nicht mehr genutzt werden kann. Dies gilt vor allem für Plätze, die keine ausreichende Drainageschicht aufweisen. Es können kosten- und zeitintensive Sanierungen erforderlich werden. Selbst Pfützen, die nach einem Regenereignis auf dem Platz verbleiben, stellen für den Spielbetrieb ein dauerhaftes Problem dar und sind nur durch eine gute Entwässerung des Platzes zu beseitigen (vgl. Abbildung 87). Die Maßnahme TKS-5 empfiehlt daher die Einrichtung bzw. Nachrüstung von Drainagesystemen zur Oberflächenentwässerung bei Außensportanlagen. Diese Aktivitäten sind mit der im AFOK empfohlenen „Schwammstadt-Strategie“ (→ Kap. 4.2) zu entwickeln und umzusetzen.

Vereinzelt kann es auch notwendig werden, Veranstaltungen unter freiem Himmel kurzfristig abzusagen bzw. zu verschieben, mit den daraus resultierenden negativen Folgen für Veranstalter/-innen, Sportler/-innen, Zuschauer/-innen und Sponsor/-innen.

Der Sektor Tourismus, Kultur, Sport spielt auch insofern eine wichtige Rolle für die Abschätzung des Vulnerabilitätspotenzials für Berlin, als seine Themen aufgrund der Unterhaltungs-/ Informationspräferenzen der Bevölkerung sowie der dazu analogen Spartenstruktur und Berichtskultur der Medien eine besondere Aufmerksamkeit erzielen. Ein großer Teil der Medienprominenz stammt zudem aus dem Kultur- und Sportbereich. Im Tourismusbereich geht es zudem um das Image Berlins, das viele Bürger/-innen durchaus interessiert. Ein cursorischer Blick in die Medienlandschaft der jüngsten Vergangenheit zeigt, dass Wetter-, ggf. auch Klimaphänomene in diesem Sektor besondere Aufmerksamkeit auf sich ziehen (→ Box 11)

Wetterextreme ziehen gerade im Handlungsfeld TKS die massenmediale Aufmerksamkeit auf sich. Möglicherweise kann dieser Sektor daher auch zu einer verstärkten Sensibilisierung der Bevölkerung für die Folgen des Klimawandels besonders beitragen (→ Kap. 8).

Box 11: Ausgewählte Schlagzeilen in den Medien zu Auswirkungen des Klimawandels auf die Bereiche Tourismus, Kultur und Sport in Berlin

„Badeunfälle – Mehr Badeunfälle und Badetote wegen heißen Sommerwetters“; *Berliner Morgenpost* (13.08.2015)

„Hitzewelle in Berlin – Sommerprodukte sind ausverkauft“; *Der Tagesspiegel* (12.08.2015)

„Super Sommer-Hitze – Dieses Wochenende macht Seen-süchtig“; *Bild* (08.08.2015)

„Bis zu 40 Grad! Grillverbot wegen extremer Hitze“; *Die Welt* (06.08.2015)

„50 Grad unter der Kuppel – Reichstagskuppel erneut wegen Hitze geschlossen“; *Der Tagesspiegel* (05.07.2015)

„Hitze bei Helene – Spezielle Wasser-Regeln bei Helene Fischers Berlin-Konzerten“; *Berliner Morgenpost* (03.07.2015)

„Museum dicht, Grillverbot, Wasser knapp – Die Hitze stellt Berlin auf den Kopf“; *Bild* (26.07.2013)

„Sommer-Trends – Was Sie jetzt brauchen: Pool-Slides, Long Tees, Matcha-Limo“; *Stern* (01.07.2015)

„Politiker fordern Hitze-Siesta“; *Bild* (26.07.2015)

„Berliner Behörden wegen Hitze besorgt um Kutschpferde“; *Märkische Oderzeitung* (19.07.2015)

„Sturm stürzte Gerüst in Menschenmenge – Schwerverletzte bei Kultur-Karneval“; *RP Online* (09.06.2003)

„Fußballplatz ist fast ständig gesperrt – Bei Regen stehen die Spieler im Schlamm“; *Berliner Zeitung* (07.03.2000)

4.2.8.2 Maßnahmen

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Teilbereiche Tourismus, Kultur und Sport besonders wegen ihrer „Freiluftkomponente“ anfällig für den Klimawandel sind, sich aber auch vereinzelt Chancen auf tun, die es künftig zu nutzen gilt. Die vorgeschlagenen Maßnahmen greifen die identifizierten Verwundbarkeitsaspekte auf und versuchen gleichzeitig, gewisse Potenziale, die mit dem Klimawandel kurz- bis mittelfristig für Berlin besonders im Bereich Tourismus verbunden sein können, zu heben.

Nr.	Maßnahme
TKS-1	Anpassung von Angeboten im Kultur- und Sportbereich
TKS-2	Festsetzung einer verbindlichen Regelung zur kostenlosen Ausgabe von Trinkwasser und für die Einrichtung von Erfrischungsanlagen bei (Groß-) Veranstaltungen
TKS-3	Marketingkonzept: Klimaangepasster Städtetourismus in Berlin
TKS-4	Berücksichtigung der Tourist/-innen als vulnerable Gruppe im Katastrophenschutz
TKS-5	Empfehlung zur Einrichtung bzw. Nachrüstung von Drainagesystemen zur Oberflächenentwässerung bei Außensportanlagen

Tabelle 22: Maßnahmen im Sektor Tourismus, Kultur, Sport – Übersicht. Quelle: Eigene Darstellung.

4.2.9 Bildung

Weder die *Deutsche Anpassungsstrategie* noch das *Netzwerk Vulnerabilitätsanalyse* betrachten den Sektor Bildung gesondert.¹²² Auch das Gros der kommunalen Klimaanpassungsstrategien weist ihn nicht extra aus. Meist werden Kinder und Jugendliche als vulnerable Untergruppe im Handlungsfeld *Menschliche Gesundheit* adressiert. Im Rahmen des AFOK wird „Bildung“ dagegen als ein eigenes Handlungsfeld betrachtet. Neben der Zuständigkeit der Länder für den Bildungsbereich sind es vor allem zwei weitere Gründe, die diese Entscheidung rechtfertigen können:

- Erstens gehören Bildungseinrichtungen – die Gebäude und Infrastrukturen, vor allem aber die dort tätigen Menschen – mit zum vulnerabelsten Inventar der Stadt.
- Zweitens kann dieses Handlungsfeld wie kein anderer aber auch zur Vermittlung von Wissen und Fähigkeiten einer verbesserten Problemwahrnehmung und Anpassungskapazität in der Zukunft beitragen.

Im Jahr 2013 gab es in Berlin 2.154 Einrichtungen für die frühkindliche Bildung und Betreuung (mehrheitlich in freier Trägerschaft), die von 148.220 Kindern besucht wurden (AFS 2013: 179). Im Schuljahr 2015/2016 hatte Berlin rd. 800 Schulen (660 davon in öffentlicher, 140 in privater Trägerschaft), die von 301.927 Schülerinnen und Schülern (nur öffentliche Schulen) besucht wurden (SENBJW 2015b). Für das Schuljahr 2022/23 (dem am weitesten zeitlich entfernt liegenden im Planungshorizont) werden rd. 336.000 erwartet (SENBJW 2015a: D3). Angesichts der erhöhten Anfälligkeit von Kindern für Hitzeereignisse (s.u.) kann man also – *ceteris paribus* – von einem Anstieg der Vulnerabilität in diesem Sektor ausgehen.

Im Schuljahr 2015/16 waren an Berlins öffentlichen Schulen 28.751 aktive Lehrkräfte tätig. Die 308 Einrichtungen der beruflichen Bildung des Schuljahres 2014/15 wurden von 86.546 Schülerinnen und Schülern besucht (SENBJW 2015a: 81). An den 42 Hochschulen (Universitäten, Kunst- und Fachhochschulen) Berlins waren im Wintersemester 2014/15 171.263 Studierende eingeschrieben – auch hier mit steigender Tendenz; ihnen stand ein Lehr- und Forschungspersonal von 25.543 Personen gegenüber (AFS 2015: 11). Zählt man dies alles zusammen, dann kommt man auf 3.316 Bildungseinrichtungen, in denen 762.250 Personen „aktiv“ sind, also lernen oder lehren. Die meisten von ihnen (rd. 350.000) sind Vorschul- bzw. Schulkinder.

4.2.9.1 Vulnerabilitäten

Die Vulnerabilität des Bildungssektors ergibt sich aus einer Reihe von Faktoren: der besonderen Anfälligkeit der Vorschul- und Schulkinder gegenüber Wetterextremen und sekundären Klimafolgen wie Infektionskrankheiten, der Lage der meisten Bildungseinrichtungen in verdichteten Bereichen des Stadtgebiets, der baulichen Situation der Gebäude sowie der Organisation des Bildungsbetriebs.

Klimasignal Hitze: Erhöhte Vulnerabilität von Kindern

Folgen extremer Hitzeereignisse auf die menschliche Gesundheit wurden in Kap. 4.2.1 für die Bevölkerung allgemein aufgezeigt. Kleinkinder und Schüler/-innen sind besonders vulnerabel mit Blick auf Wärmebelastungen (vgl. BASU 2015, BASU/ SAMET 2002, KOVATS/ HAJAT/ WILKINSON 2004) und auch anfälliger gegenüber Luftschadstoffen und bodennahem Ozon (BUNGE/ KATZSCHNER 2009), die an sonnenscheinreichen Hitzetagen vermehrt auftreten (→ Kap. 4.1, 4.2, 4.5).

¹²² Das Klimawirkungsmodell des Sektors „Bildung“ (BIL) findet sich im AFOK Endbericht Teil II, Kap. I.1.

Box 12: Erhöhte Vulnerabilität von Kindern

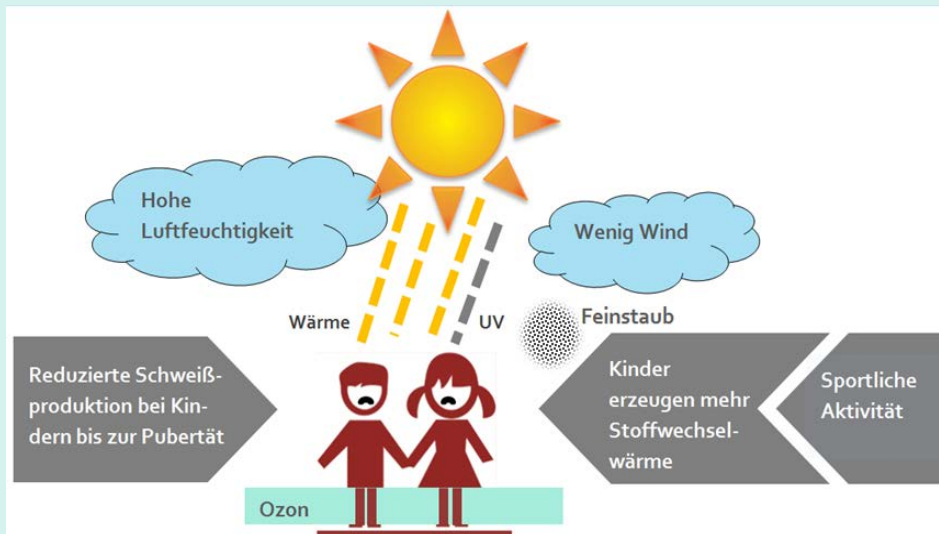


Abbildung 88: Schematische Darstellung der erhöhten Vulnerabilität von Kindern. Quelle: Eigene Darstellung.

Ist der erwachsene menschliche Körper Wärme oder körperlicher Anstrengung ausgesetzt, dient das Schwitzen (*Transpiration*) der Temperaturregelung im Körper. Kinder schwitzen bis etwa zur Pubertät weniger als Erwachsene. Aufgrund dieser verringerten Fähigkeit zur Wärmeabgabe steigt ihre Körpertemperatur leichter an, wenn die Umgebungstemperatur steigt. Hohe Luftfeuchtigkeit, geringe Volatilität der Luftmassen (Wind) sowie vermehrte körperliche Aktivität (bei Kindern nicht untypisch) verschärfen die Situation. Auch gegenüber verstärkter UV-Strahlung ist Kinderhaut anfälliger, da sie weniger Pigmente bildet und von daher einen geringeren Eigenschutz

aufweist. Mit zunehmender Hitze steigen auch die Werte für bodennahes Ozon (→ Kap. 4.2.7), gegenüber, welchem Kinder häufiger als Erwachsene eine Überempfindlichkeit aufweisen. Augenreizungen, Hustenattacken oder Herzrasen sowie ein Anstieg des Asthma-Risikos sind die Folgen, insbesondere bei körperlichen Anstrengungen.

Insgesamt sind Kinder damit einem erhöhten Gesundheitsrisiko bei Hitzeereignissen ausgesetzt, was sich auch in klinischen Auswertungen zeigt (KOVATS/ HAJAT 2007; SHEA 2003, SHEA 2008). Aufgrund dieser erhöhten Vulnerabilität sind Kinder auch dann gefährdeter als Erwachsene, wenn Grenzwerte zum Schutz der Gesundheit (z.B. für Ozon oder PM_{10}) eingehalten werden (SCHERBER 2009, WHO 2013, WHO 2015).

Nur wenn Kinder ausreichend trinken, kann es dem Körper gelingen, die Körpertemperatur im optimalen Bereich zu halten; andernfalls sind Komplikationen die Folge(vgl. FKE 2013). (vgl. Tabelle 23).

Wasser- verlust in % des Körper- gewichts	Symptome	Wasserverlust (in Litern)		
		Kind 10 Jahre (30 kg)	Kind 15 Jahre (60 kg)	Erwachs- ener (70 kg)
1%	- Leichter Durst	0,3	0,6	0,8
2%	- Verminderung der Ausdauerleistung - Neigung zu Muskelkrämpfen	0,6	1,2	1,4
3-5%	- Trockene Haut und Schleimhäute - Verminderter Speichel („Trockener Mund“), verminderter Harnabfluss - Verminderung der Kraftleistung - Hautrötungen	0,9-1,5	1,8-3,0	2,1-3,5
5-10%	- Erhöhter Puls - Schwindelgefühl - Kopfschmerzen - Vermindertes Blutvolumen	1,5-3,0	3,0-6,0	3,5-7,0
10-ca. 15%	- Verwirrtheit - Geschwollene Zunge - Runzlige, empfindliche Haut - Krämpfe	3,0-4,5	ca. 6,0-9,0	7,0-10,5
Ab ca. 15%	- Tod	> 4,5	> 9,0	> 10,5

Tabelle 23: Gesundheitliche Folgen von zu geringer Wasserzufuhr bei Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen. Quelle: IDM 2015.

Neben der erhöhten Vulnerabilität von Kindern und Jugendlichen selbst ist es auch die *Lage* von Kitas und Schulen im Stadtgebiet, die zur Verwundbarkeit des Sektors insgesamt beiträgt: Ihre räumliche Verteilung folgt weitgehend der Bevölkerungsdichte – eine aus Sicht des Prinzips „Stadt der kurzen Wege“ auch sehr sinnvolle Korrelation (vgl. Abbildung 89).

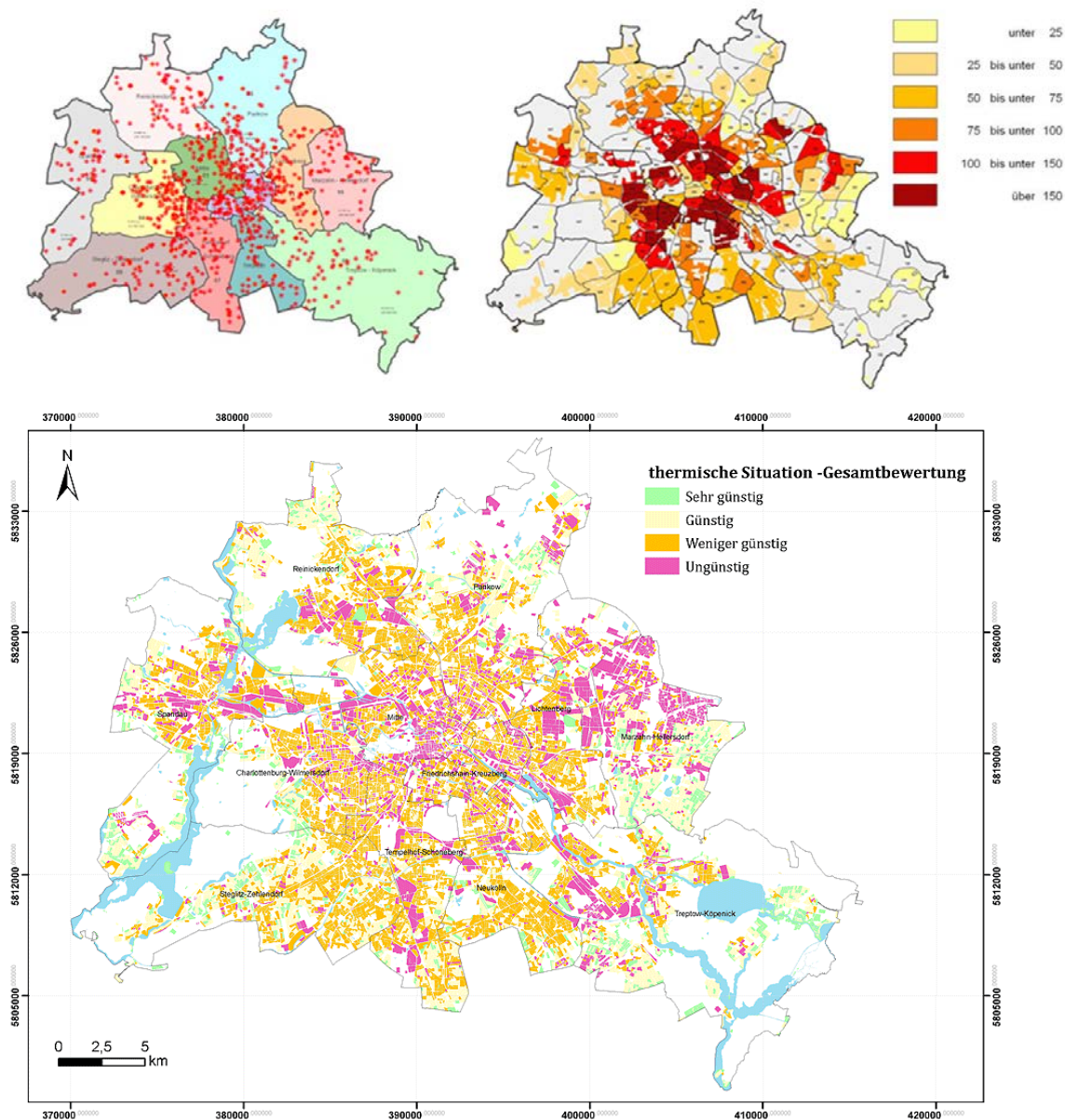


Abbildung 89: Lage der Berliner Schulen (rote Punkte) im Stadtgebiet (oben links) und Einwohnerdichte Berlins (Einw.-dichte pro ha von gelb nach dunkelrot ansteigend) (oben rechts) sowie: Räumliche Verteilung der Bewertungsklassen zur thermischen Gesamtsituation in den Siedlungsräumen (Verknüpfung von Tag- und Nachtsituation) Berlins, unten.

Quellen: SENBJW (oben links); SENSTADTUM (oben rechts); unten: Umweltatlas, Planungshinweiskarte Stadtklima; http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/db411_04.htm.¹²³

Die Nebenfolge ist allerdings, dass damit Kitas und Schulen sich besonders dort räumlich konzentrieren, wo der ► städtische Wärmeinsel-Effekt besonders ausgeprägt ist – im Bereich der inneren Stadt und den höher

¹²³ Vgl. SENBJW (Online: http://www.berlin.de/sen/bildung/schulverzeichnis_und_portraits/anwendung/SchulListe.aspx; (Zugriff: 06.12.15) (links); SenStadtUm (Online: http://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp?loginkey=showMap&mapId=k06_06ewdichte2011@senstadt; Zugriff: 07.12.15) (rechts).

verdichteten Siedlungskernen der äußeren Stadt. Damit hält sich gerade eine sehr vulnerable Bevölkerungsgruppe vermehrt dort im Stadtgebiet auf, wo die thermische Belastung durch Hitzeereignisse besonders hoch ist.¹²⁴

Erhöhte Vulnerabilität in Gebäuden

Neben der Lage der meisten Berliner Bildungseinrichtungen in thermischen Belastungsgebieten der Stadt ist es vor allem deren baulicher Zustand, der Anlass zur Besorgnis gibt. Je schlechter die thermische Isolierung, desto höher nicht nur der winterliche Wärmeverlust, desto höher auch die sommerlichen Wärmelasten im Gebäude. Die Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft hat den aus den Bezirken gemeldeten Sanierungsbedarf der Berliner Schulen mit insgesamt rd. 1,9 Mrd. € beziffert, davon allein 409,6 Mio. € in Steglitz-Zehlendorf (ABGEORDNETENHAUS VON BERLIN 2014: Anlage I).¹²⁵

Die Zunahme der Durchschnitts-, vor allem aber der Spitzentemperaturen im Sommer wird dazu führen, dass sich die *Innenraumtemperaturen* der Berliner Kitas und Schulen (und anderer Bildungsgebäude) erhöhen werden und dadurch das Risiko von ▶ Hitzestress vor allem bei Kindern und Jugendlichen steigt. Dieses Problem trifft solche Einrichtungen, die über keinen bzw. keinen hinreichenden sommerlichen Wärmeschutz verfügen.

Vulnerabilitätssenkend wirken bauliche Maßnahmen der Verschattung, Klimatisierung, Außenschutz, Fensterläden, Wärmeschutzfenster, Jalousien (→ Kap. 4.2.2) an den Schulgebäuden. Sehr hilfreich ist es, wenn Fenster von außen beschattet werden, z.B. durch Vordächer, einen Dachüberstand oder große Laubbäume. Durch solcherart außen liegende Beschattung gelingt es, bis zu 75% der Sonneneinstrahlung aufzuhalten, die – sobald sie auf die Scheibe trifft – partiell in Wärmeenergie umgewandelt werden würde. Mit innenliegenden Maßnahmen – Jalousien, Vorhänge etc. – kann max. ein Viertel der Sonneneinstrahlung abgehalten werden. Große Laubbäume haben – neben vielen anderen – auch den Vorteil, dass sie im Sommer als Schattenspender im Außenbereich der Schule fungieren, im Winter aber die Sonne durchlassen. Angesichts der Bedeutung der hier angesprochenen Vulnerabilitätsfaktoren sollte es deshalb zu einer Evaluierung vor Ort kommen.

Neben der direkten thermischen Wirkung haben Hitzewellen aber auch noch einen negativen Effekt auf die *Innenraumluftqualität* (CO₂-Konzentration, Feuchtigkeit). Hohe CO₂-Konzentrationen treten vornehmlich bei mangelnder Lüftung auf, was wiederum häufig dem Bestreben geschuldet ist, die aufgeheizte Außenluft (Wärmelasten) nicht in das Klassenzimmer zu lassen. Durch den Mangel an Sauerstoff leidet die Konzentrationsfähigkeit.

In Nordrhein-Westfalen wurde zwischen 2003 und 2006 ein Feldversuch zum thermischen Komfort in 363 Klassenräumen an 11 Schulen verschiedener Schulformen durchgeführt. In den Sommermonaten lag bei 10% der Fälle die Innenraumtemperatur bei über 26 °C, wonach gemäß der Arbeitsstättenregel ASR A3.5 „Raumtemperatur“ eigentlich Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten ergriffen werden sollen. In einzelnen Fällen wurden Temperaturen von über 30 °C in den Klassenräumen gemessen. Die CO₂-Konzentration steigt mehr oder weniger parallel zur Temperatur, falls Stoß- oder Kipplüftung unterbleiben (NEUMANN/BUXTRUP 2014a, b).

Zu ähnlichen Ergebnissen mit Blick auf die CO₂-Konzentration in Berliner Klassenzimmern kam das Schwerpunktprogramm „Gesundheitlich bedenkliche Substanzen in öffentlichen Einrichtungen Berlins“, das im Winterhalbjahr 2002/2003 40 typische Klassenräume in Grundschulen des Berliner Stadtgebietes und fünf Turnhallen untersuchte.¹²⁶

¹²⁴ Die Planungshinweiskarte enthält auch ergänzende Hinweise zur Lokalisierung von Einrichtungen der sozialen Infrastruktur in klimatisch belasteten Stadtgebieten (vgl. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/db411_10.htm). Demnach liegen etwa 30% der Kindertagesstätten, 32% der Horte und 45% der Schulen in einer thermisch belasteten Umgebung.

¹²⁵ Der energetische Gebäudesanierungsbedarf der Schulen ist dabei nur eine Kostenkomponente neben vielen weiteren Belangen, z.B. des Brandschutzes oder der Hygiene der sanitären Anlagen. Im Zeichen höherer Temperaturen wird übrigens auch die hygienische Qualität der Sanitäranlagen vor größere Herausforderungen gestellt. Die Sanierung der Sanitäranlagen kann daher als Teil der Klimaanpassung von Schulen betrachtet werden.

¹²⁶ Im Rahmen dieses Programms wurde auch der Feinstaubgehalt der Innenraumluft in Klassenzimmern und Turnhallen von 40 Schulen gemessen und teilweise die dreifache Menge an ▶ PM₁₀ verglichen mit der Straße, festgestellt, an der die Schule lag. Der Aspekt „Feinstaub“ wird an dieser Stelle jedoch nicht weiter vertieft, weil (1) der ursächliche Zusammenhang zwischen Klimawandel und vermehrter Feinstaubbelastung zwar immer häufiger thematisiert wird, aber derzeit aus wissenschaftlicher Sicht noch unsicher ist und es weiterer Forschung bedarf. Außerdem hat sich (2) seit den Messungen aus den Jahren 2002/03 die Feinstaubbelastung in Berlin deutlich reduziert (vgl. SENSTADTUM 2013)

Die gemessenen CO₂-Werte der meisten untersuchten Schulen waren deutlich zu hoch – nicht nur mit Blick auf Maximalwerte (bis zu 11.000 ppm), sondern auch mit Blick auf den Mittelwert von 1.600 ppm, der über allen damals gültigen Richtwerten lag (vgl. ILAT/ LAGS o.J.).

Im Ergebnis sinkt nicht nur die schulische Leistung, es kommt auch zu körperlichem Unwohlsein bis hin zu Hitzestress. Gleichzeitig ist es kaum möglich, die Kinder in den schulischen Außenbereich zu bringen (z.B. in den Pausen, ggf. auch zu bestimmten Unterrichtseinheiten), da dort an heißen Tagen die hohen Temperaturen die Aufenthaltsqualität massiv beeinträchtigen.

Vulnerabilitätslage auf dem Schulhof/ Außengelände der Einrichtung

Von den Stakeholdern wurde im Rahmen der AFOK-Workshops in diesem Zusammenhang eine weitere Thematik als relativ wichtig erachtet: Die hitzebedingte Einschränkung der Nutzung vieler Außenräumen (Schulgelände, Schulhöfe, Spielplätze, Freigelände etc.).

Versiegelte Flächen, wenig oder kein Grün, das Fehlen von Verschattung – das Mikroklima mancher Schul- oder Pausenhöfe ist in vielen Fällen nicht nur klimatisch, sondern auch hinsichtlich des „Wohlfühl-Faktors“ für die Schulgemeinschaft nicht optimal.

Der Grad der Vulnerabilität des Lernorts „Schule“¹²⁷ ist – was das Außengelände betrifft – abhängig von dem Ausmaß einer naturnahen Gestaltung: Mit großen Bäumen/ baulichen Schattenspendern und unversiegelten Flächen (evtl. sogar Schulgärten oder (kleinen) Feuchtbiotopen) wird der Aufenthalt in Zeiten extremer Hitze spürbar angenehmer (Begrünung, Transpirationskühlung). Stehen diese räumlichen Ausweichmöglichkeiten in Zeiten extremer Hitze nicht adäquat zur Verfügung, wird die Belastungssituation für die Schüler/-innen (und Erzieher/-innen) tendenziell verschärft. Außerdem wird es tendenziell schwieriger, einen „den Witterungsverhältnissen angepassten“ Unterrichtsablauf durchzuführen (siehe unten).

In Berlin wurden in den letzten Jahren viele Schulhöfe saniert, wobei die Stadtumbauprogramme dabei eine große Rolle spielten.¹²⁸ Auch die Initiative „Grün macht Schule“ hat seit 1983 bereits ca. 400 Berliner Schulen beraten oder betreut.¹²⁹

Seit 2009 ist in Berlin das „Hitzefrei“, also die Regelung, wonach ab einer bestimmten Temperatur landesweit an allen Schulen der Unterricht ausfällt, abgeschafft. Stattdessen soll die Unterrichtspflicht im Rahmen eines *den Witterungsverhältnissen angepassten Unterrichts* weiter gelten. Die Entscheidung obliegt nun der Schulleitung jeder einzelnen Schule, was zum einen eine erhöhte Sensibilisierung, zum anderen die notwendigen baulichen (Innen- und Außengelände) und organisatorischen Kapazitäten voraussetzt.

Es kann festgehalten werden, dass eine bauliche Ertüchtigung der besonders vulnerablen Bildungseinrichtungen – allen voran Kitas und Schulen – für den Klimawandel erforderlich ist, um für verbesserten sommerlichen Wärmeschutz zu sorgen. Parallel dazu sollten auch die Außenanlagen „klimafit“ gemacht werden, wobei neben der Qualifizierung/ Ausweitung des vorhandenen Stadtgrüns der schulischen Aussenanlagen (→ Kap. 4.1) auch die Übertragung der „Schwammstadt“-Prinzipien (→ Kap. 4.2) auf den Kita- und Schulbereich sowie – mit positivem umweltpädagogischen Zusatzeffekt – die gezielte Anlage von zusätzlichen Schulgärten wichtig ist.

(zur gleichwohl existierenden gegenwärtigen Problematik ausführlich → Kap. 4.2.1 und Kap. 4.2.7 sowie die jüngsten Messergebnisse des UBA online unter: <https://www.umweltbundesamt.de/presse/presseinformationen/luftqualitaet-2015-stickstoffdioxid-belastung>). Dessen ungeachtet gilt, dass Kinder eine erhöhte Vulnerabilität gegenüber Erwachsenen auch unterhalb der Grenzwerte aufweisen, und dass die Feinstaubbelastung im Innenbereich über der im Außenbereich liegen kann. Zukünftige Forschungsarbeiten haben die Frage zu beantworten, wie genau der Zusammenhang ist und inwiefern die Problematik mit zunehmendem Klimawandel eine erneute Verschärfung erfährt.

¹²⁷ Das hier Gesagte gilt gleichermaßen, wenn auch in angepasster Weise für Betreuungseinrichtungen von Kleinkindern bzw. Kindergärten.

¹²⁸ Mehr Informationen sowie Beispiele für die Sanierung von Schulhöfen und Kindergärten finden sich online unter: <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/staedtebau/foerderprogramme/stadtumbau/>.

¹²⁹ Mehr Informationen sowie Beispiele für die betreuten, aber auch weitere Projekte im Stadtgebiet finden sich auf der Internetseite der Initiative: <http://www.gruen-macht-schule.de/>. Siehe ebenfalls die *Bundesarbeitsgemeinschaft (BAG) Schulgarten* (<http://www.bag-schulgarten.de/bundeslaender/berlin/koordinatoren/>).

Box 13: Schulgärten und Phänologische Gärten – Schutz- und Lernorte der Klimaanpassung

In Berlin gibt es ca. 270 Schulgärten. Etwa 35% der Schulen haben einen eigenen Garten auf dem Schulgelände. Heute zählt die Hauptstadt zu den Bundesländern mit einem der am besten ausgebauten Netze von „Grünen Lernorten“. Hinzu kommen 10 Berliner Gartenarbeitsschulen (vgl. GRABARSE 2007).

Nach dem Motto „Global denken, lokal handeln“ ist der Schulgarten nicht nur ein potenzieller Verbesserer des Mikroklimas. Er ist auch prädestinierter Lernort einer *Bildung für Nachhaltige Entwicklung* (BNE): „Der Garten ist wie ein Mikrokosmos, in dem Nachhaltigkeit praktiziert und geübt werden kann.“ (GRABARSE 2007: 9).



Abbildung 90 (links): Grüne Schulhöfe: Schulkinder finden an heißen Tagen kühle Lernorte im Schulgarten. Quelle: WIEBKE LASS (links); Schulhofgestaltung mit großen Laubbäumen als wirksamer Hitzeschutz (rechts).

Thematisch schließt der BNE-Themenkanon selbstverständlich die Themen Klimawandel und Klimaanpassung als zentrales Element mit ein. Ein besonderer Lernort – gerade zur Klimaanpassung – sind die *Phänologischen Gärten*. Kinder können hier etwa die

Verschiebungen der Vegetationsperioden – z.B. die Blühzeiträume – selbstständig beobachten und mit Wettermessungen vergleichen.

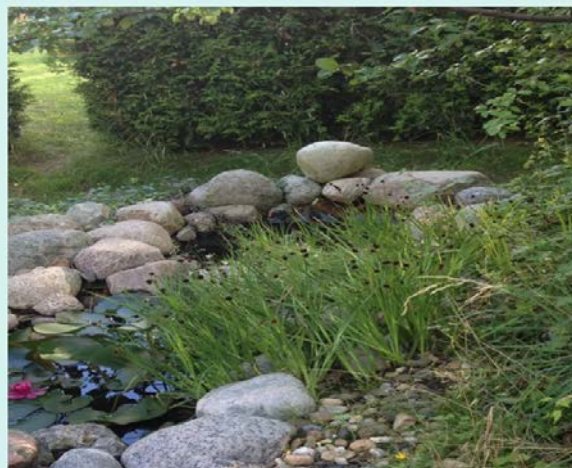


Abbildung 91: Schulgärten: Standorte der Gartenarbeitsschulen im Stadtgebiet (links); Quelle: SENATSVORWALTUNG FÜR BILDUNG, WISSENSCHAFT UND FORSCHUNG BERLIN (2010): 30; (Kleine) Wasserflächen als effiziente und natürliche Kühlanlagen auf dem Schulgelände (rechts); Quelle: WIEBKE LASS.

Im Phänologischen Garten im *Schul-Umwelt-Zentrum (SUZ) Mitte* etwa ist der Kontakt zwischen Schulgarten und Klima-Anpassungsforschung besonders greifbar: Die ausgewählten Pflanzen sind Teil eines wissenschaftlichen phänologischen Netzwerkes namens *Global Phenological Monitoring Programm (GPM)* (GRABARSE 2007). Die Wissenschaftler/-innen des GPM Programms erforschen weltweit wie die heimische Pflanzenwelt unter sich ändernden Klimabedingungen reagiert. Die beobachteten Blühphasen können zusätzlich genutzt werden, um phänologische Phasen wie etwa Blütezeiten von (wirtschaftlich interessanten) Obstgehölzen oder (gesundheitlich interessanten) Allergie auslösenden Pflanzen zu berechnen. Schulische Bildung spielt gleichwohl eine wesentliche Rolle: Von Schulklassen etc. kann der phänologische Garten „...neben der Beobachtung für das GPM auch für eigene Zwecke

genutzt werden. Da die Pflanzen (...) nahezu über das ganze Jahr hinweg blühen, kann selbst in den Wintermonaten eine Datenerfassung vorgenommen werden.“¹³⁰ Das SUZ Mitte trägt außerdem das Projekt „Berliner Gartenwetter“ mit, indem Berlins Gartenarbeitsschulen Wetterdaten erheben und veröffentlichen.¹³¹

In *Klima-Bildungsgärten* (JAHNKE/ FOOS/ AENIS 2015) werden verschiedene Facetten des Klimawandels und der Klimaanpassung anschaulich dargestellt und in unterschiedliche Fächer und didaktische Formate integriert.

Der Schau- und Demonstrationsgarten im Kinder- und Jugendclub „Maxim“ (Weißensee) ist zudem ein Beispiel dafür, dass sich auch *außerschulische Bildungseinrichtungen* sehr gut zur Vermittlung des Zusammenhangs „Klimawandel und Gärten“ eignen.

Allerdings muss dabei beachtet werden, dass der Klimawandel aufgrund geänderter Wachstums- und Vermehrungsbedingungen für Pflanzen und Tiere auch zu einer Beeinträchtigung von Pflanzen im Außenbereich führt sowie die Artenzusammensetzung sowie die Verbreitungsgebiete von Schädlingen ändern wird. Ein „Climate-Proofing“ der bestehenden und der neu anzulegenden grünen Schulgelände sowie der Schulgärten in Berlin ist daher unbedingt erforderlich.

Über das für das Handlungsfeld Bildung im Zentrum stehende Klimasignal Hitze hinaus wurde in Kap. 3 gezeigt, dass es auch in Zukunft – trotz milderer Winter – zu Kälteeinbrüchen mit starkem Schneefall und Blitzeis kommen kann, die vor allem den Schulweg, die Außenflächen und die Abwasserleitungen betreffen (Berichte auf dem ersten AFOK-Stakeholder Workshop).

Besonders exponierte Gebäude bzw. Gebäudeteile müssen auf ihre Tauglichkeit bei zunehmenden pluvialen Hochwässern überprüft werden. Falls sich in vulnerablen Kellern etwa Heizungs-/Kühlanlagen oder Verteilerkästen für Strom befinden – oder aber auch sonstiges wichtiges Inventar gelagert wird (Möbel, Computer, Bücher, Dokumente etc.) – ist ggf. der Schulbetrieb bei Extremereignissen gefährdet.

4.2.9.2 Maßnahmen

Der Bildungssektor ist aus zwei Gründen für die Anpassung an den Klimawandel besonders wichtig: Wie oben gezeigt wurde, ist das die Bildungsinfrastruktur verschiedener Hinsicht anfällig für die zu erwartenden Folgen des Klimawandels und muss vor ihnen besser geschützt werden. Das Bildungssystem ist gleichzeitig in der Lage, Qualifikationen und Gestaltungskompetenzen zu vermitteln, die für eine erhöhte Sensibilität gegenüber dem Klimawandel sowie für die Nachhaltigkeit der Klimaanpassung unverzichtbar sind.

Für die Maßnahmen im Handlungsfeld Bildung sind vor diesem Hintergrund drei Zielstellungen zu identifizieren. Es geht (1) um die *bauliche Ertüchtigung von Gebäuden und Außengelände* zum Schutz der Kinder/Jugendlichen und Erzieher/-innen bzw. Lehrkräfte (BIL-1, BIL-2). Obwohl es sich hier um Maßnahmen an Gebäuden und Freiflächen handelt, werden sie nicht im AFOK-Sektor Gebäude und Stadtentwicklung, Grün- und Freiflächen behandelt, weil ihnen auch ein didaktischer Wert zukommt und die Bildungseinrichtungen aktiven Anteil an der Ausgestaltung dieser Maßnahmen nehmen sollen.

Es geht (2) um die *organisatorische Anpassung von Abläufen in der Schule oder Einrichtung* (BIL-3, BIL-4). Dadurch sollen Kinder und Jugendliche durch Sensibilisierungs- und verhaltensbezogene Maßnahmen besser

¹³⁰ Quelle: Interessengemeinschaft Berliner Gartenarbeitsschulen (IGAS): Phaenologischer Garten, Online: http://www.gartenarbeitsschulen.de/projekte/online_gartenwetter/phaenologie_o.j., Zugriff: 09.10.15.

¹³¹ Siehe ausführlich unter www.berliner-gartenwetter.de.

vor negativen Klimafolgen geschützt und die Bildungseinrichtung als „Motor und Partner“ der Anpassungsbemühungen ihrer räumlichen Umgebung (Nachbarschaft, Kiez) etabliert werden.

Schließlich geht es (3) um die *stärkere Verankerung des Themas „Klimaanpassung“ im Unterricht und in der Bildung* in einem weiteren Sinne. Dazu wird mit einer Reihe von Maßnahmen (BIL-5-9) die Strategie verfolgt, Klimaanpassung thematisch als gleichberechtigte Säule neben dem Klimaschutz zu etablieren und beide Bereiche als wichtige Inhalte der Bildung für nachhaltige Entwicklung zu verankern. Dazu bieten die neuen Rahmenlehrpläne im Land Berlin einen guten Ansatzpunkt. Über die schulische Bildung hinaus soll Klimaanpassung als Querschnittsthema auch in andere Bildungsbereiche eingebracht und durch deren Vernetzung gestärkt werden. Hintergrund für diese strategische Ausrichtung ist die Beobachtung, dass Klimaschutz derzeit stärker im allgemeinen Bewusstsein und im schulischen Alltag verankert ist als Klimaanpassung. Klimaanpassung muss von daher in die Bemühungen zur zukünftig in Berlin noch auszubauenden Verankerung von Klimaneutralität im Bildungssystem (vgl. BEK) integriert werden. Angesichts der teilweise besseren Anschlussfähigkeit der Themen von Klimaanpassung an die Fachdidaktik werden die Chancen dafür als gut erachtet. Für vieler Akteure im Bildungsbereich spielt zudem *Bildung für nachhaltige Entwicklung* (BNE) eine wichtige Rolle, wenn es um das Einbringen von Umwelt- und Zukunftsthemen geht (<http://www.bne-portal.de/>). Daher sollte nach Möglichkeit der thematische und institutionelle Anschluss von Klimaanpassung an BNE gesucht werden.

Nr.	Maßnahme
Bauliche Ertüchtigung von Gebäuden und Außenanlagen	
BIL-1	Bildungseinrichtungen für den Klimawandel baulich ertüchtigen
BIL 2	Förderung von Schulgärten und anderer Lern- und Erfahrungsorte des Klimawandels
Organisatorische Anpassung von Abläufen	
BIL-3	Anpassung der (Vor-) Schulorganisation
BIL 4	Schulen als Organisationskerne des Erfahrungsaustauschs zu Anpassungsmaßnahmen im Kiez
Anpassung inhaltlich im Bildungssystem verankern	
BIL 5	Einbindung der Klimaanpassung in bestehende Klimabildungsangebote
BIL 6	Einbindung der Klimaanpassung in Netzwerke und Verstetigungsprogramme zur Klimaneutralität (→ BEK, BNE)
BIL 7	Verankerung von Klimaanpassung im Unterricht
BIL 8	Einbindung der Volkshochschulen als Orte der Klima-Aufklärung
BIL 9	Förderung von Bildungsaktionen mit externen Partner/-innen

Tabelle 24: Maßnahmenvorschläge im Handlungsfeld Bildung – Übersicht. Quelle: Eigene Darstellung.

5 Synergien und Konflikte mit dem Klimaschutz

5.1 Zwei Säulen der Klimapolitik

Politiken zur Vermeidung des Klimawandels (engl. *mitigation*) und Politiken zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels (engl. *adaptation*) bilden die beiden gleichberechtigten Säulen der Klimapolitik. Klimaschutz zielt darauf, die Emissionen von ▶ Treibhausgasen in die Atmosphäre zu begrenzen bzw. zu reduzieren, während Klimaanpassung darauf zielt, die physischen Auswirkungen des Klimawandels auf natürliche und soziale Systeme abzumildern und dadurch insgesamt die sozio-ökonomische Entwicklung durch Steigerung der ▶ Resilienz von den negativen physischen Folgen möglichst zu entkoppeln (vgl. Abbildung 92).

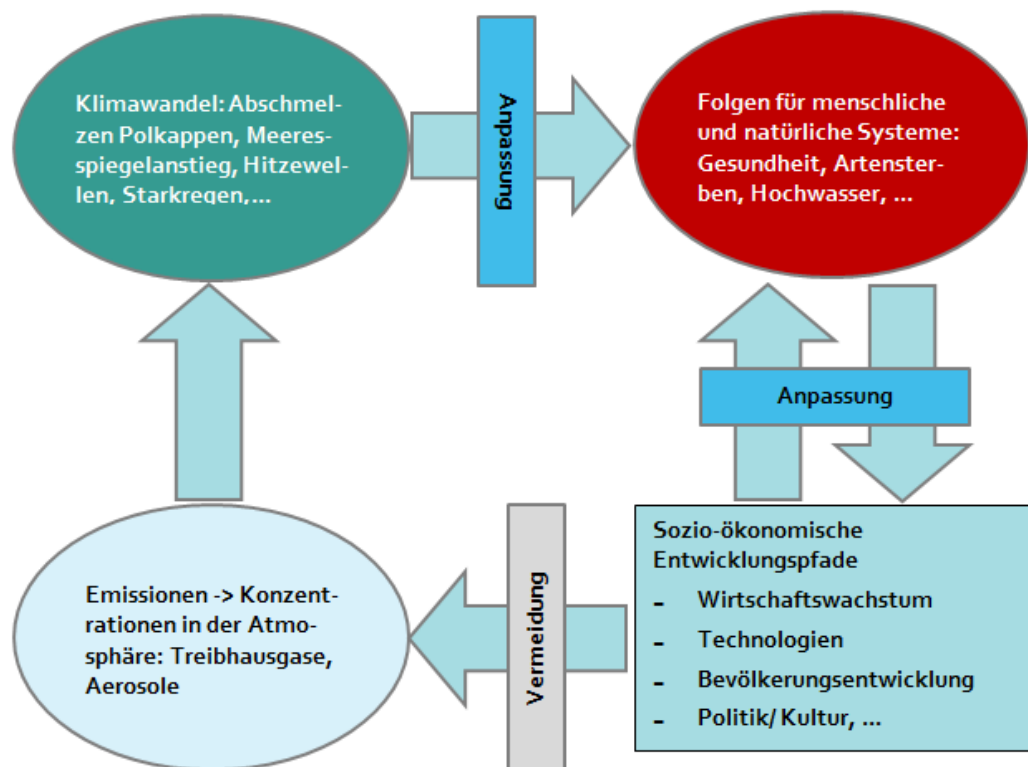


Abbildung 92: Anpassungs- und Vermeidungspolitik als ineinandergreifende Strategien gegen den Klimawandel und seine Folgen. Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an IPCC 2001.

Grundsätzlich stehen beide Säulen der Klimapolitik in einem wechselseitigen Komplementär- und Unterstützungsverhältnis. Klimaanpassung braucht wirksamen globalen Klimaschutz, weil das Ausmaß des zukünftigen Klimawandels maßgeblich darüber entscheidet, wie hoch die potenziellen Schäden sind und damit auch die Anpassungskosten bestimmt. Die Anpassungskosten an eine 1-2 °C wärmere Welt sind erheblich geringer als die an eine 4-5 °C wärmere Welt (KLEIN et al. 2014; STERN 2006). Erfolgreiche Vermeidungspolitiken mindern also die Schäden durch dennoch auftretenden Klimawandel ebenso wie sie die Kosten für verbleibende Anpassung senken.

Umgekehrt hat erfolgreiche Anpassung zumindest auf der (sozial-)psychologischen und politischen Ebene eine legitimierende Wirkung für Klimaschutz: Menschen sind zum Klimaschutz oft deshalb bereit, weil sie die Risiken und Schäden eines (ungebremsten) Klimawandels vermeiden möchten – sei es für sich oder für andere. Treten trotz Klimaschutz solche Schäden dennoch auf (z.B. aufgrund der Trägheit des globalen Klimasystems), dann werden viele Menschen möglicherweise den Sinn ihres Beitrags zum Klimaschutz in Frage stellen und wenig motiviert sein, weiterhin Klimaschutz zu unterstützen. Erfolgreiche Anpassung unterbricht demgegenüber die physische Verbindung zwischen Klimawandel und Klimafolgen und macht natürliche und soziale Systeme resilienter. Neben dem Eigenwert von Klimaanpassung trägt sie damit auch zur Aufrechterhaltung der Motivation für Klimaschutz in der breiten Bevölkerung bei.

5.2 Synergien, Indifferenz oder Konflikt – Wechselwirkungen auf der Maßnahmenebene

Trotz dieses grundsätzlich komplementären Verhältnisses beider Klimapolitikbereiche können im Einzelnen auf konkreter Raumebene Konflikte zwischen ihnen auftreten. Die verfügbare Fläche gibt bisweilen nur Raum für eine Anpassungs- oder eine Klimaschutzmaßnahme, nicht für beide gleichzeitig. Auch finanzielle Mittel oder die Aufmerksamkeit von Zielgruppen sind begrenzte Ressourcen, die einen Zielkonflikt bewirken können. Konflikte müssen nicht unüberwindlich sein, sondern können sich evtl. auflösen lassen, wenn es etwa zu Mehrfachnutzungen im Raum kommen kann oder sich Mehrfachnutzen finden lassen. Hier sind keine generellen Regeln angebar, sondern es bedarf der Einzelprüfung (vgl. BECK et al. 2011).

Nachfolgend erfolgt eine solche Einzelprüfung mit Blick auf die vorgeschlagenen Einzelmaßnahmen aus Kapitel 4 (vgl. auch die Maßnahmenblätter in Anhang, Kap. 10). Es wurde für jede Maßnahme geprüft, ob es Synergien oder Konflikte mit dem Klimaschutz gibt. Maßnahmen, die *indifferent* sind, also weder eine Synergie noch einen Konflikt aufweisen, werden dabei in der nachfolgenden Übersicht (vgl. Tabelle 25) nicht weiter dargestellt. Nicht weiter diskutiert werden im Folgenden auch jene Maßnahmen, die eine positive/negative, aber nur sehr schwache Wechselwirkung aufweisen.

Einträge in Klammern markieren potenzielle oder konditionale Konflikte und Synergien, also solche, die nur unter bestimmten Umständen auftreten. In der letzten Spalte werden Erläuterungen zur Art der Wechselbeziehung sowie Hinweise zu einer möglichen Auflösung des Konflikts gegeben.¹³²

Nr.	Maßnahme	Art der Wechselwirkung		Erläuterung der Wechselbeziehung und ggf. Ansätze für mögliche Entschärfung des Konflikts
		Synergie (+)	Konflikt (-)	
Handlungsfeld: Menschliche Gesundheit und Bevölkerungsschutz (MGBS)				
MGBS-2	Steigerung der körperlichen Fitness	+		Der Appell an die Steigerung der körperlichen Fitness dient nicht nur der Erhöhung der Abwehrkräfte gegenüber negativen Klimafolgen, sondern führt im Nebeneffekt auch zu einer verminderten Nutzung energieintensiver Gerätschaften und Vorrichtungen (z.B. Fahrstühle) und kann insbesondere die Verkehrsmittelwahl zugunsten des Umweltverbunds stärken.
MGBS-8	Anpassung/ Verbesserung des Arbeitsschutzes	+		Viele der hier erforderlichen Einzelmaßnahmen (z.B. angepasste Kleidung, Trinkverhalten, Kühlung mit Wasser) erhöhen die Raumbehaglichkeit auch unterhalb der Schwelle aktiver (konventioneller) Kühlung und mindern damit den potenziell zusätzlichen Strombedarf im Sommer.
MGBS-9	Flexibilisierung von Arbeits- und Öffnungszeiten	+		Durch die zumindest teilweise Entzerrung der Arbeits- und Öffnungszeiten können Lastspitzen geglättet werden und auch die Verkehrsmengen verteilen sich besser über den Tag (Teilziel Verflüssigung des Verkehrs).

¹³² Im Rahmen der Erstellung des BEK wurde eine ähnliche Darstellung mit Blick auf die Maßnahmenvorschläge des Klimaschutzes vorgenommen (vgl. HIRSCHL/ REUSSWIG/ WEISS et al. 2015a: 155-159).

MGBS-10	Hitzeangepasste Speise- und Getränkeangebote in Kantinen und Gaststätten	+		In der Regel sind hitzeangepasste Speiseangebote „leichter“, enthalten also mehr pflanzliche Komponenten, und werden auch weniger häufig gekocht. Letzteres entlastet direkt die Energiebilanz, ersteres indirekt über die „graue“ Energie des Ernährungssektors.
Handlungsfeld: Gebäude, Stadtentwicklung, Freiflächen (GSGF)				
GSGF-1	Sicherung klimatischer Entlastungsräume mit stadtweiter Bedeutung		-	Stadtweit bedeutsame Entlastungsräume zu sichern bedeutet zunächst, dass diese Flächen einer weiteren Siedlungsentwicklung (Neubau, Nachverdichtung) nicht zur Verfügung stehen, also die städtische Dichte mindern, die aus Klimaschutzgründen tendenziell vorteilhaft ist. Die Maßnahmen GSGF-2, GSGF-3 zielen auf eine Entschärfung dieses Konflikts.
GSGF-2	Schaffung für den Klimawandel qualifizierter öffentlicher Grün- und Freiflächen sowie Straßenräume und Plätze – Wohlfühlorte	+		<p>Beide Maßnahmen dienen der Entschärfung des Konflikts zwischen Verdichtung der Stadt (mit ihren positiven Effekten auf die THG-Bilanz) und ihrer Offenhaltung aus stadtklimatischen Gründen.</p> <p>In dem Maße, indem die Grün- und Freiflächen qualifiziert werden – z.B. durch ein höheres Grünvolumen (nicht nur: eine Grünfläche) sowie durch verbesserte Nutzung von Regenwasser) – erhöht sich ihre stadtklimatische Leistungsfähigkeit (neben ihrer Attraktivität).</p> <p>Dies wiederum erlaubt es, in bestimmten Grenzen städtebaulich wichtige Flächen baulich zu nutzen. Eine genaue Einzelfallprüfung ist aber erforderlich.</p>
GSGF-3	Sicherung, Qualitätssicherung und Steigerung der Resilienz des bestehenden Stadtgrüns (Grün- und Freiflächen, Straßenbäume)			
GSGF-4	Entwicklung von Strategien zur klimatischen Entkoppelung von Neubauvorhaben	+		Berlin muss neue Wohnungen und Nichtwohngebäude bauen. Neben der Nachverdichtung sind erhebliche Neubaufächen auszuweisen (vgl. StEP Wohnen). Werden diese Vorhaben schon in der Planungsphase auf den Klimawandel eingestellt (z.B. durch klimafreundliche Kühlung und Gebäudeisolierung, durch alternative Regenwasserbewirtschaftung, durch klimasmarte Begrünungslösungen und Freiflächengestaltung), dann sinkt auch ihr Energie- und Ressourcenverbrauch, was dem Klimaneutralitätsziel entgegenkommt.
GSGF-5	Klimatische Qualifizierung der Stadtoberfläche	+		Auch hier kann eine allgemeine Verbesserung der klimatischen Funktionen der Stadtoberfläche (Gebäudehüllen, Verkehrsflächen, Grün- und Freiflächen) die potenziell negativen stadtklimatischen Effekte von Verdichtungs- und Neubaumaßnahmen abmildern bzw. ausgleichen.

GSGF-6	Entwicklung von integrierten Klimaanpassungskonzepten auf Quartiersebene / Klimamanager	(+)		Quartierslösungen spielen beim Klimaschutz eine zunehmend wichtige Rolle. Die Einbeziehung von Klimaanpassungsaspekten (Hitzeschutz, klimafreundliche Kühlung, alternative Regenwasserbewirtschaftung, Verhaltensanpassung) kann bestimmte technische Lösungen des Klimaschutzes erübrigen oder im Ausmaß abmildern.
GSGF-9	Ermöglichung der Zugänglichkeit kühlerer Räume in Hitzeperioden	+		Zugängliche Kühlräume überall in der Stadt mindern den Druck auf die Raumklimatisierung in Wohn- und Geschäftsräumen und entlasten damit (in wahrscheinlich geringem Umfang) die CO ₂ -Bilanz des Gebäudesektors.
GSGF-10	Begrenzung konventioneller Klimaanlagen in (Wohn-) Gebäuden	+		Durch die Begrenzung konventioneller Klimaanlagen kann der Zuwachs beim Stromverbrauch begrenzt werden. <i>Ceteris paribus</i> mindert dies auch die CO ₂ -Emissionen in einer erweiterten bilanziellen Betrachtung.
Handlungsfeld Wasserwirtschaft (WW)				
WW-I	Entkoppelung der Regenwasserbewirtschaftung von zentralen Systemen	+		Der Klimawandel hat das Potenzial, die bis 2020 ergriffenen Maßnahmen der Erhöhung des Speichervolumens der zentralen Abwasserentsorgung in ihrer Entlastungswirkung auf die Oberflächengewässer teilweise wieder aufzuheben. Durch den Ausbau dezentraler Komponenten des Systems kann die Rückhaltefähigkeit gesteigert werden, ohne dass es eines zusätzlichen Ausbaus des zentralen Systems bedarf. Neben der Umweltentlastung sind damit auch Kostenentlastungen und ein geringerer Energieverbrauch der Wasserwirtschaft verbunden.
Handlungsfeld Umwelt und Natur (UN)				
UN-3	Schutz, Pflege und Renaturierung der Berliner Moorstandorte	+		Intakte Moore sind THG-Speicher. Ihr Schutz in Berlin wirkt sich daher positiv auf das Klimaneutralitätsziel aus, auch wenn dies aufgrund der derzeitigen Systematik der Energie- und CO ₂ -Bilanz nicht ausgewiesen wird.
Handlungsfeld Energie- und Abfallwirtschaft (ENA)				
ENA-I	Förderung energieeffizienter Kühlsysteme im Neubau und Bestand durch Modellvorhaben, zzgl. Information und Beratung von Immobilieneigentümern	+		Durch den Einsatz energieeffizienter Kühlsysteme wird – im Vergleich zum Referenzfall – der Stromverbrauch gedämpft und CO ₂ eingespart.

ENA-2	Institutionelle Vorsorge gegenüber potenziellen Störungen in der Stromversorgung	+		Eine Stabilisierung der Stromversorgung verhindert die private Vorsorge gegen solche Risiken (z.B. durch Dieselaggregate) jenseits sicherheitsrelevanter Bereiche (z.B. Krankenhäuser, Telekommunikationszentralen) und hat dadurch einen leicht positiven Nebeneffekt für den Klimaschutz.
ENA-4	Verbesserung und Optimierung der Energieinfrastruktur mit Fokus Netze	+		ENA-4 und ENA-5 sind ähnlich zu bewerten: beide Maßnahmen stabilisieren die Berliner Energieinfrastruktur und können so auch dem Klimaschutz dienen, insbesondere durch den positiven Nebeneffekt der Netz- und Speichers stabilisierung für den Ausbau erneuerbarer Energien.
ENA-5	Verbesserung und Optimierung der Energieinfrastruktur mit Fokus Speicher			
ENA-9	Verstärkung der Bemühungen zur Abfallvermeidung	+		Abfallvermeidung und bessere Abfalltrennung reduzieren den Energie- und Ressourcenverbrauch des Abfallsektors allgemein. Ein höheres Aufkommen an Bioabfällen kann zudem zu einer vermehrten Substitution fossiler Treibstoffe – etwa für die Fahrzeugflotte – führen.

Handlungsfeld Industrie, Gewerbe, Finanzwirtschaft (IGF)

IGF-8	Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes bei gewerblichen (Neu-)Bauten, inkl. Beratung und Begleitung von Unternehmen	+		Der durch diese Maßnahme bewirkte Verzicht auf konventionelle Gebäudekühlung entlastet den Stromerzeugungsektor und verbessert die CO ₂ -Bilanz Berlins speziell im wichtigen Gebäudesektor.
--------------	---	----------	--	---

Handlungsfeld Verkehr und Verkehrsinfrastruktur (VVI)

VVI-3	Teilmaßnahmen Radverkehr	+		Ein verbesserter Schutz des Radverkehrs gegenüber den direkten und indirekten (Unfallgeschehen) Folgen des Klimawandels verstetigt die Option für dieses umweltfreundliche Verkehrsmittel und verbessert so die CO ₂ -Bilanz des Verkehrssektors.
VVI-4	Regelung zur Kühlung im ÖPNV	+	-	Eine verstärkte Kühlung in den ÖPV-Verkehrsmitteln verursacht zunächst einen höheren Energiebedarf und kann – je nach gewähltem Kühlmittel – auch negative Folgen für die THG-Bilanz dieses Verkehrssegments haben. Auf der anderen Seite wird dadurch dessen Attraktivität auch in Zeiten des Klimawandels sichergestellt, was den Verkehrsträgermix langfristig klimafreundlich gestaltet.

VVI-5	Sicherheit und Annehmlichkeit des Fußverkehrs aufrechterhalten	+		Ähnlich wie beim Radverkehr sorgt auch diese Maßnahme für eine Stabilisierung dieser umweltfreundlichen Verkehrsmitteloption. Außerdem trägt sie indirekt zur körperlichen Fitness bei (MGBS-2).
Handlungsfeld Bildung (BIL)				
BIL-I	Bildungseinrichtungen für den Klimawandel baulich ertüchtigen.	+		Einzelne Elemente dieses Programms (z.B. Außenverschattung, Lüftungskonzepte) verbessern die klimatische Situation ohne zusätzlichen Kühlenergiebedarf und wirken so im Sinne des Klimaschutzes.

Tabelle 25: Wechselwirkungen zwischen Maßnahmenvorschlägen zur Klimaanpassung und den Politiken zur Vermeidung des Klimawandels.

In der Zusammenschau kann festgestellt werden, dass bei 25 der von AFOK vorgeschlagenen Maßnahmen Wechselwirkungen (Synergien oder Konflikte) mit dem Klimaschutz feststellbar sind. Die Synergien überwiegen mengenmäßig die Konflikte in hohem Maße. Allerdings sagt dies nichts über die Relevanz und Intensität eines Konflikts aus.

Insbesondere der – auch aus der Literatur bekannte und deshalb schon „klassisch“ zu nennende – Konflikt zwischen Stadtwachstum (Verdichtung, mit positiven Nebeneffekten für den Klimaschutz) und Anpassung spielt bei nur wenigen Maßnahmen eine Rolle, dürfte aber gerade in Berlin besonders markant ausfallen. Umso wichtiger ist es zu betonen, dass viele der hier vorgeschlagenen Maßnahmen in den Handlungsfeldern Gebäude/ Stadtentwicklung und Wasserwirtschaft eigens entwickelt wurden, um genau diesen Konflikt für Berlin zumindest zu entschärfen.

6 Ausgewählte Kosten- und Nutzenaspekte

Bei Entscheidungen darüber, welche Anpassungsmaßnahmen umgesetzt werden sollen, werden entweder bestimmte Ziele gesetzt, die dann mit möglichst geringen Kosten erreicht werden sollen, oder es wird – bei gegebenem Budget – versucht, den Nutzen zu maximieren.¹³³ In beiden Fällen werden Kosten und Nutzen gegeneinander abgewogen. Idealerweise sollten diejenigen Maßnahmen umgesetzt werden, die das beste Nutzen-Kosten-Verhältnis versprechen. Problematisch ist nun im Kontext einer effektiven und effizienten Klimaanpassungspolitik, dass in der Regel die Kosten bekannt sind bzw. in der Vorbereitungsphase relativ gut ermittelt werden können, die Nutzen dagegen teilweise in sehr weiter Zukunft liegen, häufig weniger genau messbar und zudem in vielen Fällen nicht ohne weiteres in monetären Werten (sprich: Euro) ausgedrückt werden können.

Im Folgenden werden zunächst Methode und Anwendungsbeispiele konventioneller Kosten-Nutzen-Analysen mit Relevanz für Berlin vorgestellt (6.1); dabei sind makro-ökonomische, weniger aggregierte, betriebswirtschaftliche und auf Maßnahmen bezogene Ansätze zu unterscheiden. Dann wird auf Ansätze zur Erweiterung von Kosten-Nutzen-Analysen („Einbezug auch nicht-monetärer Nutzenwerte“) eingegangen und es wird ein solcher Zugang am Beispiel von Anpassungsmaßnahmen an vermehrte Hitzeereignisse in Berlin auf konkrete Maßnahmenoptionen angewendet (6.2). Das Kap. 6.3 schließlich gibt eine qualitative Einschätzung zu den Größenordnungen der Kosten und Nutzen der Klimaanpassung in Berlin.

6.1 Zur Methodik der Bewertung von Kosten und Nutzen

Die potenziellen Kosten des Klimawandels für die Stadt Berlin sind bisher noch nicht umfassend abgeschätzt worden. Die im Rahmen dieses Projektes durchgeführte Vulnerabilitätsanalyse (vgl. Kapitel 4) liefert eine große Zahl von Hinweisen darauf, in welchen Bereichen der Berliner Wirtschaft und des Lebens in Berlin mit Beeinträchtigungen und damit (ökonomisch ausgedrückt) mit Kosten zu rechnen ist.

Studien zur Abschätzung der Kosten des Klimawandels liegen bislang primär für deutlich größere Regionen, wie ganz Deutschland, Europa oder – mit der *Stern-Review* – für die Welt insgesamt vor (vgl. die Übersicht in LASS 2012). Eine Ausnahme ist KEMFERT (2007). Die überschlägige, makroökonomische Abschätzung beziffert die deutschlandweiten Schadenskosten mit 270 Mrd. € zwischen 2016 und 2100 allein für die Sektoren Handel, Gewerbe und Verkehr. Die Kosten der Anpassung an den Klimawandel für denselben Zeitraum betragen danach zusätzliche 156 Mrd. €. Gemäß einer nach Bundesländern differenzierenden Abschätzung (KEMFERT 2008) hätte Berlin mit Klimaschäden in Höhe von insgesamt rd. 10 Mrd. € bis zum Jahr 2050 zu rechnen.

Die Betroffenheiten auf weniger aggregiertem Niveau, d.h. von einzelnen Wirtschaftssektoren, Teilregionen und sozialen Gruppen – sind jedoch insgesamt noch immer unzureichend untersucht (HIRSCHFELD/ PISSARSKOI/ SCHULZE et al. 2015). In Bezug auf Deutschland berechnen die wenigen vorliegenden Studien mögliche Klimaschäden bzw. Einbußen an wirtschaftlicher Leistung bis zum Jahr 2050 zwischen 0,1 und 0,8% des jährlichen Bruttoinlandsproduktes (KEMFERT 2007, HÜBLER/ KLEPPER 2007, CISCAR/ SORIA/ GOUDESS et al. 2009, LEHR/ NIETERS 2015). Im Falle einer proportionalen Betroffenheit der Berliner Wirtschaft würde das bezogen auf das Berliner Bruttoinlandsprodukt von 2014 (117,3 Mrd. €) Einbußen zwischen 100 und 900 Millionen Euro pro Jahr bedeuten – in der Folge auch mit nachteiligen („Zweitunden“-)Effekten auf die Beschäftigung und das Steueraufkommen, die hier noch nicht enthalten sind. Durch geeignete Anpassungsmaßnahmen ließe sich zumindest ein Teil dieser Klimaschäden auffangen bzw. vermeiden (LEHR/ NIETERS/ DROSDOWSKI 2015), OECD 2015, ECONADAPT 2015, DE BRUIN/ Goosen/ VAN IERLAND et al. 2014).

Die Herausforderung für Berlin liegt also darin, aus den zahlreichen möglichen Anpassungsmaßnahmen, mit denen die nachteiligen Folgen des Klimawandels für die Stadt wirksam vermieden oder gemildert werden können, diejenigen auszuwählen, die einerseits die größten positiven Effekte versprechen und die andererseits für die Stadt und ihre Einwohner auch bezahlbar sind. Bei dieser Auswahl können ökonomische Analysen und Bewertung wertvolle Hilfestellung liefern.

¹³³ Im Folgenden stehen die zu erwartenden Klimaschäden und Anpassungsmaßnahmen im Vordergrund. Zu den Kosten des AFOK-Monitoringkonzepts vgl. die Angaben in Kap. 7.3.

Aus betriebswirtschaftlicher Perspektive müssen Investitionen rentabel sein, d.h., dass die Einnahmen aus einem Projekt die Investitions- und laufenden Kosten übersteigen sollten. Das ist bei staatlichen Investitionen grundsätzlich auch angestrebt. Da jedoch häufig die Nutzen nicht unmittelbar in Form finanzieller Einnahmen auftreten (beispielsweise bei einer Investition in einen Radweg oder einen Park), wird hierbei in der Regel die „Wirtschaftlichkeit“ der Investition angestrebt. Nach Landeshaushaltsordnung, §7, Nr.1, ist das „die günstigste Relation zwischen dem verfolgten Zweck und einzusetzenden Mitteln (Ressourcen)“. Die Wirtschaftlichkeit soll sowohl in der Planungsphase von Maßnahmen, während ihrer Durchführung und nach Abschluss (Erfolgskontrolle) untersucht werden, um eine sparsame Mittelverwendung sicherzustellen (SENINNSP 2009:1).

Die Senatsverwaltung für Inneres und Sport hat 2009 einen „Leitfaden für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung“ erstellen lassen, in dem die verfügbaren Verfahren übersichtlich zusammengestellt und eingehend erläutert sind (SENINNSP 2009: I-37) ¹³⁴:

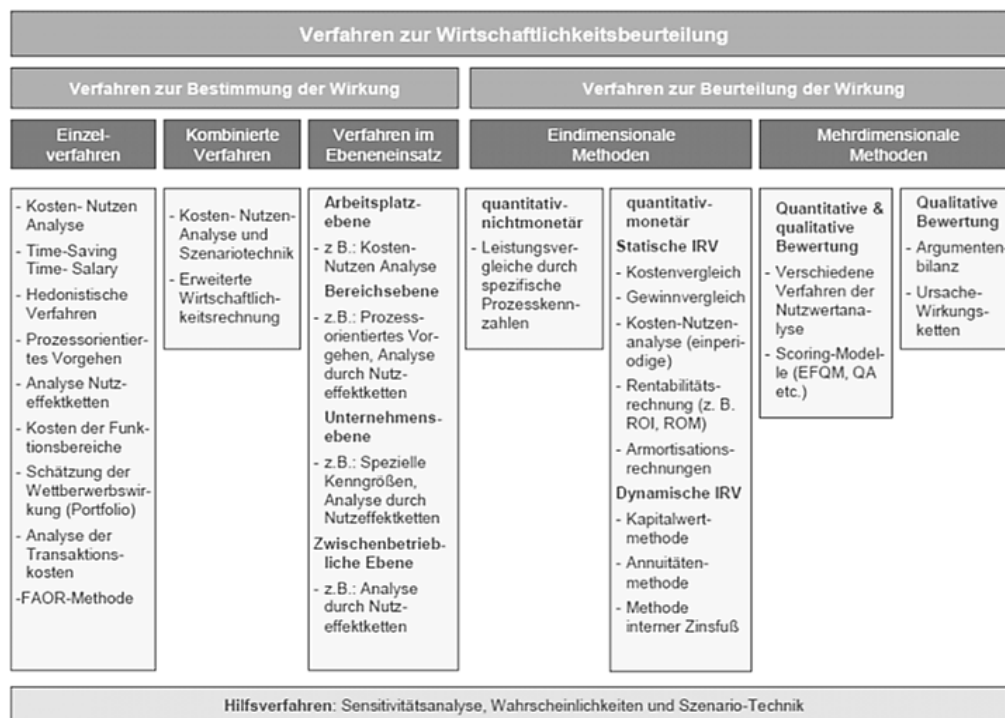


Abbildung 93: Übersicht zu den Verfahren zur Wirtschaftlichkeitsbeurteilung. Quelle: SENINNSP 2009: 6.

Dieser Leitfaden erklärt die Vorgehensweise zur Anwendung der verschiedenen Bewertungsverfahren anhand praktischer Beispiele und erörtert ihre jeweiligen Vor- und Nachteile.

Für die ökonomische Bewertung der Nutzen von Klimaanpassungsmaßnahmen bietet sich zunächst eine Abschätzung der zu vermeidenden Schäden an. In Berlin geht es dabei u.a. um Schäden an Häusern und Infrastrukturen durch Sturm- und Starkregenereignisse. Für das Leben in Berlin am gravierendsten werden jedoch voraussichtlich gesundheitliche Schäden bis hin zu Todesfällen durch Hitzeereignisse zu Buche schlagen. Weitere durch Hitzeereignisse hervorgerufene bzw. durch geeignete Maßnahmen zu vermeidende Schäden sind in Kapitel 4 eingehend dargestellt worden. Dazu zählen u.a. Schäden an Straßenbelägen, Störungen im Betriebsablauf von Wasser-, Energie- und Verkehrsinfrastrukturen und die Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit von Beschäftigten sowohl im Außen- als auch im Innenbereich. Als besonders gravierend müssen schließlich die Schädigungen des Naturkapitals begriffen werden.

Eine Literaturübersicht zu den Schäden und Schadenskosten in den verschiedenen Handlungsfeldern der Deutschen Anpassungsstrategie geben TRÖLTZSCH/ GÖRLACH/ LÜCKGE et al. (2011), die zur Berechnung der

¹³⁴ Der Leitfaden steht im Internet zum Download zur Verfügung (URL s. Literaturverzeichnis unter SENINNSP 2009).

Kosten und Nutzen von 28 exemplarischen Anpassungsmaßnahmen genutzt wurde (TRÖLTZSCH/ GÖRLACH/ LÜCKGE et al. 2012). Letztgenannte Studie errechnete beispielsweise für die Verwendung starker hitzebeständiger Straßenbeläge, wie sie auch auf Berliner Straßen und Autobahnteilstücken als Anpassungsmaßnahme zur Vermeidung vermehrter Hitzeschäden eingesetzt werden könnten, robust positive Nutzen-Kosten-Verhältnisse. Die relativ geringen Mehrkosten für hitzebeständigere Bauweisen werden dabei durch die eingesparten Zeitkosten der Straßennutzer/-innen und die längere Lebensdauer der Fahrbahn mehr als aufgewogen (siehe ebd., S.: 12-20).

Ähnliches gilt für die Anpassung der Schieneninfrastrukturen an vermehrte Hitzeereignisse, die in Berlin im Bereich der oberirdisch verlaufenden U- und S-Bahntrassen sowie den Regional- und Fernverkehrsstrecken notwendig werden könnte (siehe ebd., S.: 25-26). Auch Maßnahmen zur Anpassung von Gebäuden an vermehrte Sturm-, Hagel- und Starkregenereignisse weisen demnach eindeutig positive Nutzen-Kosten-Verhältnisse auf.

Abschließend sei jedoch auf ein Problem hingewiesen, das in dieser oder anderer Form an verschiedenen Stellen auftauchen kann und die Ergebnisse nicht unbeeinflusst lässt: Auch Kosten- und Nutzen-Betrachtungen kommen nicht ohne Werturteile aus, die bisweilen bis in ethische Fragen hineinreichen. So kommen TRÖLTZSCH/ GÖRLACH/ LÜCKGE et al. (2012) beispielsweise zu der Beurteilung, dass der Einbau von Klimaanlage in Bürogebäude eindeutig positive Nutzen-Kosten-Verhältnisse aufweist, weil die Kosten des Einbaus von den Nutzen durch vermiedene Produktivitätsverluste bei weitem mehr als aufgewogen werden (TRÖLTZSCH/ GÖRLACH/ LÜCKGE et al. 2012: 113-114). Die Klimatisierung von Privatwohnungen dagegen lohne voraussichtlich nicht, weil die Einbaukosten deutlich über den Nutzen in Form vermiedener Gesundheitskosten und vermiedener Todesfälle lägen, so die Autor/-innen (TRÖLTZSCH/ GÖRLACH/ LÜCKGE et al. 2012: 98-100).

Dieser Bewertung liegt die Annahme zugrunde, der Verlust eines menschlichen Lebensjahres sei mit einem Geldwert von 48.000 € zu vergleichen (ECOPLAN 2007, zitiert nach: TRÖLTZSCH/ GÖRLACH/ LÜCKGE et al. 2012: 98-100). Solche Ansätze zur Monetarisierung menschlichen Lebens sind in der ökonomischen, politischen und ethischen Diskussion sehr umstritten. Effekte auf die menschliche Gesundheit und Todesfälle werden hier daher jeweils gesondert ausgewiesen und in der Gesamtbewertung als nicht in Relation zu Geldwerten zu setzendes hohes Schutzgut berücksichtigt.

6.2. Erweiterung der Kosten – Nutzen-Analyse - Beispiele

Den Herausforderungen, die häufiger und intensiver auftretende Hitzeereignisse für die Menschen und die Wirtschaft in Berlin mit sich bringen, kann u.a. mit zwei unterschiedlichen Maßnahmen begegnet werden, die beide auf eine Reduzierung des Hitzestresses zielen, jedoch in sehr unterschiedlicher Weise:

- Mit dem *Einbau von Klimaanlage* kann die Temperatur in Innenräumen auch an sehr heißen Tagen auf ein subjektiv angenehmes und den Organismus objektiv weniger belastendes Niveau abgesenkt werden. Damit können gesundheitliche Beeinträchtigungen und Verluste an Leistungsfähigkeit weitgehend vermieden werden. Allerdings wirkt die Anpassungsmaßnahme nur auf die Temperatur in den Innenräumen. Die Außentemperatur wird durch die Abwärme der Klimaanlage zumindest marginal weiter gesteigert und es treten zusätzliche Energieverbräuche und damit (bei Verwendung des gegenwärtigen durchschnittlichen Strommixes) zusätzliche Treibhausgasemissionen auf.
- Die *Erhöhung des Grünanteils im Stadtraum* (durch zusätzliche Straßenbäume, ► Entsiegelung und Anlage von Grünflächen, Dachbegrünung und Fassadenbegrünung) erlaubt es bei entsprechender Ausgestaltung und Vernetzung der einzelnen Stadtgrünelemente, die Umgebungstemperaturen im Stadtraum insgesamt zu senken. Eine solche Absenkung der allgemeinen Umgebungstemperaturen kommt als Niveaueffekt der Gesundheit, dem Wohlbefinden und der Leistungsfähigkeit allen Stadtbewohner/-innen zugute, egal wo sie sich aufhalten. Neben dem Temperatureffekt werden weitere Nutzen in Form eines Rückhaltes von Luftschadstoffen, einer Dämpfung des Verkehrslärms, einer Entlastung der Kanalisation durch anteiligen Rückhalt von Niederschlägen, einer überwiegend als Verschönerung empfundenen Veränderung des Stadtbildes und einer Erhöhung der Biodiversität in der Stadt bereitgestellt.

Im Folgenden soll nun dargestellt werden, wie sich die Bewertung von Kosten und Nutzen der beiden Anpassungsmaßnahmen „Klimatisierung von Innenräumen“ und „Erhöhung des Anteils von Stadtgrün“ verschiebt, wenn über den Ansatz einer konventionellen Kosten-Nutzen-Analyse hinaus erweiterte Bewertungsdimensionen berücksichtigt werden.

Für diese exemplarische Kosten-Nutzen-Analyse werden zwei Klimaszenarien zugrunde gelegt, mit denen die Bandbreite der in Kapitel 3 dargestellten Werte mittels eines optimistischen und eines pessimistischen Szenarios abgedeckt werden soll (vgl. Tabelle 26).

Klimasignal	Szenario	Nahe Zukunft (2031-2060)	Ferne Zukunft (2071-2100)
Zunahme von heißen Tagen ($t > 30^{\circ}\text{C}$) (Tage/Jahr)	Optimistisches Szenario	5,38	14,88
	Pessimistisches Szenario	11,04	26,30

Tabelle 26: Zunahme von heißen Tagen – Spannbreite der Klimaszenarien für Berlin (Nahe und Ferne Zukunft). Quelle: Eigene Darstellung.

Nach diesen Szenarien kommt es in Berlin in der nahen Zukunft (im Zeitraum 2031-2060) zusätzlich zu rd. fünf bis elf heißen Tagen, in der ferneren Zukunft (2071-2100) dann zu 15 bis 26 zusätzlichen Hitzetagen gegenüber heute. Die voraussichtlichen Auswirkungen auf die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Menschen lassen sich mit Hilfe von empirisch abgeleiteten Funktionen abschätzen, die den Zusammenhang zwischen Temperatur und Produktivität, Morbidität und Mortalität abbilden.

Ohne Anpassungsmaßnahmen: Produktivitätsverluste für die Berliner Wirtschaft

SEPPÄNEN et al. (2004) werten zahlreiche Studien zur Frage aus, wie sich die Arbeitsproduktivität mit der Raumtemperatur verändert. Danach liegt die optimale Temperatur zwischen 22 und 25 °C, oberhalb von 25 °C nimmt die Arbeitsproduktivität je Grad Celsius um 2% ab. HÜBLER/ KLEPPER (2007) rechnen in Anlehnung an Ergebnisse von Bux (2006) ab einer Temperatur oberhalb von 26 °C mit Produktivitätsverlusten von 3 bis 12%. In Anlehnung an VOSS/ PFAFFEROTT (2007) wird in diesem Berechnungsbeispiel in Anlehnung an die Zahlen aus BMVBS/ BBR (2008: 21) angenommen, dass etwa die Hälfte der Büroflächen in Berlin bereits klimatisiert sind und in den bereits klimatisierten Gebäuden keine Produktivitätsverluste eintreten (vgl. zum Vorgehen PISSARSKOI et al. 2016).

Absoluter Produktivitätsverlust	Optimistisches Szenario	Pessimistisches Szenario
In Euro	69.742.369	143.220.936
In % der Bruttowertschöpfung	0,07%	0,14%

Tabelle 27: Negative Auswirkungen des Klimasignals häufigerer Hitzeereignisse auf die Produktivität der Berliner Wirtschaft. Optimistisches und pessimistisches Szenario für die Nahe Zukunft 2031-2060. Quelle: Eigene Darstellung.

Die Berechnungen ergeben für die Berliner Wirtschaft Produktivitätsverluste aufgrund vermehrter Hitzetage zwischen 70 und 140 Mio. € jährlich. Dies entspricht einem Rückgang der Berliner Bruttowertschöpfung zwischen 0,07 und 0,14%.

Ohne Anpassungsmaßnahmen: Mehr Krankenhausaufenthalte und Todesfälle

Ähnliche Funktionen hinsichtlich der Wirkungen von Temperaturerhöhungen haben PISSARSKOI et al. (2016) in Bezug auf die Morbidität und Mortalität zusammengetragen¹³⁵. Überträgt man die Vorgehensweise dieser Metaanalyse auf die Rahmendaten für Berlin, ergeben sich für die nahe Zukunft im optimistischen Szenario 265, im pessimistischen 544 zusätzliche Krankenhausaufenthalte pro Jahr, in der ferneren Zukunft zwischen 733 und 1296 zusätzliche Krankenhausaufenthalte. In analoger Weise berechnet ergeben sich in naher

¹³⁵ Die auf der Basis der Analyse historischer Hitzewellen in Berlin gewonnenen Daten zu Morbidität und Mortalitätsfällen weisen eine gewisse Spannbreite auf (vgl. ausführlicher Kap. 4.2.1). Hier wurden gemäß PISSARSKOI et al. (2016) die am unteren Ende liegenden Werte verwendet.

Zukunft zwischen 65 und 134 zusätzliche Hitzetote pro Jahr, in der ferneren Zukunft zwischen 180 und 319 zusätzliche Hitzetote in Berlin (Tabelle 28).

Diese Zahlen liegen im Rahmen der auf Berlin bezogenen Studien von GABRIEL (2014) und SCHERBER (2014) ermittelten Werte. Im Vergleich zu den Zahlen aus der Studie von SCHERER et al. (2013), die in Kapitel 4.2.1 zitiert sind (mit 1.000 bis 2.000 zusätzlichen Hitzetoten pro Jahr), erscheinen diese Werte als konservative Schätzung, d.h. die tatsächlichen Werte werden voraussichtlich eher höher als niedriger liegen.

Klimafolgen	Optimistisches Szenario	Pessimistisches Szenario
Zusätzliche Krankenhausaufenthalte pro Jahr	264	544
Zusätzliche Hitzetote pro Jahr	65	134

Tabelle 28: Auswirkungen häufigerer Hitzeereignisse auf die Zahl der Krankenhausaufenthalte und Todesfälle in Berlin (optimistisches und pessimistisches Szenario für die nahe Zukunft 2031-2060). Quelle: Eigene Darstellung.

Das Gesundheitsrisiko durch Hitzeereignisse ist für die Menschen in Berlin und unter ihnen vor allem für Ältere oder mit Krankheiten vorbelastete also als erheblich einzuschätzen – was das Ergreifen geeigneter Anpassungsmaßnahmen in diesem Feld besonders dringlich macht.

Kosten und Nutzen der Anpassungsmaßnahme „Einbau von Klimaanlage“

Auf Grundlage der Annahmen, dass die Hälfte der Büroflächen und nahezu alle Wohngebäude in Berlin bislang nicht klimatisiert sind, werden hier zunächst die Kosten dafür berechnet, alle Büroflächen und 30% der Wohnflächen zu klimatisieren. Durch die anteilige Klimatisierung im Wohnflächenbereich soll sichergestellt werden, dass besonders vulnerablen Bevölkerungsgruppe in Hitzeperioden ein Raumklima gewährleistet wird, das sie körperlich nicht zusätzlich belastet. Hieraus ergeben sich nach der Berechnungsweise von PISSARSKOI et al. (2016) Investitions- und Unterhaltungskosten von jährlich gut 50 Millionen Euro in Bezug auf die Bürogebäude sowie etwa 250 Mio. € jährlich für die Klimatisierung von 30% der Wohnflächen.

Auf der Nutzenseite wird durch die vollständige Klimatisierung der Büroflächen und der Wohnflächen des potenziell hitzevulnerablen Bevölkerungsanteils eine Reduzierung der Arbeitsproduktivität sowie ein Anstieg der Zahl von Krankenhausaufenthalten und Todesfällen vermieden. Als monetärer Nutzen ergibt sich gegenüber einer Situation ohne Anpassung eine zwischen 70 und 143 Mio. € höhere Bruttowertschöpfung in der Berliner Wirtschaft. Während die Klimatisierung von Bürogebäuden nach dieser Rechnung ein positives Nutzen-Kosten-Verhältnis aufweist, können im Hinblick auf die Klimatisierung von privaten Wohnungen den monetären Kosten die Nutzen in Form vermiedener Krankenhausaufenthalte und Todesfälle gegenübergestellt, also eine Kosteneffizienzbetrachtung angestellt werden.

Erweitert man die konventionelle Kosten-Nutzen-Analyse um externe Effekte des Einbaus von Klimaanlage, verschiebt sich das Bild: Nimmt man auf Grundlage der Zahlen aus BETTGENHÄUSER/ BOERMANS/ OFFERMANN et al. (2011: 55) eine Zunahme der Treibhausgasemissionen um 20 kg CO₂-Äq. pro m² der zusätzlichen klimatisierten Fläche an und legt den vom Umweltbundesamt empfohlenen, konservativen Ansatz für die gesellschaftlichen Kosten von 80 € pro Tonne CO₂ zugrunde (UBA 2012), ergeben sich daraus zusätzliche Kosten des Ausbaus der Klimatisierung von Büroflächen von etwa 14 Millionen € pro Jahr. Setzt man dagegen die oberen der in der UBA-Studie genannten Werte ein, die sich auf den Zeithorizont 2030 bis 2050 beziehen (215 bis 390 €/ Tonne CO₂), ergeben sich externe Kosten von 37 bis 66 Mio. € und stellen die Vorteilhaftigkeit dieser Anpassungsmaßnahme in Frage.

Neben den Treibhausgasemissionen erzeugen Klimaanlage zudem Abwärme, die in die Umgebungsluft abgegeben wird und damit zur weiteren Aufheizung des städtischen Mikroklimas beiträgt. Durch eine Klimatisierung von privaten Wohnungen kämen weitere externe Kosten in Form von Treibhausgasemissionen (66 Mio. € pro Jahr bei konservativer Kalkulation, 180 bis 320 Mio. bei Verwendung der oberen Werte) und durch zusätzlich Abwärme hinzu. Außerdem bliebe die Bewegungsfreiheit der vulnerablen Personen eingeschränkt, da die Klimatisierung nur die Innenräume umfasst – nach draußen zu gehen in den offenen Stadtraum, für Einkäufe, Kulturveranstaltungen oder sozialen Austausch wäre damit an heißen Tagen weiterhin nicht möglich, bzw. sogar mit erhöhtem Risiko verbunden.

Kosten und Nutzen der Anpassungsmaßnahme „Mehring von Stadtgrün“

Straßenbäume, Parks und Grünanlagen, begrünte Fassaden und Dächer tragen zu Kühlung der Stadt bei. Große Parks wie der Berliner Tiergarten können die Temperatur um mehr als 2 °C senken. Vereinzelt kleine Grünflächen erreichen keine so starke Kühlungswirkung (<1 °C Temperaturdifferenz zu bebauten Flächen) (MATHEY/ RÖBLER/ LEHMANN et al. 2011: 210ff.). Wenn die Stadt jedoch flächendeckend begrünt wird, kann sich ein Vernetzungseffekt einstellen, der in seiner Wirkung der großflächigen Parks nahekommmt.

In Berlin stehen potenziell mehr als 22 Millionen m² Flachdachflächen für Dachbegrünungsmaßnahmen zur Verfügung. Mit der Anlage von Gründächern sind im Idealfall keine Mehrkosten, sondern durch bessere Wärmedämmung und geringeren Unterhaltungsaufwand sogar Kostenersparnisse realisierbar. Im ungünstigsten Fall würden sich bei einer vollständigen Begrünung der Berliner Flachdächer Kosten von jährlich 6 Millionen Euro ergeben. Etwas weniger als 100 Mio. € gibt Berlin pro Jahr für die Stadt-/Landschaftsplanung, Natur und Grünflächen aus. Die Pflege eines Quadratmeters Grünfläche kostet im Berliner Durchschnitt über alle Bezirke knapp 2 Euro, die Pflege eines Straßenbaumes 45 €. Gut 400.000 Straßenbäume und 50 Mio. m² öffentliche Grünflächen gibt es in Berlin – in den verschiedenen Bezirken zwischen 6 und 30 m² Grünfläche pro Einwohner. Zwischen 4 und 16 Einwohner kommen auf einen Straßenbaum (SENFİN 2014: 97-102).

Die Kosten für eine konsequentere Durchgrünung der gesamten Innenstadt, die zu einem deutlich kühlenden Gesamteffekt führen würde, ist nach derzeitiger Datenlage nicht genau abzuschätzen – weder von der Kostenseite noch vom Kühleffekt her, da hierzu bislang Modellierungen fehlen. Daher wird hier die Frage erörtert, welche Nutzen durch eine durchgreifende Begrünung der Stadt erreichbar wären, um daraus den Rahmen für lohnende Investitionen in diese Anpassungsmaßnahme abzustecken.

Nach vorliegender Literaturlage bewegt sich die Spannweite der potenziell erzielbaren Kühlungseffekte zwischen einem und drei Grad gegenüber bebauten oder versiegelten Flächen (MATHEY/ RÖBLER/ LEHMANN et al. 2011). Mit dieser Spannweite an Temperaturminderung ließen sich Hitzeereignisse abmildern und damit Produktivitätsverluste sowie die Zahl von zusätzlichen Krankenhausaufenthalten und Todesfällen vermindern. Die Spannweite der monetären Nutzen in Form zu vermeidender Produktivitätsverluste bewegt sich zwischen 11 und 70 Mio. € jährlich in der näheren (2031-2060) und zwischen 32 und 170 Mio. jährlich in der ferneren Zukunft (2071-2100).

Neben diesen monetären Nutzen ließen sich auf Grundlage der oben beschriebenen temperaturabhängigen Wirkungsfunktionen in der näheren Zukunft jährlich zwischen 36 und 217 Krankenhausaufenthalte und zwischen 14 und 82 Todesfälle vermeiden.

Hinzu kommen positive Wirkungen in Form einer Minderung des Lärmpegels, einer Verbesserung der Luftqualität durch das Herausfiltern von Stäuben, einer Bereicherung des Stadtbildes und einer Erhöhung der Biodiversität in der Stadt. Durch diese positiven Effekte verbessern sich die Gesundheitssituation und das Wohlbefinden der Stadtbevölkerung. Beschattete Straßenräume und der auf den ganzen Stadtraum wirkende Kühleffekt ermöglichen es darüber hinaus auch vulnerablen Personen in verstärktem Maße, ihre Wohnungen zu verlassen und am öffentlichen Leben teilzunehmen.

Diese zahlreichen positiven Effekte sind nur mit erheblichem Aufwand in Geldwerte zu übersetzen. Wirkungen auf Stadtbild, Lärm, Luftqualität und Biodiversität können mit Zahlungsbereitschaftsstudien monetarisiert werden. Stadtgrün kann Immobilienwerte steigern, Lärm vermindert sie – dies lässt sich mit dem hedonistischen Preisansatz abbilden, der jedoch erheblichen Erhebungsaufwand beinhaltet. Positive Gesundheitseffekte können über verminderte Kosten zur Therapie von Gesundheitsschäden abgebildet werden.

Würden alle diese Effekte im Rahmen einer erweiterten Kosten-Nutzen-Analyse umfassend erfasst und monetarisiert, ergäben sich mit großer Wahrscheinlichkeit Nutzenwerte von mehreren hundert Millionen Euro pro Jahr, also ein Mehrfaches dessen, was in Berlin aktuell zur Anlage und Pflege von Grünflächen investiert wird. Eine genauere Quantifizierung wäre jedoch nur mit einer aufwändigeren Studie zur Monetarisierung der oben qualitativ diskutierten Nutzen möglich.

Fazit zur erweiterten ökonomischen Bewertung potenzieller Anpassungsmaßnahmen

Entscheidungen, die allein auf Grundlage konventioneller Kosten-Nutzen-Analysen getroffen werden, vernachlässigen wichtige Effekte, deren Einbeziehung in vielen Fällen andere Rangfolgen der Maßnahmenumsetzung ergeben würde. Zur Steigerung der städtischen Wohlfahrt, der Lebenszufriedenheit und auch der Akzeptanz sollten bei der Auswahl von Anpassungsmaßnahmen daher erweiterte Verfahren zur Erfassung von Kosten und Nutzen eingesetzt werden.

6.3 Zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit des Berliner Anpassungskonzepts

Dieser Abschnitt soll abschließend einen Überblick zu qualitativen Einschätzungen hinsichtlich der Kosten-Nutzen-Verhältnisse zentraler Maßnahmen geben. Hierbei wird unterschieden zwischen Maßnahmen, die auch unabhängig vom Klimawandel ein hohes, eindeutig positives Nutzen-Kosten-Verhältnis aufweisen und deren Umsetzung sich daher aller Voraussicht nach auf jeden Fall lohnen würde (*No-regret-Maßnahmen*). Die zweite Gruppe von Maßnahmen umfasst solche, die unter der Voraussetzung der in diesem Bericht beschriebenen Klimaszenarien ein Nutzen-Kosten-Verhältnis größer eins aufweisen (Nutzen größer als die Kosten), im Falle eines Nicht-Eintretens der Klimaveränderungen aber nicht in jedem Fall lohnend wären (*Low-regret-Maßnahmen*). Und schließlich gibt es Maßnahmen, die eindeutig nur im Fall des Eintretens deutlicher Klimaveränderungen – wie sie etwa der Weltklimarat in seinem letzten Sachstandsbericht beschreibt (IPCC 2014) – eine positive Nutzen-Kosten-Relation aufweisen, sich andernfalls nicht lohnen würden (*Regret-Maßnahmen*).¹³⁶ Maßnahmen, die sich in keinem Fall lohnen würden, ob mit oder ohne Klimawandel, sind im AFOK nicht enthalten.

Die folgende Tabelle 29 gibt einen exemplarischen Überblick über eine Auswahl von Maßnahmen aus den verschiedenen Handlungsfeldern und ihre Zuordnung zu den Kategorien „No-regret“, „Low-regret“ und „Regret“. Diese Zuordnung konnte jedoch nur auf Grundlage qualitativer Abschätzungen vorgenommen werden und nicht auf Basis quantitativer und belastbarer Berechnungen erweiterter Kosten-Nutzen-Analysen. Hierzu wären deutlich umfangreichere Forschungsarbeiten und Berechnungen notwendig, als dies im Rahmen dieser Studie möglich war.

Handlungsfeld	No-regret (++) Eindeutig positives Nutzen-Kosten-Verhältnis, sehr positive Neben-Nutzenwirkungen	Low-regret (+) Voraussichtlich positives Nutzen-Kosten-Verhältnis, positive Neben-Nutzen	Regret (+/-) Nutzen-Kosten-Verhältnis nur unter Klimawandelbedingungen positiv, negative Nebenwirkungen oder hohe Kosten
Menschliche Gesundheit/ Bevölkerungsschutz	MGBS-1 Ausbau von Frühwarnsystemen MGBS-2 Steigerung der körperlichen Fitness MGBS-3 Anpassung der Medikation und Beratung MGBS-10 Hitzeangepasstes Speise- und Getränkeangebot in Kantinen und Gaststätten MGBS-12 Berücksichtigung von Allergiefolgen in der Landschaftsplanung	MGBS-4 Rettungsdienste und Katastrophenschutz aufstocken MGBS-5 Klimaanpassung (Alten-)Pfleger MGBS-6 Klimaanpassung Gesundheitssektor MGBS-7 Sicherstellen einer ausreichenden Trinkversorgung MGBS-8 Anpassung / Verbesserung des Arbeitsschutzes	-

¹³⁶ No-Regret-Maßnahmen gelten als „...das Mittel, um die Diskrepanz zwischen der Notwendigkeit der Verfolgung langfristiger Ziele und kurzfristigen politischen Zwecke zu überwinden. (...) Auf diese Weise können wir mit der Unsicherheit darüber umgehen, wie ernst der Klimawandel sein wird und gleichzeitig die Akzeptanz für notwendige Maßnahmen erhöhen.“ (SENSTADTUM (o.J): No-Regrets-Charta: 2). – Dieser „No-Regret Ansatz“ ist besonders hilfreich, wo Klimapolitik besondere Akzeptanzschwierigkeiten hat: Je größer (1.) die Unsicherheit über die Auswirkungen des Klimawandels von den politischen Akteuren eingeschätzt wird und (2.) je mehr es darauf ankommt, zunächst einmal politische Akzeptanz für Klimapolitiken zu schaffen, desto bedeutender sind „No regret“-Maßnahmen.

Für die deutsche Klimapolitik gilt – wie für andere Sektorpolitiken auch: In der Politik ist es immer besser, mit bestimmten Maßnahmen positive Nebeneffekte zu erzielen; abgesehen von dieser allgemeingültigen Tatsache (die im Übrigen auch für andere Politikbereiche – wie Verkehrs-, Bildungs-, Sozial- oder Verteidigungspolitik gilt) dürfte der No-Regret-Ansatz jedoch zukünftig an Bedeutung verlieren und zwar: Je stärker die Unsicherheit über Klimafolgen abnimmt, je mehr Klimafolgen auch in der gegenwärtigen Generation zu spüren sind und je höher die Akzeptanz von Klimapolitik ist. Diese Situation ist in der deutschen Klimapolitik weitestgehend schon gegenwärtig gegeben.

Gebäude, Stadtentwicklung, Grün- und Freiflächen	<p>GSGF-2 Schaffung öffentlicher Grün- und Freiflächen</p> <p>GSGF-4 Entwicklung von Strategien zur klimatischen Entkopplung von Neubauvorhaben</p> <p>GSGF-12 Initiierung Stadtdebatte zum Paradigmenwechsel Regenwassermanagement „Schwammstadt“</p>	<p>GSGF-1 Sicherung der klimatischen Entlastungsräume</p> <p>GSGF-8 Integration von Klimaanpassung in bestehende Planungsinstrumente und Förderung</p> <p>GSGF-10 Begrenzung konventioneller Klimaanlage in (Wohn-) Gebäuden</p>	-
Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft	<p>WW-5 (Trink-)Wasserqualität sichern</p> <p>WW-8 Projekt Baden in der Stadt</p> <p>WW-11 Informationsbereitstellung für gefährdete Stadtgebiete (Risikokarten)</p>	<p>WW-1 Entkopplung der Regenwasserbewirtschaftung von den zentralen Systemen</p> <p>WW-3 Anpassung der Anlagen der Abwasserinfrastruktur an Starkregenereignisse</p>	<p>WW-2 Überflutungstaugliche Gestaltung der Oberfläche der Stadt (Straßen, Plätze, etc.)</p> <p>WW-4 Anpassung der Anlagen und des Betriebs der Abwasserinfrastruktur an Trockenheit und Hitzeereignisse</p>
Umwelt und Natur	<p>UN-1 Berücksichtigung der Belange des vorsorgenden Bodenschutzes in der räumlichen Planung</p> <p>UN-3 Schutz, Pflege und Renaturierung der Berliner Moorstandorte</p> <p>UN-6 Sicherung, Pflege und Entwicklung der Berliner Wälder</p>	<p>UN-11 Überprüfung von bestehenden Schutzgebieten</p> <p>UN-9 Informationskampagne „Klimaanpassung im Kleingarten“</p>	
Energie- und Abfallwirtschaft	<p>AnA-3 Verstärkte Abstimmung bei der Planung und Realisierung von Energieanlagen mit Umweltbelangen</p> <p>EnA-4, EnA-5 Verbesserung und Optimierung der Energieinfrastruktur mit Fokus Netze und Speicher</p>	<p>EnA-2 Institutionelle Vorsorge gegenüber potenziellen Störungen in der Stromversorgung</p>	<p>EnA-1 Förderung energieeffizienter Kühlsysteme im Neubau und Bestand durch Modellvorhaben</p>
Industrie, Gewerbe, Finanzwirtschaft	<p>InG-7 Begrenzung von konventionellen Klimaanlage über Information und Aufklärung</p> <p>InG-8 Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes bei gewerblichen (Neu-) Bauten</p>	<p>InG-1 Bereitstellung von verlässlichen Wetterprognosen</p> <p>InG-4 Anpassung der Bauförderung und von Ausschreibungen für Bauaktivitäten</p> <p>InG-9 Physische/ organisatorische Vorsorge bei Bauaktivitäten im Außenbereich</p>	<p>InG-5 Erstellung und Umsetzung betrieblicher Klimaanpassungskonzepte</p> <p>InG-6 Erstellung von branchenspezifischen Klimaanpassungskonzepten</p>
Verkehr, Verkehrsinfrastruktur	<p>VVI-3 Teilmaßnahmen Radverkehr</p>	<p>VVI-1 Aufbringung von angepasstem Straßenbelag</p> <p>VVI-5 Sicherheit und Annehmlichkeit des Fußverkehrs aufrechterhalten</p>	<p>VVI-2 Anpassung der Straßenentwässerung an die zukünftige Starkregenstatistik</p> <p>VVI-4 Regelung zur Kühlung im ÖPNV</p>
Tourismus, Kultur und Sport	<p>TKS-5 Berücksichtigung der Tourist/-innen als vulnerable Gruppe im Katastrophenschutz</p>	<p>TKS-1 Anpassung von Angeboten im Kultur- und Sportbereich</p> <p>TKS-2 Verbindliche Regelung zur kostenlosen Abgabe von Trinkwasser bei Großveranstaltungen</p>	<p>TKS-6 Empfehlung zur Einrichtung bzw. Nachrüstung von Drainsystemen zur Oberflächenentwässerung bei Außensportanlagen</p>

Bildung	BIL-2 Förderung von Schulgärten und anderer Lern- und Erfahrungsorte des Klimawandels	BIL-4 Schulen als Organisationskerne der Erfahrungsaustausches zu Klimaanpassung im Kiez BIL-7 Verankerung von Klimaanpassung im Unterricht	BIL-1 Bildungseinrichtungen baulich für den Klimawandel ertüchtigen
----------------	--	--	--

Tabelle 29: Exemplarische Auswahl von Maßnahmen aus den verschiedenen Handlungsfeldern und ihre Zuordnung zu den Kategorien „No-regret“, „Low-regret“ und „Regret“. Quelle: Eigene Darstellung.

Die qualitativen Einschätzungen ergeben beispielsweise in Bezug auf das Handlungsfeld Gesundheit, dass insbesondere Informations- und Aufklärungsmaßnahmen als sehr kosteneffizient zu betrachten sind, da diese mit relativ geringerem Mittelaufwand große Wirkungen auf die Zahl der Hitzebetroffenen (also auf die Zahl der hitzebedingten Wohlbefindens- und Gesundheitsbeeinträchtigungen, Krankenhausaufenthalte und Todesfälle) erzielen können. Maßnahmen zur Steigerung des Grünanteils in der Stadt sind ebenfalls sehr vorteilhaft – vor allem, weil sie neben lokalen Temperatureffekten in großem Umfang weitere Nebennutzen erzielen.

Als Muster lässt sich erkennen, dass allgemein nachhaltigkeitsorientierte Maßnahmen mit positiven Effekten auf die städtische Lebensqualität (wie beispielsweise die Maßnahme TKS-7 zur Verbesserung der Stadt-Umland-Vernetzung im Bereich Naherholung/ÖPNV) und Maßnahmen, die wenig materielle Investitionen, sondern eher einen Ausbau von Informationsangeboten bedürfen (wie MGKS-I Ausbau von Hitze-Frühwarnsystemen), verstärkt unter den No-regret-Maßnahmen zu finden sind. Kostenintensive Infrastrukturinvestitionen dagegen, die nur unter der Voraussetzung tatsächlich stattfindender deutlicher Klimaveränderungen lohnend wären (wie VVI-2 Anpassung der Straßenentwässerung an die zukünftige Starkregenstatistik), finden sich definitionsgemäß in der Kategorie „Regret-Maßnahmen“ wieder.

Bei der mittleren Kategorie der „Low-regret-Maßnahmen“ spielt für eine korrekte Einordnung die Tiefe und Betrachtungsbreite der Kosten-Nutzen-Analyse eine besonders entscheidende Rolle. Enge, konventionelle Kosten-Nutzen-Analysen würden eine ganze Reihe dieser Maßnahmen in einem aus gesamtgesellschaftlicher Sicht unzutreffend schlechterem Licht erscheinen lassen, als es bei Einbeziehung sämtlicher (in diesem Fall überwiegend positiver) Nebeneffekte der Fall wäre. So ist beispielsweise die Maßnahme WWV-I „Entkoppelung der Regenwasserbewirtschaftung von den zentralen Systemen“ durchaus kostspielig. Bei Berücksichtigung der positiven Effekte auf die Wasserqualität der Berliner Oberflächengewässer (durch einen Beitrag zur Vermeidung von Einträgen ungeklärten Schmutzwassers bei Starkregenereignissen, wie sie schon heute regelmäßig vorkommen) wird deutlich, dass eine Umsetzung dieser Maßnahme auch ohne fortschreitenden Klimawandel schon heute vorteilhaft wäre.

7 Monitoring-Konzept

7.1 Ausgangslage, Anforderungen an ein Klimafolgenanpassungs-Monitoring

Die Berliner Strategie für eine Anpassung an Klimawandel betrachtet aus heutiger Sicht Zeiträume von fast 100 Jahren in der Zukunft. Um Anpassungserfolge vor dem Hintergrund von sich ändernden Wettersignalen zu beurteilen, ist ein kontinuierliches Klimafolgenmonitoring notwendig. Neben der Betrachtung der Zielerreichung der in diesem Konzept formulierten Maßnahmen in Form von *Responseindikatoren* (auch: *Resonanz-Indikatoren*) spielen für die Anpassungsthematik auch die Entwicklung der einzelnen Wetterparameter (*State- oder Status-Indikatoren*) eine Rolle sowie deren mittel- oder unmittelbare Auswirkungen auf Schutzgüter, Gebäude und Infrastruktur und den Menschen (*Impact- oder Wirkungs-Indikatoren*). Im Gegensatz zum Monitoring des Berliner Energie- und Klimaschutzprogramms (BEK), welches den Schwerpunkt eindeutig auf die Zielerreichung der Maßnahmen legt, sind zur Beurteilung des Erfolges der Berliner Strategie für eine Anpassung an Klimawandel alle drei oben genannten Indikatorenarten notwendig, da:

- Änderungen der Auswirkungen sowohl auf eine erfolgreiche Implementierung von Maßnahmen, als auch auf eine periodisch anders verlaufende Entwicklung von Wetterparametern zurückzuführen sein kann;
- Zusammenhänge zwischen Wirkung und (positiver wie negativer) Zielerreichung wesentlich komplexer sind, als in den Fragestellungen des Klimaschutzes;
- durch eine sich verschärfende Dynamik in der erwarteten Entwicklung der Wetterparameter ein frühzeitiges Nachjustieren von AFOK-Maßnahmen möglich wird. Selbiges gilt natürlich auch bei einer sich verlangsamenen Entwicklung der Wettersignale.

Existierendes statistisches Datenmaterial ist oftmals mit Blick auf die hier erforderliche Monitoringaufgabe nicht aktuell genug verfügbar oder nicht spezifisch genug für die Messung der Wirkung oder Zielerreichung. Im Rahmen des Monitorings werden demzufolge auch stetig die vorhandenen Datengrundlagen verbessert, zum Teil fehlende Daten neu generiert und weitere Datenlücken aufgezeigt. Die Notwendigkeit für Monitoringprozesse in den einzelnen Handlungsfeldern ist in der Erstellung dieses Konzepts durch Beiträge der Stakeholder bereits formuliert worden. Beispielsweise zielen Maßnahmen im Handlungsfeld UN darauf ab, existierende Datenlücken durch punktuelle Monitoringprogramme zu schließen. Ein weiteres Beispiel ist die Ausweitung von Wetterstationen über das gesamte Stadtgebiet z.B. in Schulen oder Kitas, um Wetterparameter kleinräumiger auch im Innenstadtbereich aufzunehmen.

Die im Rahmen des AFOK erarbeiteten, konzeptionellen Grundlagen des Monitorings bestehen im Wesentlichen aus drei Bausteinen:

1. Definition, Beschreibung und Datenquellen von State-, Impact- und Response-Indikatoren (Kapitel 7.2 und AFOK-Endbericht, Teil II, Kap. 11)
2. Beschreibung der notwendigen organisatorischen und administrativen Schritte für die Einrichtung und den Betrieb des Monitoringprogramms (Kapitel 7.3) sowie
3. Vorschläge für die datentechnische Umsetzung des Monitorings innerhalb eines digitalen Informationssystems, sowohl im Hinblick auf die Datenerfassung neuer bzw. der Übernahme bestehender Indikatoren sowie der Auswertung und Publikation in Richtung verschiedener Zielgruppen (Kapitel 7.3).

Das Verfahren soll aus Gründen der Aktualität, Kostenersparnis und Komplexität im Rahmen eines Informationssystems strukturiert und weitgehend automatisiert werden. Dabei bietet es sich an, die Indikatoren zur Klimaanpassung gemeinsam mit dem im Berliner Energie und Klimaschutzprogramm (BEK) vorgestellten Monitoringsystem zu entwickeln bzw. in dieses zu integrieren (vgl. HIRSCHSEL/ REUSSWIG/ WEIß et al. 2015: 164ff). Das System muss flexibel sein, sodass zukünftig veränderte Randbedingungen, neue Maßnahmen oder Indikatoren hinzugefügt werden können.

7.2 Indikatorenset

Grundlage der nachfolgend definierten Impact- und Response-Indikatoren sind die Klimawirkungspfade der einzelnen Handlungsfelder. Sie zeigen die konkreten Betroffenheiten durch die in Zukunft verstärkt zu erwartenden Wettervariablen bzw. stellen sie die mögliche Wirkung von entsprechenden Anpassungs-

maßnahmen dar. State-Indikatoren stellen physische Wettervariablen dar. Deren periodische Auswertung ermöglicht eine Veränderung von Intensität und Inhalt von Anpassungsmaßnahmen.

Die Auswahl geeigneter Indikatoren unterlag dabei den Bedingungen der Repräsentativität, der aktuellen und zukünftigen Verfügbarkeit und Standardisierung, der Transparenz in Erhebung und Verarbeitung, der finanziellen und technischen Realisierbarkeit sowie in Ausnahmefällen einer teilräumlichen Differenzierbarkeit. Alle Indikatoren wurden durch streng einheitliche Attribute beschrieben. Pro Handlungsfeld wurden sowohl Impact- als auch Response-Indikatoren gesammelt sowie u.a. die Angabe zu Datenquellen und Verfügbarkeit, Aktualisierungszyklen, Aufnahme- und Verarbeitungsmethoden des Indikators vorgenommen sowie, wenn möglich, damit verbundene Kosten geschätzt. Bei den drei Typen von Indikatoren wurden teilweise versch. Kategorien¹³⁷ unterschieden (vgl. die Zusammenschau in Tabelle 30).

Indikatortyp	Erläuterung	Verwendung im AFOK (Anzahl/ Kategorien)
State-Indikatoren	State-Indikatoren beinhalten regelmäßige Klimamessungen (Temperatur, Niederschlag, Wind), idealerweise im Rahmen langfristiger Messreihen mit kleinräumiger (stadtteilbezogener) Differenzierung.	S: hierbei handelt es sich um 14 Indikatoren .
Impact-Indikatoren	Impact-Indikatoren beinhalten Messungen oder Ermittlungen der Auswirkungen der Wetterparameter auf das jeweilige Handlungsfeld. In Ausnahmefällen sind empirische Untersuchungen in bestimmten Vergleichszeiträumen möglich.	I: hierbei handelt es sich um 43 Indikatoren .
Response-Indikatoren	<p>Responseindikatoren beinhalten Messungen oder Ermittlungen der Zielerreichung der definierten Anpassungsmaßnahme.</p> <p>Responseindikatoren lassen sich weiterhin in zwei Gruppen unterscheiden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Prozessindikatoren geben den Umfang der Realisierung von Anpassungsmaßnahmen wieder, ohne die tatsächliche Minderung der Klimawirkung zu erfassen. Hierunter fallen auch die Einleitung oder Verabschiedung politischer Entscheidungen. Prozessindikatoren sind der häufigste Fall der Responseindikatoren. - Die Ergebnisindikatoren, die die tatsächliche Auswirkung der Maßnahme messen. In einigen Fällen ist der Ergebnisindikator identisch mit einem Impact-Indikator und wird daher nicht gesondert behandelt. 	<p>A: Hierbei handelt es sich um Indikatoren, die in regelmäßigen Abständen messbar sowie kostenlos verfügbar sind. Diese 47 Indikatoren bilden die Grundlage des Monitoringprogramms des AFOK.</p> <p>B: Hierbei handelt es sich um 3 Indikatoren, die als Ergänzung der unter A genannten Indikatoren dienen.</p> <p>C: Hierbei handelt es sich um 24 binäre Indikatoren, die lediglich überprüfen, ob eine Maßnahme durchgeführt wurde. Dies sind vor allem Maßnahmen, die z. B. eine Studie oder die Einrichtung eines Monitoringprogramms beschreiben.</p> <p>D: Hierbei handelt es sich um 20 Indikatoren von qualitativer Art. Sie beschreiben eine Evaluation der Maßnahme nach einer gewählten Anzahl von Jahren mittels eines Reports.</p>

Tabelle 30: Indikatortypen und Kategorien des AFOK in der Übersicht.
Quelle: Eigene Darstellung.

¹³⁷ Vgl. das analoge Vorgehen für die Responseindikatoren des BEK-Monitoringkonzepts (HIRSCHL/ REUSSWIG/ WEIB et al. 2015).

7.2.1 State-Indikatoren

Das Monitoring von State-Indikatoren verfolgt, neben dem bereits genannten Ziel, Veränderungen in Intensität und Inhalt von Anpassungsmaßnahmen frühzeitig vorzunehmen, vier weitere Zielstellungen:

- Verifikation der Klimaprojektionen durch Vergleich tatsächlicher Messwerte mit Klimaprojektionen,
- räumliche Schärfung von Modellwerten und damit Ermittlung kleinräumiger Belastungen,
- Bewertungsgrundlage für den Erfolg von Anpassungsmaßnahmen,
- mögliche Erfassung von Trends in relevanten meteorologischen Parametern die sich der Klimamodellierung bisher entziehen.

Verifikation der Klimaprojektionen

Die vorgestellten Anpassungsmaßnahmen aus Kapitel 4 wurden für eine Projektion des Klimas entwickelt, welche wir mittels des Ensembleansatzes aus einer Vielzahl von Klimamodellen gewonnen haben. Mit diesem Ansatz trugen wir dem Umstand Rechnung, dass die Projektionen des Klimas mit den Unsicherheiten einzelner Modelle behaftet sind. Zusätzlich gibt es jedoch noch andere Unsicherheitsquellen (siehe Kapitel 2), wie beispielsweise die Entwicklung der Emissionen in den nächsten Jahren und Jahrzehnten. Um Anpassungsmaßnahmen hinreichend auf die tatsächliche klimatische Situation abzustimmen, wird es von großer Bedeutung sein, in den nächsten Jahrzehnten die Entwicklung der vorgestellten Indikatoren des Klimawandels zu beobachten (Kapitel 3, Tabelle 10).

Im Berliner Raum findet sich eine Vielzahl von Meteorologischen Messstationen unterschiedlichster Betreiber. Wie Abbildung 94 zu entnehmen ist, gibt es neben den Stationen des Deutschen Wetterdienstes DWD auch Stationen von Meteomedia, den Berliner Wasserbetrieben oder das Stadtmessnetz von TU, FU und HU. PAGENKOPF (2011) benennt noch weitere Betreiber für Niederschlagsstationen, wie beispielsweise die Berliner Forsten, die Bezirksämter, Privatpersonen und Universitäten. Ein Beispiel für letztere ist die Station der Hochschule für Technik und Wirtschaft, die auf dem Dach der Hochschule betrieben wird und deren Daten frei zugänglich sind (HTW BERLIN 2016). Die Stationen von unterschiedlichen Betreibern unterliegen unterschiedlichen Vorgaben und Qualitätsstandards.

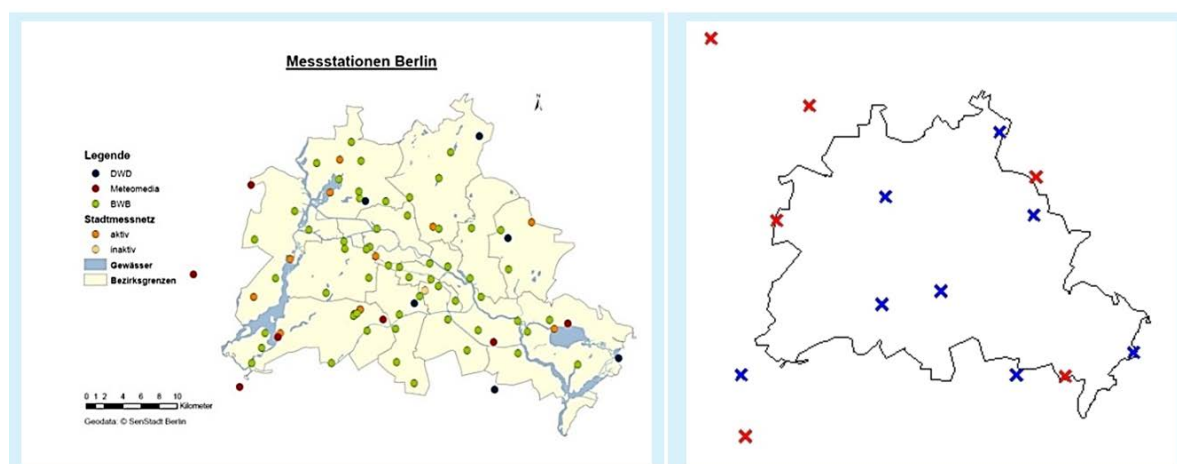


Abbildung 94: Links: Übersicht der Berliner Messstationen von DWD, Meteomedia, Berliner Wasserbetriebe (BWB) und dem Stadtmessnetz der Freien Universität. Quelle: FU BERLIN 2016. Rechts: Übersicht über aktive Messstationen des DWD – blaue Stationen messen Temperatur und Niederschlag; rote Stationen nur Niederschlag. Eigene Darstellung.

Die Abschätzung der klimatischen Entwicklung im Rahmen eines sich beispielsweise alle 5 Jahre wiederholenden Monitorings steht gewissen statistischen Herausforderungen gegenüber. So unterliegen nicht nur das Wetter, sondern auch die gemittelten Werte des Wetters statistischen Schwankungen. Das Jahresmittel der Höchsttemperatur an der Station Berlin-Dahlem schwankt beispielsweise mit einer interannuellen Variabilität von etwa +/- 0,9 °C (bei einem 30-jährigen Mittel über 1981-2010 von 13,7 °C), die Anzahl der Hitzetage an der Station schwankt sogar um +/- 5,5 Tage (bei einem 30-jährigen Mittel über 1981-2010 von 9 d/a). Um einen projizierten Trend einer Meteorologischen Größe oder eines abgeleiteten Indikators von der gewöhnlichen statistischen Variabilität zu unterscheiden, bedarf es, in Abhängigkeit von der Größe der Variabilität gegenüber dem projizierten Trend, relativ langer Beobachtungsperioden. Daraus lassen sich zwei Herausforderungen herleiten. Zum einen lässt sich aus der innerhalb eines 5-jährigen Zeitraums (möglicher Monitoringzyklus) gemessenen Entwicklung einer Größe nur schlecht der langjährige Trend ableiten. Es kann

also innerhalb von 5 Jahren durchaus zu einer vergleichsweise geringen Zahl von Hitzetagen kommen und trotzdem ist damit der langjährige projizierte Anstieg nicht widerlegt. Daher benötigt die Analyse des langfristigen Trends eine über Jahrzehnte andauernde Beobachtung der Entwicklung der meteorologischen Parameter, woraus die Bedingung einer gewissen Persistenz der Datenquellen abgeleitet werden kann. Um sicherzustellen, welche Stationen für die langfristige Verifikation der klimatischen Entwicklung geeignet sind, sollte zu Beginn des Monitorings Rücksprache mit den Betreibern gehalten werden. Geeignet erscheinen die Stationen des DWD, jedoch auch die Stationen der landeseigenen Anstalten, da bei letzteren möglicherweise eine größere Einflussmöglichkeit besteht. Beispielsweise über das Datenportal des DWD (webwerdis.de) sind im geographischen Ausschnitt 13° bis 13,8° ö.L. und 52,3° bis 52,8° n.B. acht Stationen zu Temperatur und 14 Stationen zum Niederschlag zugänglich und in verschiedenen Datenformaten herunterzuladen. Das bezieht auch Stationen in der Peripherie des Stadtgebietes. Diese können als Referenzstationen dienen, welche in geringerem Maße der städtische Entwicklung und deren Effekte auf das lokale Klima (z.B. *Urban Heat Island*-Effekt) unterliegen. Die Projektionen der Modelle können diese städtische Entwicklung nicht wiedergeben und beziehen sich auf das gemittelte Klima in der Berliner Region. Für einen Vergleich der über Gridzellen gemittelten Projektionsergebnisse sollten also räumliche Mittel aus mehreren Stationen herangezogen werden. Und es sollte dabei nach rein durch Klimawandel beeinflussten Stationen in der Peripherie und zusätzlich städtisch beeinflussten Stationen unterschieden werden.

Bewertungsgrundlage für den Erfolg von Anpassungsmaßnahmen

Neben der Abschätzung darüber, wie stark sich der Klimawandel im Berliner Raum bereits entwickelt hat, kann das Monitoring der Indikatoren auch dazu dienen, die Entwicklung der Wetterabhängigkeit (als Basis der Bestimmung der Klimaabhängigkeit) der verschiedenen Sektoren in der Stadt zu begutachten. Das heißt, wie wirken sich bestimmte Kenntage (z.B. Hitzetage, Starkregentage etc.) auf „Schutzgüter“ (Luftqualität, Schäden etc.) aus. Hierzu ist es sinnvoll, in dem vorgeschlagenen Fünfjahresrhythmus jährliche Auswertungen über den Zusammenhang zwischen Klimaindikator und Schutzgut durchzuführen. Die für die Klimatrendberechnung problematische interannuelle Variabilität der Indikatoren erweist sich hier als ein Vorteil. Sie führt innerhalb überschaubarer Zeiträume zu vielen unterschiedlichen Wettersituationen, welche es erst ermöglichen, die Analyse der Wirkungszusammenhänge durchzuführen. Die erforderliche räumliche Auflösung der Wettervariablen hängt von der Auflösung der Schadensdaten und der räumlichen Varianz der Wettervariablen ab. Durch Verwendung der oben angesprochenen peripheren Stationen im Vergleich mit urbanen Stationen ist unter Umständen auch eine Abschätzung der Wirksamkeit von Maßnahmen möglich, welche zum Ziel haben, den städtischen Wärmeinsel-Effekt abzuschwächen (z.B. mehr Grün, mehr Oberflächenwasser, Einschränkung von anthropogenen Hitzeemissionen o.ä.). Dafür wäre ein Trendvergleich zwischen innerstädtischen und peripheren Stationen oder eine Betrachtung der Entwicklung des Temperaturunterschiedes Stadt/ Land notwendig.

Berechnungsmethodik

Rohdaten für State-Indikatoren	Quelle	Basis für folgende Indikatoren
Tageshöchsttemperatur	DWD	Hitzetage*
Tagesmitteltemperatur	DWD	Jährliche/ Saisonale Mittel*
Tagestiefsttemperatur	DWD	Tropische Nächte*
Tagesniederschlag	DWD	Jährliche/ Saisonale Mittel*; 5-Tages-Regenmenge; Starkniederschlagstage*; Trockenphasen
Mittlere Windgeschwindigkeit	DWD	Jährliche/ Saisonale Mittel
Gesamtabfluss	ECMWF 2016	Jährliche/ Saisonale Mittel

Tabelle 31: Rohdaten für die Status-Indikatoren. Quelle: Eigene Darstellung.¹³⁸

¹³⁸ Mit einem Stern (*) sind hier und in den folgenden Tabellen des Kap. 7 jene Indikatoren gekennzeichnet, die Bestandteil eines derzeit sich in der Entwicklung befindlichen Klimafolgenmonitorings des Landes Berlin, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt sind. Dieses Klimafolgenmonitoring wird demnächst elektronisch veröffentlicht. Vgl. SENSTADTUM, SRKE (2016): Indikatoren für ein Klimaanpassungsmonitoring, unveröffentl.

Sowohl für die Verifikation der klimatischen Entwicklung als auch als Basis für die Analyse der Wetterabhängigkeit sind die Berechnungen der Indikatoren zu Beginn identisch. Lediglich zum Ende der Bearbeitung werden für die erste Zielstellung Trends und Mittelwertvergleiche erstellt und für die zweite Zielstellung Zeitreihen der täglichen Rohdaten benötigt, um sie mit den Schutzgutdaten zu korrelieren. Für die Berechnung der Indikatoren muss nur eine geringe Zahl von Rohdaten heruntergeladen werden (Tabelle 31, oben).

Eine Vielzahl der möglichen Indikatoren kann auf einfachem Wege durch Mittelung bzw. Trendberechnung direkt aus den Rohdaten berechnet werden. Dazu zählen die jährlichen und saisonalen Mittel. Diese können für jedes vorhandene Jahr in der Zeitreihe aus den Tagesdaten durch Mittelung (aufs Jahr bzw. Saison) oder Aufsummierung (für Niederschlag) berechnet werden. Zur besseren Vergleichbarkeit sollte die darauffolgende Trendberechnung über die letzten 30 Jahre erfolgen – also z.B. 1986-2015.

State-Indikator	Definition/-Einheit	Beschreibung des Indikators	Methodik, Rechenweg	Info-Link
Hitzetage*	d/a	Tag über 30 °C Tmax	Jährliche Anzahl Tage über Grenzwert	ZHANG et al. 2011
Eistage*	d/a	Tag unter 0 °C Tmin	Jährliche Tage unter Grenzwert	ZHANG et al. 2011
Schnee	d/a	Niederschlag an Tagen unter 1 °C Tmin	Tage unter 1 °C auswählen und Niederschläge an diesen Tagen aufsummieren	Ohne Quelle
0 °C – Durchgänge	d/a	Tage mit Tmax>0 °C und Tmin<0 °C	Anzahl Tage pro Jahr, an denen beide Bedingungen zutreffen	Ohne Quelle
Max. Niederschlag in 5d	mm/a	5-Tagessumme des Niederschlags	Laufende 5-Tagessummen durch Zeitreihe schieben und jährliche Maxima bestimmen.	ZHANG et al. 2011
Starkregentage*	d/a	Tage über 10/20 mm Niederschlag	Anzahl der Tage, an denen Grenzwert überschritten	ZHANG et al. 2011
Trockenphasen (CDD)*	d/a	Längste Phase mit Niederschlag < 1mm	Schrittweise durch Zeitreihe; Dauer von zusammenhängenden Tagen unter 1mm Niederschlag bestimmen; längste Phase pro Jahr ermitteln	ZHANG et al. 2011
Trockenphasen (DrySpells)	d/a	Längste Phase mit mind. 20 Tagen, im Mittel über 20°C Mitteltemperatur und unter 1 mm Niederschlag	Bestimmung aller Tage, die im laufenden 20-Tagesmittel von Temperatur und Niederschlag Grenzwerte einhalten; Aufsummierung pro Jahr	KRYSAKOVA et al. 2008

Tabelle 32: Übersicht der komplexeren State-Indikatoren. Quelle: Eigene Darstellung.

Die etwas komplexeren Indikatoren sind in Tabelle 32 aufgelistet; Hier finden sich auch Hinweise, auf welche Art und Weise diese Indikatoren berechnet werden können. Der Aufnahmezyklus ist für alle Wirkungsindikatoren gleich und beträgt 5 Jahre (siehe „Monitoringablauf“, unten). Die Ergebnispräsentation sollte für alle Indikatoren (inkl. der Saison- und Jahresmittel) als Zeitreihe und als Tabelle (csv-format) frei verfügbar auf der Webseite des Senats zugänglich sein, um auch auf diesem Weg eine schnellere Diffusion der Erkenntnisse in alle relevante Bereiche zu ermöglichen.

Trends außerhalb der Klimamodellierung

Es gibt verschiedene meteorologische Parameter, welche bisher nur schwer oder gar nicht durch die Klimamodellierung abzudecken sind. Dazu gehören z.B. Hagel- oder Gewitterereignisse. Im Rahmen des Monitorings sollten Versuche unternommen werden, auch diese Größen mit validen Statistiken zu deren zeitlicher Entwicklung zu hinterlegen.

7.2.2 Impact- und Response-Indikatoren

Nachfolgend werden die Impact-Indikatoren einerseits und die Response-Indikatoren der Kategorien A und D andererseits (vgl. oben Tabelle 30) getrennt nach den jeweiligen Handlungsfeldern aufgelistet. Deren vollständige Beschreibung in Form von Indikatorenblättern sowie eine Auflistung der Indikatoren der Kategorien B und C erfolgt im Teil II des AFOK-Endberichts, Kap. 13.

Handlungsfeld	Wirkungsindikatoren	Response-Indikatoren
Gebäude, Stadtentwicklung & Grün- und Freiflächen	<ul style="list-style-type: none"> - Klimatische Belastung Stadtgebiete - Grünvolumen - Zustand der Straßenbäume* - Versiegelung/ Entsiegelung* 	<ul style="list-style-type: none"> - Verlust/ Zunahme öffentlicher, privater Wohlfühlorte - Verlust/ Zunahme klimatischer Entlastungsräume - Report: Durchführung von Pilotprojekten zur Erprobung von Klimaanpassungsmaßnahmen - Report: Entwicklung von Strategien zur klimatischen Entkoppelung von Neubauvorhaben - Report: Initiierung Stadtdebatte zum Paradigmenwechsel Regenwassermanagement „Schwammstadt“ - Report: Integration von Klimaanpassung in bestehende Planungsinstrumente - Report: Klimatische Qualifizierung der Stadtoberfläche - Report: Sensibilisierung und Information - Report: Steigerung der Resilienz des Stadtgrüns
Gesundheit & Bevölkerungsschutz	<ul style="list-style-type: none"> - Todesfälle in Folge von Herz-/Kreislauf-erkrankungen* - Todesfälle in Folge von Atemwegs-erkrankungen* - Pollenflug Ambrosia* - Badewasserqualität an Badestellen* - Algenvorkommen* - Notfalleinsätze 	<ul style="list-style-type: none"> - Anteil hitzeangepasster Speisen am Speiseangebot - BMI pro Altersgruppe der Bevölkerung - Dichte der Belastung mit allergenen Pflanzenstoffen - Dichte der Belastung mit Zecken, infizierten Mücken etc. - Dichte von Trinkbrunnen und anderen öffentlich zugänglichen kostenlosen Trinkwasserangeboten - durchschnittliche Zeit bis zum Eintreffen am Notfallort - prozentualer Anteil der beratenen Bevölkerung (Reichweite) - Reichweite von Warnmeldungen - Zahl der hitzebedingten Arbeitsunfälle - Zahl der hitzebedingten Einlieferungen in Krankenhäuser und Sterbefälle (im Gesundheitssektor) - Zahl der hitzebedingten Einlieferungen in Krankenhäuser

Handlungsfeld	Wirkungsindikatoren	Response-Indikatoren
		und Sterbefälle (in der Pflege)
Tourismus, Kultur & Sport	<ul style="list-style-type: none"> - Touristen in Berlin - Anzahl der abgebrochenen/ abgesagten Veranstaltungen durch Extremereignisse - Entwicklung der Fahrgastzahlen im ÖPNV - Verkehrsbelastung 	<ul style="list-style-type: none"> - Anfangs- und Endzeiten der Kulturveranstaltungen - Anfangs- und Endzeiten der Sporttrainings - Außensportanlagen mit Drainagesystem bzw. Kunstrasen
Umwelt & Natur	<ul style="list-style-type: none"> - div. Parameter der Bodendauerbeobachtung - Biotopkartierung - Kartierung der Schäden an den Waldbäumen - phänologische Vegetationszeit* - Ankunftszeiten Zugvögel* - Häufige Brutvogelarten* - Wasservogel im Winterhalbjahr - überwinternde Fledermäuse* - Schaderreger* - Baumartenzusammensetzung - div. Parameter des ICP Forest Level-II-Monitorings* - div. Parameter des Moormonitorings* - Waldbrand 	<ul style="list-style-type: none"> - Flächenbilanz Ver- und Entsiegelung - Renaturierung der prioritären Moore Berlins (Braunmoosmoore, Steckbriefe siehe Link) - umgebaute Flächen gemäß Berliner Mischwaldprogramm - Versiegelung auf Schutzkategorien der Planungshinweiskarte 01.13 - Report: Erreichung des Pflegeziels der Kulturlandschaft - Report: Überprüfung des Schutzzwecks im jeweiligen Schutzgebiet - Grünvolumenzahl pro Flächeneinheit
Industrie, Gewerbe & Finanzwirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> - Anzahl der wetterbedingten Produktionsausfälle in der Wirtschaft - Innenraumtemperatur in öffentlichen Gebäuden 	<ul style="list-style-type: none"> - Anzahl an erstellten branchenspezifischen Anpassungskonzepten - Anzahl an erstellten und umgesetzten betrieblichen Anpassungskonzepten - Anzahl an umgesetzten Aktivitäten im Bereich verbesserter sommerlicher Wärmeschutz - Anzahl an umgesetzten physischen/ organisatorischen Vorsorgemaßnahmen bei Bauaktivitäten/ erfolgte tarifliche Vorsorge

Handlungsfeld	Wirkungsindikatoren	Response-Indikatoren
		<ul style="list-style-type: none"> - Anzahl an verfügbaren/ nachgefragten Schulungsangeboten/-materialien (ggf. getrennt nach Zielgruppen) - Anzahl der Inanspruchnahme der Bauförderung
Verkehr & Verkehrsinfrastruktur	<ul style="list-style-type: none"> - Luftqualität: Hitze-Impakt auf Ozonkonzentration - Straßenverkehrsunfallgeschehen: Unfälle mit Zweiradbeteiligung - Straßenverkehrsunfallgeschehen: Unfälle mit Fußgänerbeteiligung - NO₂/ NO_x* 	<ul style="list-style-type: none"> - Reparaturen von witterungsbedingten Straßenschäden - Verkehrsstörungen durch Starkregenereignisse (Straße und Schiene) - Anteil Radverkehr - Anteil Fußverkehr
Wasserhaushalt & Wasserwirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> - Lokale Hochwasserereignisse - Oberflächenwasser: Biologische Gewässergüte - Oberflächenwasser: Chemisch/physikalische Gewässergüte - Grundwasserstand - Temperatur Grundwasser* 	<ul style="list-style-type: none"> - Abflussmenge umgebaute/neu gebaute Gebiete - Dichte von Trinkbrunnen und anderen öffentlich zugänglichen kostenlosen Trinkwasserangeboten - Stauraumkapazität der Kanalisation - Überschwemmungs-, Überflutungs- sowie Verdunstungsflächen - Zunahme der Bademöglichkeiten in den Stadtgewässern - Zunahme entkoppelter Gebiete - Report: Integration des Themas „Wassersensible Stadtentwicklung“ - Durchführung von Maßnahmen der Anpassung der Abwasserinfrastruktur an Trockenheit und Hitzeereignisse (z.B. Anpassung des Querschnitts der Kanalisation, Reinigungszyklen, Geruchsfilter usw.) - Projektionen zu Berliner Wasserbilanz, Zunahme/Abnahme <ul style="list-style-type: none"> ▶ Grundwasserneubildung durch Klimaveränderung und Auswirkungen
Energie- & Abfallwirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> - Potenzieller energiebasierter Kühlbedarf - Anzahl der Stromausfälle - Heizenergieverbrauch öffentliche Verwaltung – Fernwärme - Heizenergieverbrauch öffentliche Verwaltung – Gas 	<ul style="list-style-type: none"> - Anzahl an geförderten Modellvorhaben - Anzahl und Art der Aktivitäten zur institutionellen Vorsorge - Realisierte Projekte an zusätzlichen solaren Stromspeichern - Realisierte Projekte zur Nutzung von gespeicherter Abwärme - Realisierte Strecke an Erdverkabelung und Ausbau Leistungsnetz, inkl. realisierter dezentrale Nutzung von Abwärme; Kilometer/ anteilig in Prozent (Leistung) - Report: Anpassung Abfallentsorgung an Hitzewellen - Report: Art und Anzahl, Umfang von Kampagnen, Informationen etc. zur Popularisierung der Abfallvermeidung

Handlungsfeld	Wirkungsindikatoren	Response-Indikatoren
		(z.B. Trenn(t)Stadt-Kampagne der BSR)
Bildung	<ul style="list-style-type: none"> - Anzahl an „den Witterungsverhältnissen angepassten Unterrichtsstunden“ in schulischen Einrichtungen - Anzahl und Art der Fälle gesundheitlicher Beeinträchtigungen in (vor-) schulischen Einrichtungen 	<ul style="list-style-type: none"> - Anzahl von geförderten Bildungsaktionen mit Praxispartnern - Vorhandensein eines zentral positionierten, frei zugänglichen, ansprechend gestalteten und funktionalen Trinkbrunnens in Bildungseinrichtungen - Report: Anpassung der (Vor-) Schulorganisation - Report: Bauliche Anpassungsqualität von Bildungseinrichtungen - Report: Bildungsaktionen mit Praxispartnern - Report: Existenz und Förderung von Schulgärten und anderen Lern- und Erfahrungsorte des Klimawandels - Report: Schulen als Organisationskerne des Erfahrungsaustauschs - Report: Verankerung Klimaanpassung in Bildungsprozessen - Report: Verankerung des Themas Klimawandel/ Klimaanpassung in Ausbildungs- und Weiterbildungsprozessen

Tabelle 33: Impact- (Kategorie I) und Response-Indikatoren (Kategorien A und D) pro Handlungsfeld. Eigene Darstellung.

7.3 Implementierungsstrategie

Das Monitoring des AFOK unterscheidet sich deutlich von den bisher bestehenden Monitoringsystemen im Land Berlin¹³⁹, weil es State-, Impact- und Response-Indikatoren handlungsfeld-übergreifend bündelt. Sowohl organisatorisch als auch instrumentell ist damit ein „Andocken“ an bestehende Programme wenig effizient. Es empfiehlt sich gemeinsam mit dem BEK-Monitoring die Schaffung einer neuen, eigenständigen operationellen Infrastruktur, die idealerweise innerhalb der thematisch federführenden administrativen Stelle angesiedelt ist und als Infrastruktorknoten fungiert.

Die organisatorischen Aufgaben sind:

1. Organisatorischer und administrativer Rahmen des gemeinsamen Monitorings (AFOK, BEK);
2. Betrieb oder Betreuung des digitalen Informationssystems zum Monitoring (im BEK und nachfolgend „dIBEK“ genannt);
3. Organisation der Datenbeschaffung aus bestehenden Datenquellen und für neu zu schaffende Indikatoren;
4. Indikatorenzusammenführung, Überwachung der Indikatorenentwicklung inkl. Anpassung von Zielvorgaben, Qualitätsmanagement;
5. Organisation der Öffentlichkeitsarbeiten, wie Monitoringberichte und online-Portal-Lösungen;
6. Überwachung der Normen und Standards wie Datenschutzaspekte, INSPIRE I 40, Informationsfreiheitsgesetz, etc. (vgl. UBA 2011; HIRSCHL/ REUSSWIG/ WEIß et al. 2015).

Dem Grundgedanken moderner IT-Infrastrukturen folgend empfiehlt es sich, die Erfassung, den Betrieb (Verstetigung) und die digitale Bereitstellung der rollierenden Indikatoren in die Hände der jeweiligen Fachverwaltungen oder fachlich geeigneten Stellen zu legen und damit operativ von der federführenden Administration zu trennen.

¹³⁹ Wie z.B. die Nachhaltigkeitsindikatoren des Landes Berlin oder der Umweltatlas der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt.

¹⁴⁰ INSPIRE (INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe) ist das Vorhaben für eine gemeinsame Geodateninfrastruktur in Europa gemäß Richtlinie 2007/2/EG vom 15. Mai 2007.

Nachfolgend dargestellt ist die Liste der potenziellen Indikatorenbeauftragten, die jeweils über Geschäftsbesorgungsverträge oder sonstige Vereinbarungen für die Indikatorenerhebung des AFOK aktiviert werden sollten (Tabelle 34).

Potenzielle Indikatorenbeauftragte (Übersicht)	
Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (AfS)	Deutscher Wetterdienst (DWD)
Apotheker-Verband Berlin	Energieversorger
Ärztchammer Berlin	Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV)
Berliner Bäder-Betriebe	Handwerkskammer Berlin
Berliner Bezirksämter (Grünflächen- und Gesundheitsämter)	Hotel- und Gaststättengewerbe
Berliner Feuerwehr	Landesamt für Gesundheit und Soziales (LaGeSo)
Berliner Forsten	Landessportbund Berlin (LSB)
Berliner Gaswerke Aktiengesellschaft (GA-SAG)	Kranken- und Unfallkassen
Berliner Polizei	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (SenStadtUm)
Berliner Verkehrsbetriebe (BVG)	Strom-Netzbetreiber
Berliner Wasserbetriebe (BWB)	Universitäten und Forschungseinrichtungen
Bund Deutscher Architekten (BDA)	Vattenfall
Deutsche Bahn (DB)	Wohnungsbaugesellschaften

Tabelle 34: Liste der vorgeschlagenen Datenquellen und Indikatorbeauftragten des AFOK.

Quelle: Eigene Darstellung.

Das Informationssystem dIBEK (Name hier als Synonym genutzt) als zentrales Instrument des Monitorings „fungiert in diesem Kontext als IT-Infrastrukturknoten. Es führt die Indikatoren über standardisierte Schnittstellen mit den datenhaltenden Stellen zusammen, beinhaltet Organisations- und Analysefunktionalitäten und schafft über Auskunftskomponenten die Basis für eine mögliche Bürgerinformation, sowohl online als auch in Form graphischer oder kartographischer Ausgaben für periodische Monitoringberichte“ (HIRSCHL/ REUSSWIG/ WEIB et al. 2015: 168).

Grundlage des in Abbildung 95 dargestellten Strukturvorschlages zum dIBEK ist daher ein vollständig serverbasiertes System; alle Funktionen werden über Internet-Technologie zur Verfügung gestellt, es wird keinerlei Anwendersoftware benötigt.

Der Zugang zum zentralen Datenbestand wird je nach Funktion des Nutzers über individualisierte Portale realisiert, die aufgabenspezifische Funktionalitäten beinhalten (Datenimport, Erzeugung von Grafiken, Analysen und Plausibilitätsprüfungen, etc.). Dabei können grundsätzlich drei spezifische Portale unterschieden werden: Das Administrationsportal, das Portal für Indikatorenbeauftragte und das Portal für die breite Öffentlichkeit sowie mit ggf. erweitertem Content für die Fachöffentlichkeit, Verwaltung und Politik.

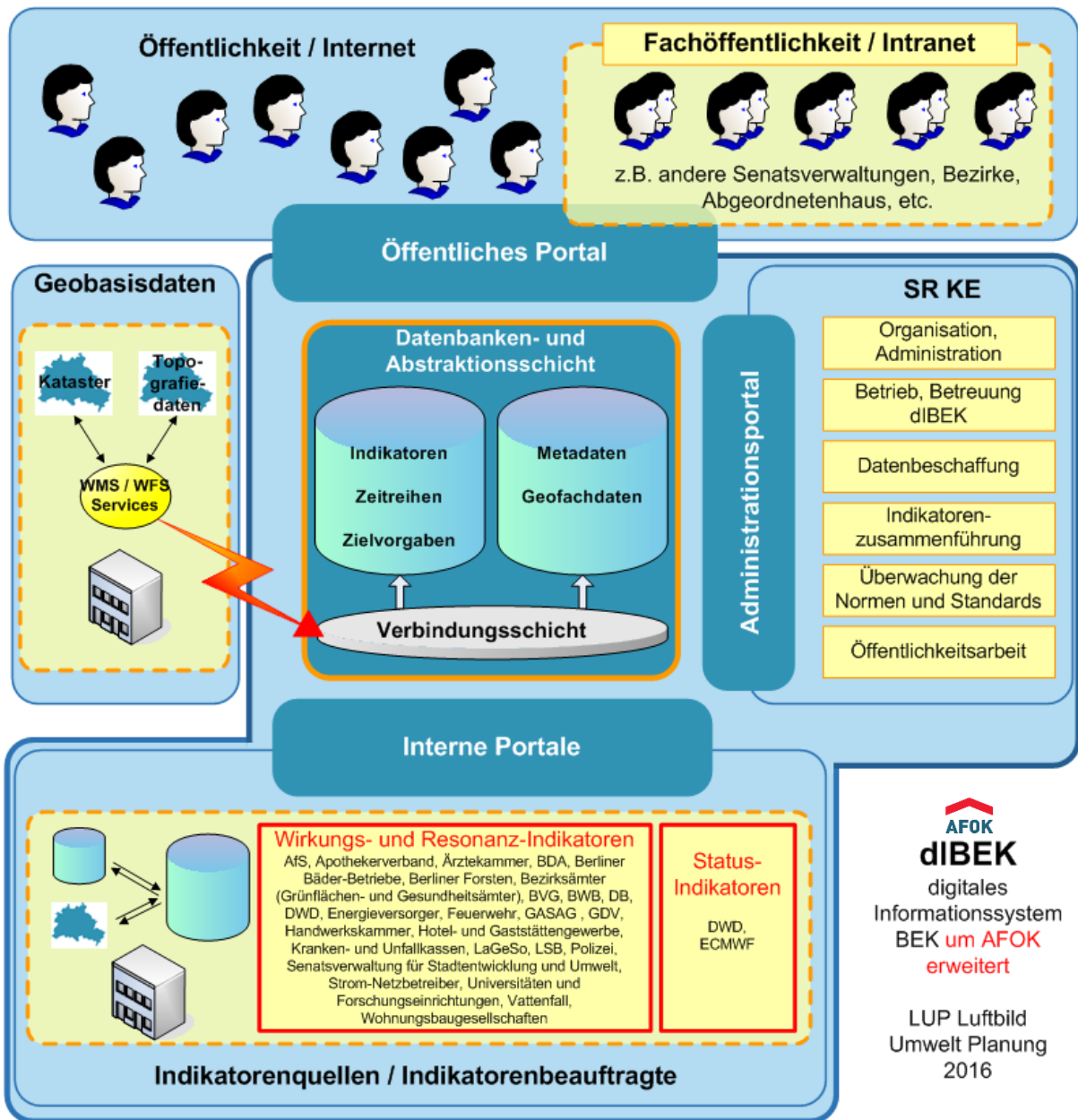


Abbildung 95: Integration des AFOK-Monitorings in das dIBEK. Quelle: HIRSCHL/ REUSSWIG/ WEIB et al. 2015: 170, verändert.

Technische Spezifikationen und Beispiele

Das dIBEK besteht aus Sachdaten und Geoinformationen. Zentrale Datenbanken sollen für ähnliche Infrastrukturen erprobt sein und ggf. *Open-Source*-Technologien beinhalten. Das beste im Land Berlin betriebene Informationssystem, welches technisch vergleichbare Funktionalitäten beinhaltet und seit Jahren erfolgreich läuft, ist das von der gemeinsamen Landesplanungsabteilung Berlin-Brandenburg betriebene Planungsinformationssystem Berlin-Brandenburg (PLIS). Kernstück ist eine auf ORACLE und PostgreSQL basierende Datenbank.

Das Datenmodell ist hochgradig parametrisiert, in dem sich selbst beschreibenden Datenmodell sind Definition und Inhalt vollständig getrennt. Damit sind Datenstrukturen und Abhängigkeiten einfach änderbar. Grundlagen sind die Scriptsprachen PHP, Javascript/ AJAX, HTML5 und CSS3. Möglich sind eine vollständige Responsivität und Multilingualität. Über eine modulare Struktur ist ein schrittweiser Aufbau ebenso wie eine spätere, flexible Erweiterung möglich. Ein technischer Aufbau des dIBEK in Anlehnung an das Planungsinformationssystem ist empfehlenswert.

Ablauf des Monitoring

Wie oben bereits erwähnt, erscheint für die Indikatoren eine fünfjährige Begutachtung der Rohdaten sinnvoll.

Um gewonnene Erkenntnisse durch z.B. Gutachter über die Entwicklung der regionalen klimatischen Bedingungen auch schnell und effektiv an verschiedenste Stakeholder und Sektoren zu verteilen, sollte das Monitoringgutachten mit verschiedenen Partizipationselementen (z.B. Runde Tische mit ExpertT-innen) versehen werden. Zu diesen Expertentreffen könnten auch mögliche Aktualisierungen der Planungshinweiskarte Stadtklima vorgestellt werden. Auch erscheint es sinnvoll, mittel- bis langfristig diesen Stakeholder-Experten-Austausch dafür zu nutzen, neueste Erkenntnisse im Bereich der globalen klimatischen Entwicklung (welchen Emissionspfad beschreitet die Menschheit, neue Entwicklungen in der Klimamodellierung) auszutauschen.

Kosten

Für das Monitoring fallen drei grundsätzliche Kostenarten an:

- *Zusätzliche Kosten der AFOK-Indikatoren:* Die Rohdaten, die für die State-Indikatoren notwendig sind, sind heute und hoffentlich auch in Zukunft kostenfrei zugänglich. Die Aufbereitung und Betrachtung des langjährigen Mittels, langjährige Trends und Zusammenhänge zwischen täglicher Zeitreihe und dem Schutzgut bzw. Handlungsfeld bedarf jedoch eines Gutachtens, das, falls extern vergeben, zusätzliche Kosten verursacht.

Die zusätzlichen Kosten für Impact- und Response-Indikatoren sind, wenn möglich, in den Indikatorbeschreibungen angegeben. Als Schätzwert wird hier in erster Näherung von einer Spanne von jährlich 50.000 bis 150.000 € ausgegangen.

- *Ersteinrichtung des digitalen Informationssystems dIBEK:* Wie in den technischen Spezifikationen beschrieben, sind die benötigten technischen Komponenten bereits im Zusammenhang mit dem Planungsinformationssystem erfolgreich im Einsatz, eine Übernahme dieser Komponenten wäre für das dIBEK technisch sinnvoll (vgl. oben, Text und Abbildung 95). Die Länder Berlin und Brandenburg verfügen bereits über die vollständigen Nutzungsrechte der verwendeten Basiskomponenten und der Programmstruktur des PLIS. Eine Nutzung der Komponenten ist für die Landesverwaltungen beider Länder kostenfrei möglich. Es fallen nur Kosten für die Ersteinrichtung und technische Anpassung an die Spezifikationen des dIBEK an, die bereits im BEK berechnet wurden. Neben dem dort genannten Aufwand von ca. 50.000 bis 150.000 € muss für das AFOK, vor allem für die Implementierung der Impact- und Response-Indikatoren, mit zusätzlich 30.000 bis 100.000 € gerechnet werden.
- *Jährlich anfallenden Kosten:* Für Pflege und Wartung sowie technischen Support des Systems (einschl. von Serverkosten), für BEK und AFOK zusammen, wird mit einem jährlichen Aufwand von ca. 30.000 € gerechnet.

8 Kommunikation

8.1 Notwendigkeit von Klimaanpassungskommunikation

Mit der Entwicklung der Klimaszenarien, der Identifikation der Vulnerabilitäten, der Herleitung der Maßnahmen und einem Monitoringkonzept ist die Klimaanpassungsstrategie für Berlin noch nicht vollständig. Es braucht noch ein eigenes Kommunikationskonzept, um all die genannten Aspekte in die weitere Stadtöffentlichkeit zu tragen, dort die Umsetzung anzuregen und für Unterstützung zu werben. Ohne aktive Beteiligung der Stadtgesellschaft an der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen, ohne die Akzeptanz der Ziele, ohne ein Verständnis dafür, warum diese sinnvoll und notwendig sind, werden Politik und Verwaltung auch ein noch so gut durchdachtes Konzept nicht umsetzen können.

Dazu bedarf es eben der Kommunikation. Kommunikation übersetzt wissenschaftlich und politisch hergeleitete Ziele und Maßnahmen in akteursspezifische und situationsangepasste Lebenswelten und Handlungslogiken. Man kann zwar nicht *nicht* kommunizieren (WATZLAWICK/ BEAVIN/ JACKSON 1969), aber *wenn* man kommuniziert, dann kann man ebenso wenig die Eigenlogik des Adressaten überspringen. Ankommende Nachrichten sind von daher immer ein „Machwerk des Empfängers“ (SCHULZ VON THUN 2010).

Die Notwendigkeit einer eigenständigen Klimaanpassungskommunikation ergibt sich aus den Besonderheiten von Klimawandel und Klimaanpassung (vgl. BEESE/ FEKKAK/ KATZ et al. 2014, BORN/ LIEBERUM/ KÖRNER 2012, GROTHMANN 2015, PETERS/ HEINRICHS 2005).

- *Wissenschaftslastigkeit und Komplexität des Themas.* Der Klimawandel selbst ist ein relativ neues und zudem sehr komplexes Themengebiet, über das im Wesentlichen die interdisziplinäre Klima- und Klimawirkungsforschung informiert. Ihre Ansätze und Ergebnisse sind auch für gebildete Laien nicht auf Anhieb verständlich, zudem handelt es sich immer noch um ein dynamisches und bisweilen unübersichtliches Forschungsfeld. Die periodisch erscheinenden Sachstandsberichte des IPCC sind zwar durchaus vorbildliche Versuche, diese komplexe Forschungsdynamik einzufangen und überschaubar zu halten. Aber auch sie kommen in der Regel nicht unter vielen Hunderten Seiten Berichtswesen aus. Klimaanpassungskommunikation hat es in dieser Hinsicht also vor allem mit einer verschärften Variante des ubiquitären Experten-Laien-Dilemmas zu tun: Für die Allgemeinheit wichtige Fragen können zunächst nur von einem kleinen Kreis von Spezialisten behandelt werden, betreffen aber die gesamte Menschheit, die mehrheitlich weder die Zeit noch die Kapazitäten hat, sich auch nur die Zusammenfassungen solcher Berichte und Studien anzusehen.
- *Kognitiver Bias und Handlungsferne.* Hinzu kommt, dass der wissenschaftliche Charakter dieser Studien sie zu einer möglichst sachlichen und emotionsfreien oder -armen Sprache verpflichtet. Emotionsfreie Sachinformationen wirken kaum handlungsauslösend (CHAIKEN/ TROPE 1999, SLOMAN 1996). Insbesondere in Situationen der Informationsfülle entscheiden sich die meisten Menschen dafür, emotionaler geprägten Botschaften eher Aufmerksamkeit zu schenken und diese auch handlungswirksam werden zu lassen (LOEWENSTEIN et al. 2011). Zumal dann, wenn – wie beim Klimawandel – oft die Erfahrungsbasis die Zukunftsszenarien überhaupt nicht unterstützt.
- *Distanz.* Auch wenn sich die Anzeichen für einen anthropogenen Klimawandel heute schon zeigen, wird die Mehrheit der Klimafolgen erst in näherer oder fernerer Zukunft auftreten. Gerade die schlimmsten Klimafolgen (etwa das Abschmelzen der Polkappen mit anschließendem massiven Anstieg des Meeresspiegels) liegen noch Dekaden, wenn nicht Jahrhunderte in der Zukunft. Weder die heute noch die morgen lebenden Generationen werden also den Klimawandel in bestimmten Teilaspekten selbst erleben. Auch trifft der Klimawandel ärmere Gesellschaften in der Regel härter als ein entwickeltes Industrieland wie Deutschland. Klimaanpassungskommunikation ist nötig, weil sie die Wichtigkeit eines Problems verdeutlichen muss, das in manchen Aspekten zumindest zeitlich und räumlich weit weg von den Adressaten ist. Dabei muss sie auf die Frage „Was bedeutet das nun für mich im Besonderen?“ eine Antwort geben können, um durch das Aufzeigen dieser persönlichen Betroffenheit eine handlungsmotivierende Reaktion zu befördern.
- *Mögliche Konkurrenz zum Klimaschutz.* In historischer Perspektive ist der Klimawandel ein relativ neues Phänomen der Alltagskommunikation. Innerhalb der Domäne Klimawandel ist den meisten Menschen die Aufgabe des Klimaschutzes bekannter als die der Klimaanpassung – nicht zuletzt deshalb, weil sich ein entsprechendes Politikfeld erst später etabliert hat (STECKER/ MOHNS/ EISENACK 2012). Das gilt für die europäische ebenso wie für die deutsche und die Berliner Ebene. Nicht selten wird zudem Anpassung mit „Akzeptanz des“ oder gar „Resignation vor“ dem globalen Klimawandel/s gleichgesetzt, was Anpassungshandeln in einen mehr oder weniger manifesten – auch moralischen – Konflikt mit dem Kli-

maschutz zu bringen scheint. Klimaanpassungskommunikation ist daher nötig, weil sie einen relativ neuen Teilbereich der Klimapolitik als sachlich komplementär (nicht: konkurrierend) und moralisch gleichwertig (nicht inferior) zum Klimaschutz darstellen muss.

Allerdings hat die Wahrnehmung der eigenen Betroffenheit durch den Klimawandel gerade in jüngster Zeit zugenommen (vgl. Abbildung 96).

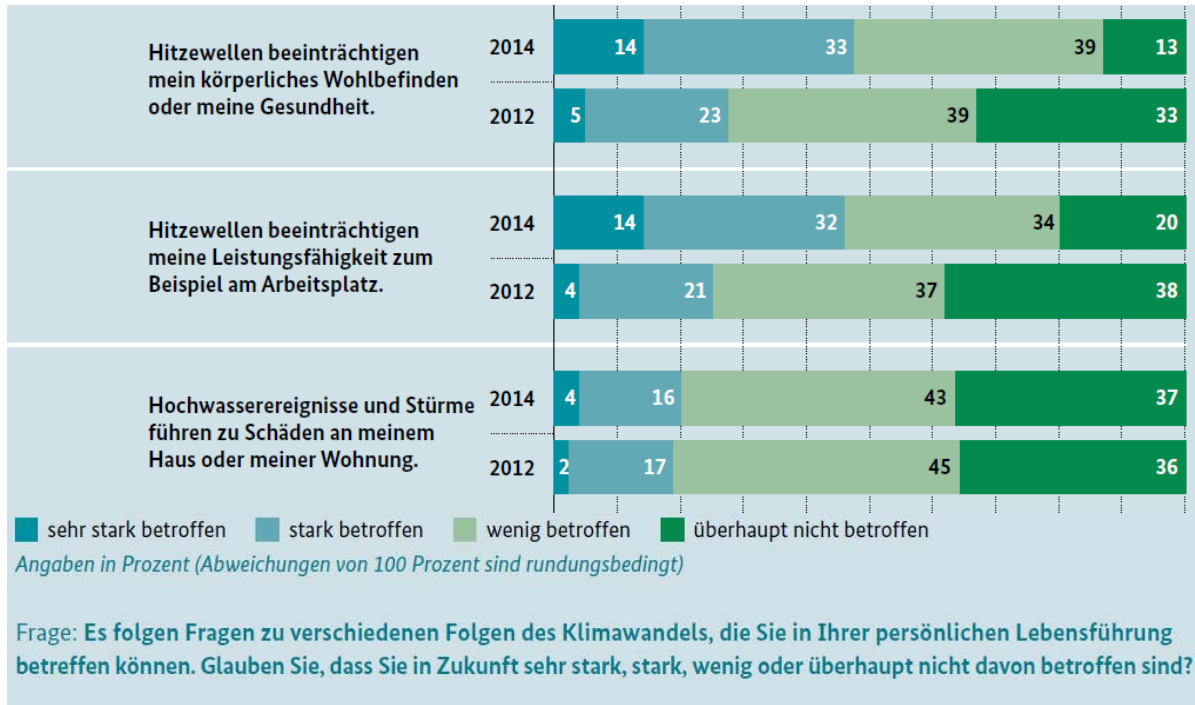


Abbildung 96: Zeitvergleich: Zukünftige Betroffenheit von den Folgen des Klimawandels 2014/2012.
 Quelle: BMUB/ UBA 2014: 45.

Insbesondere die persönliche Betroffenheit durch Hitzewellen – etwas abgeschwächt auch die durch Hochwasser und Stürme – hat zwischen 2012 und 2014 signifikant zugenommen. Die Vermutung liegt nahe, dass dies an der medialen Berichterstattung über Klimawandelfolgen generell, vor allem aber auch in Deutschland liegt. Wurde der Klimawandel bislang stärker mit Phänomenen wie dem Abschmelzen der Gletscher oder dem Anstieg des Meeresspiegels assoziiert – und damit auf eine eher ferne Zukunft und räumlich entferntere Folgen verschoben –, so führen die Hochwasserereignisse der letzten Jahre, vor allem aber auch die sommerlichen Hitzespitzen in diesem Zeitraum eine aktuelle Verwundbarkeit in Deutschland vor Augen.

Diese deutschlandweiten Werte der Umweltbewusstseinsstudie können durch Berlin-spezifische Befunde ergänzt werden. Im Sommer 2013 wurde eine repräsentative telefonische Bevölkerungsbefragung im Auftrag des Umweltbundesamtes durchgeführt, um speziell Hitzewarnsysteme in Deutschland zu evaluieren. 4.000 Personen beantworteten Fragen zur ihrer Gesundheit, ihrem Informationsverhalten, zur Risikowahrnehmung und zur Kenntnis der Warnsysteme. Eine Frage zielte auf die wahrgenommene persönliche gesundheitliche Beeinträchtigung durch Hitzeperioden; die Ergebnisse sind nach Bundesländern differenziert (vgl. Abbildung 97).

Es fällt auf, dass die Berliner Werte („sehr betroffen“) mit 32,2 % die zweitniedrigsten sind – nur in Mecklenburg-Vorpommern sehen sich noch weniger Menschen durch Hitzewellen gesundheitlich beeinträchtigt. Dabei rangiert Berlin ganz vorn in der deutschlandweiten Betroffenheitsanalyse durch Hitzebelastung des Netzwerks Vulnerabilität (BUTH et al. 2015: 609). Diese Diskrepanz zwischen hoher objektiver Betroffenheit und relativ geringem Problembewusstsein ist selbst ein Faktor, der zur Vulnerabilität beiträgt, denn je geringer das Problembewusstsein, desto geringer auch die Wahrscheinlichkeit für individuelle Schutzmaßnahmen.

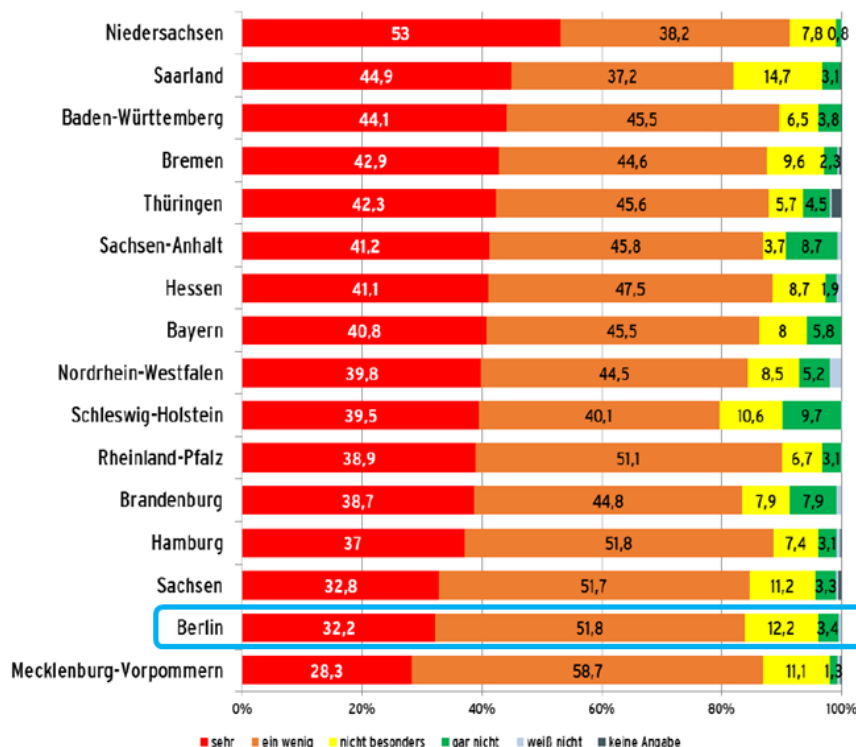


Abbildung 97: Subjektiv wahrgenommene gesundheitliche Beeinträchtigung durch Hitzeperioden (nach Bundesländern). Quelle: CAPELLARO/ STURM 2015a: 90, (Hervorh. d. Verf.).

Klimaanpassungskommunikation ist in Berlin also notwendig. Um dafür ein Konzept zu entwickeln, wurde im Zuge der AFOK-Entwicklung unter anderem ein eigener Expertenworkshop im November 2013 durchgeführt, aus dessen Präsentationen und Diskussionen wichtige Empfehlungen in das vorliegende Kapitel eingeflossen sind.¹⁴¹

8.2 Ziele der Anpassungskommunikation

Kommunikation zur Förderung der Anpassung an den Klimawandel verfolgt bestimmte Ziele, die sich aus der Ausgangssituation sowie der Anpassungsstrategie ergeben:

1. *Aufklärung und Information.* Vielen Menschen ist noch immer nicht bewusst, dass der Klimawandel ihre Arbeits- und Lebensbedingungen, letztlich den gesamten „Organismus“ Stadt berühren und teilweise negativ verändern wird. Neben dem Faktor Nichtwissen („Klimawandel – was ist das?“) spielt dabei der Faktor
2. *Halbwissen* („Klimawandel – gibt’s doch gar nicht; ist doch alles natürlich“) eine nicht zu vernachlässigende Rolle. Ersterer prägt oft die Kommunikation über Klimawandel in bildungsfernen Schichten, während letzterer sich gerade in gebildeteren Schichten findet.

Verantwortungsvolle Klima(-anpassungs)kommunikation muss dem belastbares Wissen entgegensetzen, den Stand der Forschung korrekt wiedergeben, Unsicherheiten und Modellspannbreiten gegebenenfalls erläutern und so die Grundlage für Klimaschutz und Klimaanpassung legen.¹⁴² Glaubwürdigkeit ist dabei eine Kernressource (vgl. Beitrag Grothmann auf AFOK-Kommunikationsworkshop; → Kap. 14.3). Kerngruppen, die erfahrungsgemäß in anderen Anpassungskommunikationskonzepten nicht oder kaum erreicht wurden, sind: Jugendliche, Migranten/-innen, untere Bildungs- und Einkommenschichten (vgl. Beiträge Born und Nies auf AFOK-Kommunikationsworkshop; → Kap. 14.3). Alle ausgewerteten Erfahrungen im

¹⁴¹ Vgl. AFOK-Endbericht Teil II, Materialien, Kap. 14.3.

¹⁴² Es kann durchaus sinnvoll sein, eher von Modellspannbreiten als von Unsicherheiten zu sprechen, wird letztere doch leicht als Uneinigkeit der Wissenschaft mit Blick auf grundlegende Fragen (z.B. Attributierung des beobachteten Klimawandels, basaler Mechanismus der globalen Erwärmung) missverstanden. Je nach Kontext muss deutlich gemacht werden, dass die raum-zeitliche Lokalisierung der Wirkfolgen mit Unsicherheiten behaftet ist, nicht aber die Attributierung etc. (Anmerkung Daschkeit auf AFOK-Workshop Anpassungskommunikation).

Bereich der Anpassungskommunikation zeigen zudem, dass Klarheit und einfache Verständlichkeit der kommunizierten Sachverhalte wichtig sind, um Aufmerksamkeit und Nachvollziehbarkeit zu erzielen.

4. *Sensibilisierung und Bewusstseinsbildung:* Bei der Anpassungskommunikation muss die Berliner Betroffenheit verdeutlicht werden und es müssen neben den Risiken auch die seltenen Chancen vermittelt werden. Es sollte verständlich gemacht werden, dass diese allgemeinen Zusammenhänge auch Folgen für Berlin haben: Klimawandel betrifft *nicht* nur die Arktis oder die Inseln im Pazifik, er betrifft *auch* Berlin. Und damit auch die Bürger/-innen ganz individuell. Einerseits aufgrund persönlicher Vulnerabilitätsprofile (z. B. Alter, Wohnortlage), andererseits aufgrund des Status als Berliner/-in, einer virtuellen Betroffenheits- und Solidaritätsgemeinschaft (z.B. im Falle pflegebedürftiger Angehöriger oder von Verbundenheit mit einem besonders verwundbaren Kiez). Betroffenheit muss klar aufgewiesen werden. Angesichts des in Berlin mittlerweile angesammelten Vulnerabilitätswissens (z.B. Planungshinweiskarte Stadtklima, Umweltgerechtigkeit im Umweltatlas) ist dies auch gut möglich. Das „Schutzgut Mensch“ spielt eine zentrale Rolle – auch mit Blick auf möglicherweise gefährdetes Naturkapital (vgl. Beitrag Lohner auf AFOK-Kommunikations-Workshop; → Kap. 14.3). Neben den Risiken des Klimawandels müssen dabei auch die Chancen durch Klimawandel und Klimaanpassung verdeutlicht werden; anders als beim Klimaschutz sind diese Chancen oft unmittelbar und anknüpfend an das Eigeninteresse deutlich zu machen (vgl. Beitrag Axmann auf AFOK-Kommunikationsworkshop; → Kap. 14.3). Eine stärkere Emotionalisierung des abstrakten Themas Klimawandel ist sinnvoll und wünschenswert, aber sie darf nicht durch Angstkommunikation die Einschätzung der eigenen Anpassungsfähigkeit (siehe nächster Punkt) schwächen. Ein wichtiges Themenfeld der Bewusstseinsbildung ist es, Klimaschutz und Klimaanpassung als zwei sich ergänzende, nicht konkurrierende Säulen der (Berliner) Klimapolitik zu verdeutlichen.
5. *Motivierung und Mobilisierung.* Ein ganz wesentliches Ziel der Klimaanpassungskommunikation ist die Motivierung der Menschen und Organisationen zu eigenen Anpassungsleistungen bzw. zur Unterstützung der Anpassungsbemühungen Dritter (z.B. der Wirtschaft, der Bezirke oder des Senats). Dafür reicht der Hinweis auf die (eigene) Betroffenheit nicht aus. Risikobewusstsein muss gepaart werden mit der Vermittlung bzw. Verstärkung von Handlungskompetenz. Kommunikation muss möglichst auf die Handlungsmöglichkeiten der Adressaten eingehen bzw. diese durch gezielte Hinweise auf Möglichkeiten und Vorbilder stärken (vgl. Beiträge Schreck und Grothmann auf AFOK-Kommunikationsworkshop; → Kap. 14.3). Auch der Verweis auf Bemühungen staatlicher Ebenen (DAS, Berliner Anpassungsbestrebungen) wirken sich stabilisierend auf Motivation und Mobilisierung aus und sollten deshalb mit kommuniziert werden (Beitrag Daschkeit auf AFOK-Kommunikationsworkshop). Kunstprojekte (vgl. Beitrag Nies auf AFOK-Kommunikationsworkshop; → Kap. 14.3) und die Nutzung der Ressource Humor können dabei hilfreich sein (Danner 2014).
6. *Beteiligung sicherstellen, Umsetzung fördern, Verstetigung ermöglichen.* Klimaanpassungskommunikation dient letztlich dazu, die Ressourcen der Stadtgesellschaft für den individuellen Selbstschutz, das Gemeinschaftswerk Klimaanpassung sowie die Beteiligung an oder Akzeptanz von staatlichem Handeln zu mobilisieren und auf Dauer zu stellen. Dazu werden nachhaltige Kommunikationsformate und -konzepte benötigt, die Berlins besondere Beteiligungs- und Innovationskultur gezielt für die Zwecke der Klimaanpassung nutzen. Dazu gehört auch, über gute Beispiele von Anpassungsmaßnahmen sowie die bereits erfolgte Konzept- und Maßnahmenentwicklung in Berlin (z.B. StEP Klima) zu informieren und das eigene Handeln damit in einen größeren sozialen und politischen Kontext zu stellen. Da Berlin bei der Klimaanpassung nicht „bei Null“ anfängt, muss Kommunikation auch gute Beispiele positiv hervorheben und damit zur Verstetigung von Anpassungsprozessen beitragen.

Diese übergreifenden Ziele können situativ in ganz verschiedene Formate und Strategien umgesetzt werden, die auf die jeweilige Zielgruppe der Kommunikation zugeschnitten sein müssen.

8.3 Zielgruppen, Botschaften und Strategien der Anpassungskommunikation

Kommunikation hat nicht nur Ziele, sie richtet sich stets auch an bestimmte Zielgruppen. Diese können sehr weit gefasst sein („die allgemeine Öffentlichkeit“), sie können aber auch sehr spezifisch definiert werden (z.B. „Jugendliche aus sozial prekären Milieus mit Migrationshintergrund in Nord-Neukölln“). Je nach Zweck und auch Phase des Kommunikationsprozesses kann sich der Zuschnitt oder die „Körnung“ der Zielgruppeneingrenzung anders darstellen. Mit Blick auf den aktuellen Stand der Klimaanpassungskommunikation in Berlin – also etwa vor dem Hintergrund von SENSTADTUM 2011 und den Erfahrungen des

AFOK-Stakeholderprozesses – lassen sich folgende allgemeine Zielgruppen benennen, die es kommunikativ zu erreichen gilt:

- *Allgemeine Öffentlichkeit, Multiplikatoren.* Diese sehr weit gefasste Kategorie umfasst die Stadtöffentlichkeit generell. Obwohl die Zielgruppe mit der Grundgesamtheit der Berliner Bevölkerung identisch ist und damit keine „Ziel“-Gruppe besonders ausgewählt wird, muss Anpassungskommunikation die allgemeine Öffentlichkeit immer im Blick haben. Das ergibt sich nicht nur aus der Gemeinwohlorientierung des politischen und Verwaltungshandelns in einer Demokratie, es ist auch unverzichtbar, um den Querschnitts- und Gemeinschaftscharakter einer Anpassungsstrategie zu unterstreichen. Angesichts der mangelhaften Verankerung von Klimawandel und Klimaanpassung im allgemeinen Bewusstsein bleibt diese „Zielgruppe“ auch weiterhin sehr wichtig. Dabei können Multiplikatoren gesondert anzusprechen sein – also Teile der Öffentlichkeit, die aufgrund ihrer sozialen oder massenmedialen Position bei den übrigen Teilen der Öffentlichkeit ein besonderes Gehör besitzen.
- *Fachöffentlichkeit.* Der Klimawandel besitzt neben seinem Querschnittscharakter auch die Eigenschaft, differentielle Betroffenheiten zu erzeugen. Klimaanpassung übersetzt sich in unterschiedliche Fachkontexte ebenfalls nicht gleichartig. Eine funktional ausdifferenzierte und oft stark wissensbasierte Stadtgesellschaft ist immer auch der Ort von Fachdiskursen in Fachöffentlichkeiten – und genau diese müssen kommunikativ erreicht werden. Teilweise besteht dabei eine Überschneidung zu dem etwas etablierten Themenbereich Klimaschutz/ Klimaneutralität, die genutzt werden kann. Wichtige Fachöffentlichkeiten wären etwa die Community der Planer/-innen (Stadt- und Freiraumplanung, Architektur, Verkehrsplanung), die Wissenschaft, wichtige Branchendiskurse (z.B. Wohnungswirtschaft, Gesundheitswirtschaft, Wasserwirtschaft) oder sektorenübergreifende strategische Themenfelder (z. B. Klimaneutralität, *Smart City*, *Green Economy*, *Urban Gardening*).
- *Vulnerable Bevölkerungsgruppen, Unternehmen/ Branchen.* Der Klimawandel wird die Stadtgesellschaft und die städtische Ökonomie in unterschiedlichem Maße treffen. Eine Zielgruppe der Anpassungskommunikation sind genau diese besonders vulnerablen Gruppen der Stadtgesellschaft (z.B. Ältere, Kranke, einkommensschwache und bildungsferne Schichten, Kinder (→Eltern), sozial Isolierte, Menschen mit schlechten deutschen Sprachkenntnissen, Draußenbeschäftigte) und der Berliner Wirtschaft (z.B. Gesundheitsbranche, Wohnungswirtschaft, Land- und Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft).
- *„Profiteure“ und „Helfer“.* Der Klimawandel bietet auch Chancen für bestimmte soziale Akteure. Im vorliegenden Gutachten wurden etwa die Chancen betont, die der Klimawandel für Tourismus, Gastronomie und die urbane Nachtökonomie mit sich bringen kann – nicht ohne zu erwähnen, dass es dazu in der Regel zusätzlicher Anpassungsbemühungen bedarf. Auch wird eine verstärkte Klimaanpassung für bestimmte Unternehmen und Branchen mit verbesserten Marktchancen für ihre Produkte und Dienstleistungen verbunden sein, z.B. im Bereich Garten- und Landschaftsbau, der Fassadenbegrünung, klimafreundlicher Gebäudekühlung, Gebäudeschutz, Sicherheits- und Überwachungstechnologien. Diese potenziellen „Gewinner“ und „Helfer“ bei der Klimaanpassung müssen zum einen aktiviert werden, sie müssen zum anderen aber auch der allgemeinen Stadtöffentlichkeit und den vulnerablen Gruppen und Unternehmen bekannt werden.

Je nach Zielgruppe und konkretem Zweck einer Anpassungskommunikation werden ganz unterschiedliche Aussagen und Botschaften vermittelt werden müssen. Die Auswahl der Botschaften hängt dabei nicht allein von der generellen Kommunikationsfähigkeit des/der Adressaten/-in ab, sondern auch von der Positionierung im virtuellen Raum von Vulnerabilität/ „Gewinner“-Status sowie vom bisherigen (Nicht-) Engagement der Adressaten.

Hier einige Kernbotschaften, die Anpassungskommunikation vermitteln könnte:

- „Der Klimawandel macht um Berlin keinen Bogen und geht uns alle an“
- „Ihr seid besonders gefährdet“
- „Eure Eigenleistung ist gefordert – ihr solltet, aber ihr könnt auch etwas tun, und zwar...“
- „Klimawandel und Klimaanpassung – eine Chance für Berlin allgemein und Euch besonders“
- „Wir brauchen Eure Unterstützung/ Akzeptanz“
- „So kann Klimaanpassung aussehen“

Kommunikationsstrategien umfassen in der Regel auch ein Portfolio an Medien und Maßnahmen, mittels derer Botschaften an die Zielgruppen kommuniziert werden sollen. An dieser Stelle wird aber auf eine solche Auflistung verzichtet, weil im Grundsatz alle verfügbaren Medien zu nutzen sind. Wichtiger erscheint abschließend, sinnvolle *Strategien* der Anpassungskommunikation auszuführen, die – vor dem Hintergrund des oben Gesagten – Formate Zielgruppen, Botschaften und Medienauswahl verknüpfen (Abbildung 98).



Abbildung 98: Strategische Ansatzpunkte einer Anpassungskommunikation. Quelle: Eigene Darstellung.

Detaillierter sind alle fünf Strategien im Teil II des AFOK-Endberichts dargestellt (→ Kap. 13). Die dort in Grundzügen entwickelten Strategien sind noch zu verfeinern und müssen im Anwendungskontext mit konkreten Zeit- und Kostenplänen untersetzt werden. Bereits im hier ausgeführten Detaillierungsgrad kann aber eine strategische Ausrichtung der Anpassungskommunikation angeführt werden, mit der es gelingt, das relativ junge Politik- und Kommunikationsfeld Klimaanpassung besser im öffentlichen Diskurs zu verankern, sowohl durch die Nutzung bestehender, als auch die Kreation neuer Orte und Formate.

9. Ausblick

Das AFOK zeigt die Vulnerabilitäten für Berlin aufgrund des Klimawandels und die Maßnahmen auf, die geeignet sind, um Risiken und Schäden der natürlichen, gesellschaftlichen oder ökonomischen Systemen und Infrastrukturen sowie Beeinträchtigungen von Lebensqualitäten zu vermeiden oder zumindest mindern. Im Rahmen des AFOKs werden eine Vielzahl an grundsätzlich geeigneten Maßnahmen der Klimaanpassung für die jeweiligen Handlungsfelder vorgeschlagen; es werden die Art der Maßnahme und die angestrebten Wirkungen und damit verbundene Nebeneffekte beschrieben.

Die notwendigen weiteren Schritte zur Umsetzung, mögliche Akteure der Maßnahmen und erste Hinweise für Finanzierungsmöglichkeiten werden in den Maßnahmeblättern genannt.

Die Klimaanpassung in einer Stadt wie Berlin stellt eine Jahrhundertaufgabe dar, die in zahlreichen Handlungsfeldern von der Stadtgesellschaft, von der Politik, der Verwaltung zukünftig schrittweise umzusetzen sein wird. Dies wird ein umfassender Prozess sein. Das vorliegende Konzept schlägt hierfür eine Vielzahl an Maßnahmen vor, mit der die Anpassungsfähigkeit erreicht werden kann.

In der Zukunft wird es darum gehen, in den einzelnen Handlungsfeldern die vorgeschlagenen Maßnahmen weiter zu konkretisieren, die Feinjustierungen durchzuführen und Akteure zusammenzuführen.

In einer wachsenden Stadt wie Berlin mit einem enormen Bedarf an bezahlbaren Wohnungen, der Notwendigkeit der Bereitstellung von Arbeitsplätzen, der Integration von Flüchtlingen, der Umsetzung der politisch vereinbarten Klimaschutzziele, der Bewältigung des Verkehrs und des demografischen Wandels ist die Klimaanpassung ein Ziel von vielen. Konflikte und unterschiedliche gesellschaftliche, politische und wirtschaftliche Schwerpunkte sind daher vorprogrammiert.

Anders als beim Klimaschutz, in dem in Berlin über einen längeren gesellschaftlichen und politischen Diskussionsprozess auf der Grundlage der Machbarkeitsstudie Klimaneutrales Berlin 2050 und im Energiewendegesetz konkrete, messbare Ziele formuliert wurden, liegen für die Klimaanpassung in Berlin bisher weder ein Leitbild noch konkrete Ziele als Benchmark vor.

In § 12 Energiewendegesetz wird zur Klimaanpassung folgende Aufgabe formuliert:

„Der Senat von Berlin wird Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel und seiner unvermeidbaren Folgen für Berlin unterstützen. Er ist verpflichtet, auf der Grundlage eines aktuell zu haltenden Kenntnisstandes über den Klimawandel und der Abschätzung seiner konkreten Auswirkungen auf das Land Berlin für das Programm nach § 4 Absatz 1 Strategien und Maßnahmen zu entwickeln, die darauf abzielen, die Anpassungsfähigkeit natürlicher, gesellschaftlicher und ökonomischer Systeme zu verbessern und die Funktion der städtischen Infrastrukturen sowie die urbane Lebensqualität zu erhalten.“

Mit dem hier vorgelegten Konzept werden der aktuelle Kenntnisstand über den Klimawandel und seine konkreten Auswirkungen auf das Land Berlin beschrieben sowie Strategien und Maßnahmen entwickelt, um die Anpassungsfähigkeit der Stadt zu verbessern.

Dieser Katalog stellt ein Angebot dar, wie die Risiken und Schäden für die Stadt und ihre Infrastrukturen sowie mögliche Beeinträchtigungen von urbanen Lebensqualitäten vermieden oder zumindest gemindert werden können.

Zukünftig wird es nun darum gehen, aus diesem Bündel an Maßnahmen die Machbarkeit weiter zu konkretisieren. Die Akteure werden sich weiter abstimmen müssen, Finanzierung und Zeitabläufe müssen konkretisiert werden. Einige der Maßnahmen müssen im politischen Raum bestätigt werden. Viele Maßnahmen können aber auch direkt in eine Umsetzung gehen. Und es werden auch bereits einzelne Maßnahmen, die in den Handlungsfeldern aufgezeigt werden, in der Stadt umgesetzt.

Das hier vorgelegte AFOK zeigt die Möglichkeiten der Klimaanpassung für Berlin auf, die im Weiteren eine Gemeinschaftsaufgabe von vielen Akteuren aus Politik, Verwaltung und Stadtgesellschaft ist. Diese Gemeinschaftsaufgabe ist heute anzugehen, damit sie in den nächsten Jahren und Jahrzehnten wirksam wird.

10 Anhang

10.1 Maßnahmenblätter

Alle in den vorherigen Kapiteln entwickelten Maßnahmenvorschläge werden im Folgenden in einem einheitlichen „Maßnahmenblatt“, gebündelt nach den jeweiligen Handlungsfeldern (10.1.1 – 10.1.9), näher ausgeführt.

10.1.1 Maßnahmenblätter Menschliche Gesundheit, Bevölkerungsschutz

MGBS-I	AUSBAU VON FRÜHWARNSYSTEMEN			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Unter Rückgriff auf öffentlich zugängliche Daten oder auch speziell zur Verfügung gestellte Daten von entsprechenden Fachbehörden und Institutionen sollten bestehende Frühwarnsysteme (wie beispielsweise des DWD) ausgebaut und gegebenenfalls ergänzende aufgebaut werden.</p> <p>Nach einer bundesweiten Auswertung im Auftrag des UBA (CAPELLARO/ STURM et al. 2015) gehen in Berlin die Hitzewarnungen des DWD weder direkt an die Gesundheitsämter der Bezirke noch an die Altenheime/ Pflegeeinrichtungen oder Sozialstationen und ambulante Pflegedienste. Viele besonders vulnerable Zielgruppen werden also nicht direkt erreicht. Als einen ersten Schritt schlägt MGBS-I daher vor, die Hitzewarnungen des DWD in verständlicher Form aufzubereiten und für die allgemeine Bevölkerung und speziell vulnerable Gruppen (z.B. Alte, chronisch Kranke) zugänglich zu machen. In einem zweiten Schritt muss es darum gehen, einen Hitzeaktionsplan für Berlin zu entwickeln, der konkrete Handlungsanweisungen für Organisationen und Einzelne enthält. Der Berliner Hitzeaktionsplan sollte dem Anforderungsprofil von WMO/ WHO gerecht werden, das neben der direkten Warnung auch Sensibilisierungsmaßnahmen, abgestimmte Handlungspläne und Monitoring- und Evaluierungsmaßnahmen vorsieht (MCGREGOR et al. 2015).</p>			
Wirkung	<p>Durch bessere Information und Vernetzung von Einrichtungen des Gesundheitssystems sowie durch Stärkung der Eigenvorsorge rechtzeitig vorgewarnter und auch tatsächlich erreichter Bürgerinnen und Bürger können Gesundheitsschäden und Todesfälle vorgebeugt werden. Die Fallzahlen reduzieren sich deutlich.</p>			
Nebeneffekte	<p>Größeres Gefahrenbewusstsein wirkt sich allgemein positiv aus, beispielsweise durch eine Reduzierung von Unfallzahlen. Es kann außerdem Investitionen in Anpassungsmaßnahmen anstoßen (z.B. Sonnenschutz oder Begrünung von Gebäuden).</p>			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Bestandsaufnahme bestehender Frühwarnsysteme und ihrer Verwendung - Gegebenenfalls Ausbau bestehender Systeme oder Aufbau eines neuen Systems - Öffentlichkeitsarbeit (allgemeine Öffentlichkeitsarbeit und gezielt über Verbände von Gesundheitsdiensten und -berufen) zur Bekanntmachung und zur weiteren Verbreitung der Nutzung dieser Dienste <p>Kurz- bis mittelfristig</p>			
Akteure	<p>Gesundheitsverwaltung, Feuerwehr, Katastrophenschutz, Land Berlin</p>			
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	<p>Aus Mitteln zur Gesundheitsförderung, eventuell Beitrag der Krankenkassen</p> <p>Mittelbedarf gering bis mittel</p>			

Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Keine
Kommentare	<p>Hoch prioritäre Maßnahme, da damit hohe Schutzgüter geschützt werden können (Gesundheit und Leben), zudem sehr gutes Nutzen-Kosten-Verhältnis</p> <p>Literatur:</p> <p>McGregor, G.R. et al. (Eds.): <i>Heatwaves and Health: Guidance on Warning-System Development</i>. Geneva: World Meteorological Organization and World Health Organization. http://www.who.int/globalchange/publications/WMO_WHO_Heat_Health_Guidance_2015.pdf; Zugriff: 22.11.2015.</p>

MGBS-2	STEIGERUNG DER KÖRPERLICHEN FITNESS			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmen- beschreibung	<p>Aus der klinischen Forschung ist bekannt, dass Menschen, die körperlich fitter sind, Hitzestress besser bewältigen können (JAHN/ KRÄMER/ WÖRMANN 2013). Viele Maßnahmen, die der Steigerung der Fitness der Stadtbevölkerung dienen, sind zugleich wirksame Maßnahmen, die die körperliche Anfälligkeit gegenüber Hitze vermindern. Dies gilt insbesondere auch für ältere Menschen (Mitteilung auf 1. Stakeholder-Workshop), der hauptsächlich vulnerablen Bevölkerungsgruppe mit wachsender Bedeutung in Berlin. Neben dem Ausbau der Angebote von öffentlichen Badestellen und Freibädern sollte auch eine Verbesserung weiterer Sport- und Bewegungsangebote erfolgen.</p> <p>Der geplante Ausbau der Fahrradwege sowie die Attraktivitätssteigerung der Fuß- und Spazierwege tragen ebenfalls zur Steigerung der körperlichen Fitness bei. Aufklärungs- und Informationskampagnen, die sich gezielt auch an Ältere richten, fördern die Nutzung dieser Angebote. Neben dem Beitrag zur Anpassung an die Herausforderungen des Klimawandels sollte dabei der Nebennutzen einer Verbesserung von Lebensqualität und öffentlicher Gesundheit herausgestellt werden.</p>			
Wirkung	<p>Durch bessere körperliche Fitness können Gesundheitsschäden und frühzeitigen Todesfällen vorgebeugt werden. Die Fallzahlen reduzieren sich deutlich.</p>			
Nebeneffekte	<p>Verbesserte körperliche Fitness wirkt sich allgemein positiv aus auf die Leistungsfähigkeit und Produktivität. Die Krankheitsraten und Gesundheitskosten werden reduziert. Die generelle Anfälligkeit einer alternden Bevölkerung gegenüber vielen Krankheiten wird vermindert.</p> <p>Positive Umwelt- und Ressourceneffekte bei verstärkter Nutzung von Fahrrädern und Fußwegen (Verringerung des Energieeinsatzes, Verbesserung der städtischen Luftqualität).</p>			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Bestandsaufnahme bestehender Defizite in der körperlichen Fitness der Berliner/-innen - Bestehende Potenziale und Defizite in der Förderung des Breitensportes und Fußgänger- und Fahrradverkehrs in der Stadt identifizieren - Sportstätten und Schwimmbäder weiter fördern und ausbauen - Fußgänger- und Fahrradverkehrsinfrastruktur weiter verbessern - ÖPNV-Angebot ins Umland ausbauen (u.a. Fahrradmitnahmemöglichkeiten verbessern) - Mittel- langfristig 			
Akteure	<p>Land Berlin, Gesundheitsämter der Bezirke, Berliner Bäderbetriebe, Sportvereine, Schulen, Kitas, als Multiplikatoren: Wohnungswirtschaft</p>			

Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Aus Mitteln zur Gesundheitsförderung, eventuell Beitrag der Krankenkassen Mittelbedarf individuelle Gesundheitsförderung vergleichsweise gering, Ausbau von Sport-, Fahrrad- und Fußwege-Infrastrukturen höhere langfristige Investitionen, die aber ein sehr gutes Nutzen-Kosten-Verhältnis aufweisen
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Positive Klimaschutzeffekte durch verstärkte Nutzung von Fahrrädern und Fußwegen (verstärkte Nutzung des Umweltverbundes im Verkehr).
Kommentare	Hoch prioritäre Maßnahme, da damit hohe Schutzgüter geschützt werden können (Gesundheit und Leben), zudem sehr gutes Nutzen-Kosten-Verhältnis in erweiterter Betrachtung. Literatur: <i>Jahn, H.J.; Krämer, A.; Wörmann, T. (Hrsg.) (2013): Klimawandel und Gesundheit. Internationale, nationale und regionale Herausforderungen und Antworten. Berlin/ Heidelberg: Springer.</i>

MGBS-3	ANPASSUNG DER MEDIKATION UND BERATUNG			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Hohe Temperaturen belasten das Herz-Kreislaufsystem und den Flüssigkeitshaushalt. Neben Älteren gehören insbesondere chronisch Kranke und speziell Personen mit regelmäßiger Medikamenteneinnahme zu den Risikogruppen. Bestimmte Medikamente erhöhen aufgrund ihrer pharmakodynamischen Eigenschaften die Gefahr einer ▶ Dehydrierung (z.B. Diuretika), andere beeinflussen die Wärmeregulation (z.B. Neuroleptika). Umgekehrt kann eine bereits bestehende Dehydrierung die Wirkung von Medikamenten verändern. Bei betagten Patienten ist besonders das Risiko von nephrotoxischen Folgen durch die Kombination bestimmter Medikamente zu beachten (KÄLIN/ OESTREICHER/ PFLUGER 2007).</p> <p>Für alle diese Risikogruppen muss die Medikation unter Hitzebelastungen unter ärztlicher Aufsicht/ Beratung angepasst werden. Ärzt/-innen, Apotheker/-innen und Pfleger/-innen müssen Patient/-innen und Betreute darüber informieren und entsprechende Hinweise zu Mehr- oder Mindereinnahmen von Medikamenten, erhöhtem Flüssigkeitsbedarf oder entsprechenden Nebenwirkungen geben.</p>			
Wirkung	Durch bessere Information der Patient/innen können Gesundheitsschäden vorgebeugt werden.			
Nebeneffekte	Verringerte Gesundheitskosten.			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Bestandsaufnahme und Distribution des Wissens zum Einfluss von Hitze auf die Wirkung von Medikamenten - Information und Fortbildungen für Ärzt/-innen und Apotheker/-innen - Mittel- bis langfristig 			
Akteure	Berufsverbände der Ärzt/-innen und Apotheker/-innen, Pharmaindustrie, Krankenkassen, Gesundheitsverwaltung (SenGesSoz, LAGeSo, Bezirksämter)			
Finanzierung (Mittelbedarf/)	Aus Mitteln der Pharmaindustrie, Krankenkassen, Berufsverbände Mittelbedarf vergleichsweise gering			

Fördermöglichkeiten)	
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Keine
Kommentare	<p>Wichtige Maßnahme, da damit hohe Schutzgüter geschützt werden können (Gesundheit und Leben), zudem gutes Nutzen-Kosten-Verhältnis und weitgehende Verantwortung der privaten Wirtschaft und Berufsverbände.</p> <p>Literatur:</p> <p><i>Kälin, P.; Oestreicher, M.K.; Pfluger, T. (2007): Sommerliche Hitzewellen: die Medikation von Risikopersonen überprüfen. Schweizerisches Medizinisches Forum 7: 644-648.</i></p>

MGBS-4	RETTUNGSDIENSTE UND KATASTROPHENSCHUTZ AUFSTOCKEN			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Im Zuge des Klimawandels werden sich voraussichtlich auch die Schadenslagen für den Katastrophenschutz verändern; mit einer deutlichen Zunahme von hitzebedingten Notfalleinsätzen sowie von pluvialen Hochwässern (urbane Sturzfluten) ist zu rechnen. Die zu erwartenden Ereignisse verschieben sich mehr und mehr vom Bereich der Alltagsgefahren zu dem der außergewöhnlichen Schadensereignisse. Die organisatorischen, sachlichen und personellen Kapazitäten der Rettungsdienste und des Katastrophenschutzes müssen dieser Intensivierung von Schadenslagen angepasst und entsprechend aufgestockt werden. Dies umfasst:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Überprüfung und ggf. Anpassung der Fahrzeugflotte und der technischen Ausstattung bei Feuerwehr, Rettungs- und technischen Hilfsdiensten incl. der Kommunikationstechnik - Überprüfung und ggf. Anpassung des Personalstärken der Rettungsdienste und der Feuerwehr mit Blick auf zukünftige Schadensereignisse in der längerfristigen Mittelplanung - Aufnahme der sich durch den Klimawandel ändernden Schadenslagen in das Aus- und Fortbildungswesen (z.B. bei der Rettungsdienst-Akademie der Berliner Feuerwehr, BFRA) - Anpassung von Übungen und Simulationsprogrammen (z.B. das computergestützte Simulationssystem CIS-KOSMAS® der Berliner Feuerwehr) - Verbesserung der Handlungskapazitäten des Katastrophenschutzdienstes Berlin zur Einsatzkoordination zwischen Feuerwehr, Rettungsdiensten, Krankenhäusern, Berliner Wasserbetrieben, Energieversorger/ Netzbetreiber (z.B. für den Kombinationsfall Hitzewelle (incl. Nachwirkungsphase) plus Starkregen/ urbane Überflutung, Stromausfall). - Aufbau einer gezielten und koordinierten Notfall-Ansprache der Bevölkerung (Prävention, Warnung, Selbsthilfe, Unterstützung im Einsatzfall) über verschiedene Medien; Ausbau und Förderung der weiteren Verbreitung des Bevölkerungswarnsystems KATWARN der Berliner Feuerwehr. 			
Wirkung	Durch verbesserte Ausstattung der Rettungsdienste kann in Notfälle schneller geholfen werden, Gesundheits- und Lebensgefahren können schneller abgewendet werden.			
Nebeneffekte	Schnellere Notfallhilfe auch in nicht von Extremwetterereignisse ausgelösten Notfällen (z.B. terroristische Anschläge) besser möglich			

Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Workshops/ Runde Tische zur Sondierung der Ausgangslage und zur Präzisierung des Handlungsbedarfs mit Feuerwehr, Hilfs- und Rettungsdiensten - Detaillierte Bestandsaufnahme bestehender Ausstattung der Rettungsdienste und des Katastrophenschutzes mit Blick auf zu quantifizierende Änderungen potenzieller Schadenslagen - Einrichtung einer organisationsübergreifenden Arbeitsgruppe zur Präzisierung des Ausbau- und Abstimmungsbedarfs (gestaffelt nach Planungshorizonten) - Initiierung eines organisationsinternen Prozesses zur Spezifizierung einer genaueren Maßnahmenplanung und ihres Mittelbedarfs; Diskussion dieser Planungen/ Bedarfe durch die AG und die Trägereinrichtungen/ Aufsichtsbehörden - Kurz- bis mittelfristig (Bestandsaufnahme/ Planung), mittel- bis langfristig (Umsetzung)
Akteure	Land Berlin, Berliner Feuerwehr, Katastrophenschutzdienst, Hilfs- und Rettungsorganisationen, Trägereinrichtungen, Berliner Wasserbetriebe, Energiewirtschaft
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Kostenteilung (für Inneres und Gesundheit zuständige Senatsverwaltungen), Trägereinrichtungen, ggf. Krankenkassen Mittelbedarf: voraussichtlich mittel
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Keine
Kommentare	Hoch prioritäre Maßnahme, da hohe Verwundbarkeit gegeben und sich Sachwerte, Leben/ Gesundheit und städtische Infrastrukturen dadurch besser schützen lassen; daher sehr gutes Nutzen-Kosten-Verhältnis in erweiterter Betrachtung

MGBS-5	SCHWERPUNKTPROGRAMM KLIMAAANPASSUNG (ALTEN-)PFLEGE			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Für stationäre Einrichtungen sind Pläne, Monitoring- und Kontrollroutinen zu entwickeln, um besonders anfällige Personen (Alter, Gesundheitszustand, Medikation) vor den Auswirkungen von Hitzespitzen (incl. ihrer Nachwirkungen) besser zu schützen. Dies umfasst bauliche/einrichtungsbezogene Maßnahmen ebenso wie organisatorische, medizinische und pflegerische Umstellungen. Für den Bereich der häuslichen Pflege sind ebenfalls Informationsgrundlagen und Handlungsleitlinien zu entwickeln, die zum Bestandteil der ambulanten Pflege werden sollen. Anpassungsthemen müssen in die Fortbildungsangebote für Pflegekräfte integriert werden. Für den bedeutenden Bereich der privaten häuslichen Pflege sind verständliche Informationsmaterialien mit einfachen Maßnahmenvorschlägen zu entwickeln und über geeignete Distributionskanäle (z.B. Ärzte, Apotheken, Stadtteilzentren, Quartiersmanagement) zu verbreiten.</p> <p>Dabei kann auf bestehende Arbeiten bzw. Initiativen zurückgegriffen werden, etwa die Hinweise „Gesundheitsrisiken bei Sommerhitze für ältere und pflegebedürftige Menschen, Hinweise für Pflegekräfte, Heimleitungen und Hausärzte“ die die damalige Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz 2007 in Anlehnung an das Sozialministerium Baden-Württemberg entwickelt hat. Im Sinne einer effektiveren Umsetzung ist eine Anpassung der Prüfrichtlinien vorzunehmen.</p> <p>Mittelfristig sollten die Leistungskomplexe zur Vereinbarung gem. § 89 SGB XI über die Vergütung ambulanter Pflegeleistungen angepasst werden (Vgl. https://www.berlin.de/sen/soziales/_assets/vertraege/pflegeeinrichtungen/ambulante-pflege/mdb-__bersicht_leistungskomplexe.pdf; Zu-</p>			

	griff: 12.03.2016.). Derzeit werden hier z.B. für den Leistungskomplex 10 (Beheizen der Wohnung) 120 Leistungspunkte vergeben. Eine entsprechende Punktevergabe für Vorsorge- und Abhilfemaßnahmen im Falle von Hitzeereignissen ist dagegen aktuell kein Leistungskomplex und damit auch nicht abrechnungsfähig. Auch die Prüfrichtlinien der Berliner Heimaufsicht müssen mittelfristig angepasst werden.
Wirkung	Durch bessere personelle Ausstattung der Pflegeeinrichtungen und verbesserten Kenntnisstand der Pflegekräfte und effektive organisationale Anpassungen können gesundheitsgefährdende und lebensbedrohliche Situationen durch Hitzeereignisse für Pflegebedürftige in deutlich höherem Maße vermieden werden.
Nebeneffekte	Verbesserte Personalausstattung der Pflegeeinrichtungen kommt dem allgemeinen Gesundheitszustand und Wohlbefinden der Pflegebedürftigen zugute.
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Bestandsaufnahme bestehender Defizite in der personellen/ organisationalen/ baulichen und medizinischen Ausstattung im Hinblick auf die Gefahren durch den Klimawandel - (Fort-) Entwicklung von Pflegeleitlinien - Fortbildung der Pflegekräfte im Hinblick auf die Gefahren durch den Klimawandel - Aufstockung der Personalausstattung der Pflegeeinrichtungen - Anpassung der Standards (Ergänzung der Prüfrichtlinien der Berliner Heimaufsicht, Ergänzung der Leistungskomplexe für die Vergütung ambulanter Pflegeleistungen) <p>Angesichts der Schäden für die menschliche Gesundheit sind die Maßnahmen kurzfristig zu ergreifen; sie sind mittel- bis langfristig, insbes. mit Blick auf den mittel- bis langfristigen demografischen Wandel in Berlin, anzupassen.</p>
Akteure	Land Berlin, LAGeSo, Pflegeeinrichtungen, Gesundheitsämter der Bezirke, Krankenkassen und Pflegeversicherungsträger, weitere Akteure im Gesundheitssystem (Arztpraxen, Apotheken)
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Aus Mitteln Krankenkassen und Pflegeversicherung; Investitionen der Träger von Pflegeeinrichtungen; Leitfaden-Update: für Gesundheit/ Soziales zuständige Senatsverwaltung Kostenintensive Maßnahme hinsichtl. Personal/ Investitionen; wenig kostenintensiv hinsichtlich Anpassung von Standards
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Keine
Kommentare	Wichtige Maßnahme, da damit hohe Schutzgüter geschützt werden können (Gesundheit und Leben), daher sehr gutes Nutzen-Kosten-Verhältnis in erweiterter Betrachtung. Literatur: <i>LAGeSo (2012): Prüfrichtlinien für die nach § 27 des Wohnteilhabegesetzes zuständige Aufsichtsbehörde (Berliner Heimaufsicht) zur Durchführung von Aufsichtsprüfungen in betreuten gemeinschaftlichen Wohnformen (Stand: 26. Juni 2012), Berlin.</i> <i>Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz (2007): Gesundheitsrisiken bei Sommerhitze für ältere und pflegebedürftige Menschen, Hinweise für Pflegekräfte, Heimleitungen und Hausärzte; in Anlehnung an Sozialministerium Baden-Württemberg; Berlin.</i>

MGBS-6	SCHWERPUNKTPROGRAMM KLIMAAANPASSUNG IM GESUNDHEITSSEKTOR			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Im Gesundheitssektor insgesamt (Krankenhäuser, niedergelassene Ärzte) besteht Aus- und Fortbildungsbedarf zur verbesserten Diagnose und Behandlung (neuer) klimawandelbedingter Gesundheitsgefährdungen und Krankheitsbilder (infektiöse wie nicht-infektiöse Krankheiten). In Anlehnung an die Erfahrungen des Projekts „Klimaanpassungsschule“ der Berliner Charité-Klinik (2012-2015), das Aus- und Weiterbildungsangebot für medizinische Pflegekräfte und Ärzte in Bezug auf Auswirkungen des Klimawandels vermittelt hatte, sollen entsprechende Module und Kurse entwickelt und angeboten werden.</p> <p>Einen weiteren Schwerpunkt der Klimaanpassung im Gesundheitssektor sollte der Ausbau klimangepasster Krankenzimmer nach Vorbild des „Klimazimmers“ der Berliner Charité bilden. Hierfür sind weitere Kliniken in Berlin auszuwählen, speziell in klimatisch besonders belasteten Stadtteilen.</p> <p>Langfristige Zielperspektive sollte das „klimaangepasste Krankenhaus“ sein, das von seiner medizinisch-pflegerischen wie baulichen Seite her den Anforderungen des Klimawandels gewachsen ist. Im Krankenhausneubau ist auf Aspekte wie Verschattung, bauliche sowie nicht-fossile technische Kühlung (z.B. Kapillarsysteme) zu achten.</p>			
Wirkung	<p>Durch eine Verbesserung des Kenntnisstandes von Ärzt/-innen und Krankenhauspersonal können Gesundheitsgefährdungen besser und frühzeitiger erkannt und Gesundheitsschäden und Todesfälle damit besser vermieden werden. Die Fallzahlen reduzieren sich deutlich.</p>			
Nebeneffekte	<p>Das Wissen über die mit dem Klimawandel verbundenen Gefahren für die Stadtbevölkerung verbreitet sich auch über die Fachkreise hinaus in die Stadtgesellschaft (Beschäftigte im Gesundheitssektor als Multiplikator/-innen).</p>			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Fachdiskussion der Erfahrungen im Projekt „Klimaanpassungsschule“ mit Klinikleitungen (medizinisch, organisatorisch) mit dem Ziel der Anpassung an die Gegebenheiten im Stadtgebiet (kurzfristig) - Ausbau der Fortbildungsangebote für Ärzt/-innen und Krankenhauspersonal zu den Folgen des Klimawandels bzw. der Wetterextreme und insbesondere von Hitzeereignissen auf verschiedene Krankheitsbilder (mittelfristig) - Erarbeitung von Leitlinien „klimaangepasstes Krankenhaus“ und Umsetzung auf baulicher, organisatorischer und medizinischer Ebene (langfristig) 			
Akteure	<p>Land Berlin (für Gesundheit zuständige Senatsverwaltung), Krankenhäuser, ärztliche Berufsverbände, medizinisch Fakultäten und Berufsausbildungsstätten für medizinische Berufe</p>			
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	<p>Fachdiskussion aus Mitteln der für Gesundheit zuständigen Senatsverwaltung Aus Mitteln der Träger der Krankenhäuser, medizinische Berufsverbände, Universitäten und Berufsausbildungsstätten Mittelbedarf für kurz- und mittelfristige Maßnahmen vergleichsweise gering, da als neuer Inhalt in bestehende Aus- und Fortbildungsprogramme zu integrieren; Mittelbedarf für Klimaanpassung Krankenhäuser mittel</p>			
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	<p>Keine</p>			
Kommentare	<p>Prioritäre Maßnahme, da damit hohe Schutzgüter geschützt werden können (Gesundheit und Leben), sehr gutes Nutzen-Kosten-Verhältnis</p>			

GBS-7	SICHERSTELLEN EINER AUSREICHENDEN TRINKVERSORGUNG			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Im öffentlichen Raum generell, aber auch in speziellen Kontexten – z.B. bei hitzebelasteten Großveranstaltungen im Freien (Sport, Kultur und Politik) - sollten vermehrt kostenlose Trinkwasserangebote (beispielsweise durch Trinkbrunnen) zur Verfügung gestellt werden.</p> <p>Schon seit 1985 betreiben die Berliner Wasserbetriebe (BWB) öffentliche, kostenfreie Trinkbrunnen („blaue Säulen“). Seit 2010 wird ein neu gestalteter Berliner Trinkbrunnen aus Aluminium im Stadtgebiet durch die BWB und die Gemeinschaftsinitiative <i>Service in the City</i> aufgestellt. Der Stückpreis beträgt ca. 6.000 € plus Aufstellkosten. Für 2016 sind vier neue Brunnen geplant, rd. 20 stehen schon in ganz Berlin (http://www.bwb.de/content/language1/html/7673.php). Eine Aufstellung in Foyers von Gebäuden ist ebenfalls möglich. Durch das „Spenden“ von gelaufenen Kilometern bei einer offiziellen Berliner Laufveranstaltung können derzeit Privatpersonen zur Aufstellung indirekt beitragen („Brunnen Run“).</p> <p>Maßnahme MGBS-7 schlägt vor, die Anzahl der aufgestellten Brunnen pro Jahr deutlich zu steigern. Im öffentlichen Raum sollten mittelfristig (2025) rd. 100 Trinkbrunnen – vor allem in den Verdichtungszonen und an ausgewählten Laufwegen – aufgestellt werden (erste Näherung). Bei der aktuellen Aufstellrate von vier Brunnen pro Jahr würde diese Anzahl erst im Jahr 2035 erreicht. Um die 100 Stadtbrunnen schon 2025 zu haben, sind pro Jahr acht neue vonnöten (Verdopplung der aktuellen Aufstellrate). Außerdem wird vorgeschlagen, zusätzlich Trinkbrunnen in Berliner Schulen zu bringen. Unter den derzeit rd. 800 Schulen im Stadtgebiet ist dabei eine Auswahl zu treffen, die die Lage im Stadtgebiet (evtl. auch: Nähe eines öffentlichen Brunnens), die wasserwirtschaftliche Eignung des Standorts berücksichtigt.</p> <p>Der zusätzliche Finanzbedarf kann durch Ausweitung der aktuellen Kampagne „Brunnen Run“, aber auch durch Sponsoring erfolgen. BWB und <i>Service in the City</i> müssen hierfür Konzepte entwickeln und sollten dafür Sorge tragen, dass auch privat gesponserte Brunnen gestalterisch als Berliner Trinkbrunnen sichtbar und erhalten bleiben. Schulen, Eltern und die Schulverwaltung können als Sponsoren der Schultrinkbrunnen fungieren.</p>			
Wirkung	<p>Durch den Ausbau kostenloser Trinkwasserangebote im öffentlichen Raum wird mangelnder Wasseraufnahme in Hitzesituationen besser vorgebeugt.</p>			
Nebeneffekte	<p>Werbung für die hervorragende Qualität des Berliner Trinkwassers aus dem Netz der öffentlichen Wasserversorgung kann den Konsum von ressourcenintensiv bereitzustellenden Mineralwässern eindämmen. Dadurch Vermeidung von Plastikmüll im Stadtraum, Verminderung des Ressourceneinsatzes bei Herstellung und Transport von Mineralwasserflaschen. „Für einen Liter ungekühltes Mineralwasser werden 211 Gramm CO₂ ausgestoßen. Für einen Liter ungekühltes Berliner Trinkwasser aus der Leitung nur 0,35 Gramm. Würde jeder Hauptstädter Leitungswasser statt Flaschenwasser trinken, ließe sich der jährliche Ausstoß von rund 100.000 Tonnen CO₂ vermeiden.“ (http://www.bwb.de/content/language1/html/12389.php). Erfahrungen aus der Versorgung im öffentlichen Stadtraum könnten so auch private Wasserkonsumgewohnheiten im häuslichen Bereich verändern in Richtung einer Aufwertung des Leitungswasserkonsums.</p> <p>Eine Studie des Dortmunder <i>Forschungsinstituts für Kinderernährung</i> (FKE) zeigt, dass Grundschüler/-innen seltener übergewichtig werden, wenn in der Schule ein Wasserspender vorhanden ist und das Lehrpersonal regelmäßiges Wassertrinken fördert (Muckelbauer et al. 2009).</p>			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Bestandsaufnahme von hoch frequentierten Gebieten im Stadtraum mit in der Vergangenheit überdurchschnittlich häufig aufgetretenen Fällen von Dehydrierung und/oder Kreislaufproblemen durch Hitze - Erfassung weiterer potenzieller Standorte für öffentliche Trinkwasserbrunnen (z.B. Schulen, Spielplätze, Sportanlagen, Parks, hoch frequentierte öffentliche Plätze) und Erfassung weiterer potenzieller Standorte auf Flächen und in Gebäuden in Privateigentum mit öffentlichem Publikumsverkehr (z.B. Kaufhäuser, Konzertspielstätten, Clubs) 			

	<ul style="list-style-type: none"> - Investition in öffentlich zugängliche Trinkwasserbrunnen und mobile Angebote von Trinkwasser bei Veranstaltungen - Entwicklung neuer Sponsoringmodelle - Kurz- bis mittelfristig (2025)
Akteure	Berliner Wasserbetriebe (BWB), <i>Service in the City</i> , Bezirksverwaltungen, Land Berlin (Gesundheitsverwaltung), Sportvereine, Schulen, Kaufhäuser, Konzertveranstalter, Clubbetreiber
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Aus Mitteln der Berliner Wasserbetriebe, der Gesundheitsförderung, private Sponsoringmittel Mittelbedarf vergleichsweise gering
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Leichte Synergien, da Verminderung des Energie- und Ressourceneinsatzes für die Herstellung und den Transport von Mineralwasserflaschen
Kommentare	<p>Nutzenstiftende Maßnahme, da damit hohe Schutzgüter geschützt werden können (Gesundheit und Leben), gutes Nutzen-Kosten-Verhältnis aus Sicht der Stadtgesellschaft. Privatwirtschaftlich (für Wasserbetriebe und Gewerbetreibende) nicht lohnend, daher besteht voraussichtlich Förderbedarf durch öffentlich Budgets.</p> <p>Literatur: <i>Muckelbauer, R. et al. (2009): Long-term process evaluation of a school-based program for overweight prevention. Child: Health, Care and Development 35(6): 851-857.</i></p>

MGBS-8	ANPASSUNG/ VERBESSERUNG DES ARBEITSSCHUTZES			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Viele Arbeitsplätze in Berlin befinden sich in nicht-klimatisierten Räumen. Die Arbeitsstättenverordnung fordert, dass in Arbeitsräumen während der Arbeitszeit eine „gesundheitlich zuträgliche Raumtemperatur“ bestehen muss. Ebenso wird ein wirksamer Schutz gegen übermäßige Sonneneinstrahlung gefordert. Auch ohne technische Raumklimatisierung können an solchen Arbeitsplätzen Maßnahmen ergriffen werden, die die gesundheits- und produktivitätshemmende Wirkung hoher Außentemperaturen auf die Beschäftigten am Arbeitsplatz deutlich mindern können (BUCHIN et al. 2015). Dazu gehören u.a. Lockerung von Kleiderordnungen, die Bereitstellung von Getränken, das morgendliche Durchlüften oder die Kühlung von Körperteilen (vgl. auch die Empfehlungen in BAUA 2012). Individuelle Kühlgeräte (Ventilatoren, Mono-Kühlgeräte) werden bereits heute – häufig von Mitarbeiter/-innen selbst – angeschafft, steigern aber die Energiekosten und gefährden bei konventioneller Stromversorgung das Klimaneutralitätsziel.</p> <p>Verschattung, Lüftung oder Kühlung von Arbeitsräumen müssen gewährleistet werden, um Gesundheitsrisiken und Leistungsabfall zu vermeiden. Bei Außenarbeiten ist Beschattung oder Schutzkleidung bereitzustellen. Aufklärung von Arbeitgeber/-innen und Arbeitnehmer/-innen über die Gefahren von erhöhten UV- und Ozonbelastungen sind erforderlich. Gegebenenfalls sollten auch arbeitsrechtliche Vorgaben zum Schutz von Beschäftigten im Außenbereich verschärft werden.</p>			
Wirkung	Durch Senkung der körperlichen und gesundheitlichen Belastung durch Hitze am Arbeitsplatz wird die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Beschäftigten besser erhalten. Die Arbeitsproduktivität wird damit auch im Fall von Hitzeereignissen weniger stark vermindert als ohne Anpassungsmaßnahmen.			

Nebeneffekte	Positive Produktivitätseffekte. Häufig auch Potenziale zur Energieeinsparung im Gebäudebereich.
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Bestandsaufnahme der Belastungssituation am Arbeitsplatz für verschiedene Berufsfelder und individuellen Gebäudesituationen (kurzfristig) - Aufklärung und Fortbildungsmaßnahmen zur Sensibilisierung gegenüber den Gesundheitsgefahren und Leistungsbeeinträchtigungen durch Hitze (kurzfristig/ mittelfristig) - Investition in zusätzlichen Sonnen- und Wärmeschutz; Verbesserung des Hitzeschutzes im Zuge von Modernisierungs- oder Instandhaltungsmaßnahmen an den Gebäuden (mittelfristig) - Integration von Klimaanpassungswissen in rechtliche Regelungen zum Arbeitsschutz, in Berufsausbildung und Fortbildungen (mittel-/ langfristig)
Akteure	IHK, Arbeitgeberverbände, Gewerkschaften, Berufsgenossenschaften, Universitäten und Berufsausbildungseinrichtungen, Geschäftsführungen und Gebäudemanagement in den einzelnen Betrieben; Land Berlin (für Gesundheit zuständige Senatsverwaltung) als initiiierende Verwaltung (Anregung Bestandsaufnahme; Partner hierfür: IHK).
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Aus Mitteln der Arbeitgeber Mittelbedarf kurz- und mittelfristig gering, auch privatwirtschaftlich lohnend, da Produktivität erhalten bzw. erhöht
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Synergien mit dem Klimaschutz, da technische (strombasierte) Klimatisierung dadurch in vielen Fällen zu vermeiden ist.
Kommentare	<p>Wichtige und auch privatwirtschaftlich lohnende Maßnahme, da damit neben den Schutzgütern Gesundheit und Leben auch die Arbeitsproduktivität erhöht und die Kosten des Energieeinsatzes für Klimatisierung im Sommer und Wärme im Winter reduziert werden können.</p> <p>Diese grundlegenden Anforderungen werden in der Technischen Regel für Arbeitsstätten – Raumtemperatur konkretisiert (http://www.baua.de/cae/servlet/contentblob/1108456/publicationFile/89166/ASR-A3-5.pdf). Dort ist festgehalten, dass die Lufttemperatur in Arbeits- und Sozialräumen 26 °C nicht überschreiten soll. Dabei handelt es sich allerdings nicht um eine Bauvorschrift, sondern um Hinweise zum Arbeitsschutz an die Arbeitgeber. Ein Recht auf „hitzefrei“ für die Beschäftigten gibt es nicht. Nach § 4 Arbeitsschutzgesetz ist der Arbeitgeber allerdings verpflichtet, die Arbeit so zu gestalten, dass eine Gefährdung für Leben und Gesundheit möglichst vermieden wird und verbleibende Gefährdungen gering gehalten werden. Ab einer Raumtemperatur von 35 °C ist ein Raum nicht mehr als Arbeitsstätte geeignet. Im Neubaubereich regelt die EnEV 2014 den sommerlichen Mindestwärmeschutz für Nichtwohngebäude (§ 4, Absatz 4) und verweist für das Nachweisverfahren auf DIN 4108-2 (Februar 2013), das ein vereinfachtes (Sonneneintragskennwerte) und ein aufwendigeres Verfahren (thermische Gebäudesimulation) vorsieht. Letzteres hat allerdings den Vorteil, dass der Nachweis mit wesentlich geringerem baulichen oder Lüftungstechnischen Aufwand erbracht werden kann (KARWATZKI/ NIKOLOVA 2016).</p> <p>Literatur:</p> <p>BAuA (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin) (2012): Sommerhitze im Büro. Hinweise und Tipps für die heißen Tage. Dortmund: BAuA. http://www.baua.de/de/Publikationen/Faltblaetter/F14.pdf?__blob=publicationFile&v=11. Zugriff: 1.3.2015.</p> <p>Buchin, O. et al. (2015): Evaluation of the health-risk reduction potential of countermeasures to urban heat islands. <i>Energy and Buildings</i> 114: 27–37.</p> <p>Karwatzki, J., Nikolova, M. (2016): Mehr als nur Wärmeschutz. <i>GEB: Fachzeitschrift für Gebäudeenergieberater</i> 03/2016: 32-37.</p>

MGBS-9	FLEXIBILISIERUNG VON ARBEITS- UND ÖFFNUNGSZEITEN			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Durch Flexibilisierung und Verlagerung der Arbeitszeiten über den Tag und möglicherweise auch über Jahresarbeitszeitkonten bestände die Möglichkeit, Arbeitszeiten in Extremhitzesituationen zu reduzieren und in kühleren Perioden wieder aufzuholen. Öffnungszeiten von Geschäften sollten angepasst und bei Bauarbeiten unter freiem Himmel gegebenenfalls längere Mittagspausen bzw. Früh- und Spätschichten eingeführt werden.</p> <p>Das Berliner Ladenöffnungsgesetz von 2010 erlaubt die Öffnung von Verkaufsstellen an Werktagen von 0:00 bis 24:00 Uhr. Das Arbeitszeitgesetz (ArbZG) räumt Tarifverträgen und Betriebsvereinbarungen große Gestaltungsmöglichkeiten ein; ohnehin gehört das Arbeitszeitrecht zum Arbeitsschutzrecht und zielt primär auf den Schutz der Gesundheit der Arbeitnehmer/-innen (SCHUBERT/ JERCHEL 2011). Von daher können Einzelunternehmen und Tarifparteien eine klimawandelangepasste Flexibilisierung von Arbeits- und Öffnungszeiten in völliger Übereinstimmung mit dem Gesetzeszweck vornehmen. Die Interessen und Belange der Arbeitnehmer/-innen sind dabei ebenso zu beachten wie die der Arbeitgeberseite. Erfahrungsgemäß sind derlei Änderungen nicht von heute auf morgen zu erreichen, zumal auch die Netzwerkeffekte beachtet werden müssen: öffnen alle etwas früher/ schließen etwas später? Wie steht es mit den Öffnungszeiten von Schulen und Kitas, von Behörden etc.?</p>			
Wirkung	<p>Durch angepasste Öffnungszeiten können Gesundheitsgefährdungen für die Kunden reduziert werden. Durch flexiblere Arbeitszeiten (auch Jahresarbeitskonten) kann die Leistungsfähigkeit der Beschäftigten erhöht und ihre Gefährdung reduziert werden. Durch ist mit einer Verringerung der Krankheits- und Todesfälle sowie mit einer Stabilisierung der Arbeitsproduktivität zu rechnen.</p>			
Nebeneffekte	<p>Verlagerung von Geschäftszeiten weiter in den Abend hinein könnte die Phase der hohen Verkehrsbelastung durch den motorisierten Individualverkehr sowie der Lärmbelästigung von Anwohnern durch Autoverkehr und Gastronomie im Straßenraum verlängern.</p>			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Sondierungsphase: Prüfung der Rechtslage, der Änderungsmöglichkeiten, Klärung des Handlungsbedarfs (Umfragen) - Testphase: Modellvorhaben zur Verlängerung und Flexibilisierung von Öffnungszeiten (branchenspezifisch, nach Quartieren) - Umsetzungsphase durch Tarifparteien berlinweit - Ggf. Beteiligungsverfahren zum Interessenausgleich zwischen Gewerbetreibenden und Anwohnern - Sondierungsphase: kurzfristig; Testphase: mittelfristig; Umsetzungsphase: langfristig 			
Akteure	<p>Gewerbetreibende, Gewerkschaften, Anwohner, Land Berlin (für Wirtschaft zuständige Senatsverwaltung), Landesamt für Arbeitsschutz, Gesundheitsschutz und technische Sicherheit (LA-GetSi), IHK, Bezirke</p>			
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	<p>Mittelbedarf vergleichsweise gering, da sich hierbei weniger um Investitionen als um eine Veränderung der Rahmensetzung geht.</p>			
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	<p>Synergien, da Last- und Verkehrsspitzen geglättet werden können.</p> <p>Literatur: <i>Schubert, J.M., Jerchel, K. (2011): Handlungsspielräume für Tarifparteien und Interessenvertretungen bei der Arbeitszeitgestaltung. WSI-Mitteilungen 2 2011: 76-82.</i></p>			

MGBS-10	HITZEANGEPASSTE SPEISE- UND GETRÄNKEANGEBOTE IN KANTINEN UND GASTSTÄTTEN			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Die Gefahr, dass bei hohen Temperaturen und Nichteinhaltung der Kühlkette und Lebensmittelhygiene gesundheitsgefährdende Keime Nahrungsmittel kontaminieren, ist hoch. Neben entsprechender Kühlung und Einhaltung der Hygienevorschriften sollten Auswahl und Zubereitung der Speisen (Garzeiten) beachtet werden. Dies gilt es, auch im privaten Bereich (z.B. bei Grillfesten) durch entsprechende Aufklärung möglichst sicherzustellen. Schwere, sehr fetthaltige Speisen belasten den Körper bei Hitze. Daher sollte auf ein temperaturadäquates Angebot leichter verdaulicher Speisen geachtet werden.</p> <p>Die Maßnahme hat eine informatorische und eine regelungsbezogene Komponente. Letztere betrifft die Erweiterung bzw. Fokussierung der amtlichen Lebensmittelüberwachung, die im Land Berlin der Veterinär- und Lebensmittelaufsicht der Bezirke obliegt und von der Senatsverwaltung für Justiz und Verbraucherschutz als oberster Landesbehörde koordiniert wird. Im Jahr 2014 wurden etwa 21.243 Betriebe bei rd. 40.000 Besuchen kontrolliert (Gesamtzahl der Betriebe: 53.064; Kontrolldichte: 40%), und es wurden 6.462 Betriebe mit Verstößen (Betriebshygiene, Hygienemanagement, Kennzeichnung/ Aufmachung) festgestellt (Beanstandungsquote: 30%) (SenJuV 2015). Es ist davon auszugehen, dass derlei Beanstandungen im Zuge des Klimawandels zunehmen, weshalb der in Berlin gewählte „risikoorientierte Ansatz“ (Betriebe mit Beanstandungen und/oder hohem Prozess- und/oder Produktrisiko werden häufiger kontrolliert, anlassbezogene Betriebskontrollen aufgrund von Verbraucherbeschwerden) sinnvoll ist und auch im Zeichen des Klimawandels fortgesetzt werden sollte.</p> <p>Die informatorische Komponente der Maßnahme zielt darauf ab, der allgemeinen Bevölkerung den Vorteilhaftigkeit (im Übrigen auch: Kostenersparnis) einer an Hitzeperioden angepassten leichteren Ernährung deutlich zu machen. Außerdem sollen die Gaststätten und Kantinen dazu angeregt werden, entsprechende Speise- und Getränkeangebote zu machen.</p>			
Wirkung	<p>Strikte Einhaltung von Kühlketten kann Gesundheitsgefährdungen auch in Hitzeperioden reduzieren. Ein temperaturadäquates Speiseangebot kann die Gefahr von Kreislaufproblemen reduzieren.</p>			
Nebeneffekte	<p>Allgemein positive Gesundheitswirkungen einer leichten Ernährungsweise.</p>			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Intensivierung der Information und gezielte Kontrolle von Kühlketten im Lebensmittel- und Gastronomiebereich - Öffentlichkeitsarbeit zur Aufklärung zur Gesundheitsgefährdung durch Unterbrechung der Kühlkette im privaten Bereich (Einkäufe, Grillpartys) - Kampagne „Berlin isst klimaangepasst“ (o.ä.) (evtl. kombinieren mit BEK-Maßnahmen im Handlungsfeld Private Haushalte/ Konsum) - Runder Tisch „Klimaanpassung im Gastronomiebereich“ - Kurz- bis mittelfristig 			
Akteure	<p>Für die regulatorische Komponente: Land Berlin (für Verbraucherschutz zuständige Senatsverwaltung), Bezirksamter, Verbraucherschutzorganisationen, Handelsverband Berlin-Brandenburg (HBB)</p> <p>Für die informatische Komponente: SenGesSoz, Gesundheitsämter der Bezirke, Hotel- und Gaststättenverband, Verein der Köche Deutschlands (VDK), Landesverband Berlin-Brandenburg, Visit Berlin.</p>			
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglich-	<p>Aus privaten Mitteln der Gewerbetreibenden; Runder Tisch und Kampagne: Ko-Finanzierung Wirtschaft, Land Berlin.</p> <p>Mittelbedarf vergleichsweise gering, bei Kleinbetrieben (z.B. Imbissständen) möglicherweise nicht</p>			

keiten)	unerheblich
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Leichtere Speisen und geringerer Anteil von gekochten Gerichten vermindert die direkte und indirekte Energiebilanz des Essens/ Konsums.
Kommentare	Literatur: SenJuV (Senatsverwaltung für Justiz und Verbraucherschutz) (2015): Ergebnisse der im Land Berlin durchgeführten Kontrollen in der amtlichen Lebensmittelüberwachung. Zu finden unter: https://www.berlin.de/sen/verbraucherschutz/aufgaben/gesundheitlicher-verbraucherschutz/ueberwachung-von-lebensmitteln-und-produkten/ ; Zugriff: 22.02.2016.

MGBS-11	ERFASSUNG UND BEWERTUNG KLIMABEDINGTER GESUNDHEITSRSIKEN (ALLERGIEN, ZECKEN, VEKTOREN ETC.)			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmen- beschreibung	<p>Die Komplexität des Zusammenwirkens von Umweltfaktoren wie dem Klimawandel biologischen Prozessen und menschlichem Verhalten erfordert vermehrte Forschung und Aufklärung. Speziell hinsichtlich der Auswirkungen des Klimawandels auf die Entwicklung von Allergien in der Bevölkerung besteht hoher Forschungsbedarf. Es ist zu prüfen, in welcher Form die gewonnenen Informationen bestmöglich in der Bevölkerung verbreitet werden können und welche Präventivmaßnahmen zu ergreifen sind.</p> <p>Die Vielzahl der Projektergebnisse von Projekten wie UCAHS zeigen, dass gezielte Forschung zu den Zusammenhängen von Klimawandel und menschlicher Gesundheit verwertbare Ergebnisse bringt und die zukünftige (Fort-) Entwicklung von Maßnahmen nachhaltig und kompetent unterstützt.</p>			
Wirkung	Verbessertes Wissen (etwa über neue vektorübertragene Krankheiten) ist wichtig, um das Berliner Gesundheitssystem frühzeitig auf diese neuen Gefährdungen vorzubereiten. Durch angepasstes Verhalten und korrekte Diagnosen kann Krankheitsfällen und möglicherweise ungünstigen Verläufen vorgebeugt werden. Bereitstellung einer mitwachsenden Wissensbasis für die zukünftige Klimaanpassungspolitik.			
Nebeneffekte	Allgemeines Bewusstsein für die Folgen des Klimawandels kann im Zuge der Aufklärung über klimabedingte Gesundheitsrisiken verbreitert werden. Stärkung des Gesundheitsstandorts Berlin.			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Forschung zur klimabedingten Verschiebung der Lebensräume bzw. Verbreitungsgebiete potenziell krankheitstragender Vektoren - Aufklärung und Fortbildung von Ärzt/-innen und Apotheker/-innen über für die Region Berlin neuartige Krankheitsbilder, um Fehldiagnosen und –medikamentierungen zu vermeiden - Vernetzung und Austausch mit Forschergruppen und Medizinern in Deutschland und international - Öffentlichkeitsarbeit zur Aufklärung über neuartige Gesundheitsgefährdungen durch vektorübertragene Krankheiten - Mittel- bis langfristig 			
Akteure	Land Berlin (Gesundheitsverwaltung), Universitäten, Kliniken, Berufsverbände der Ärzt/-innen und Apotheker/-innen, pharmazeutische Industrie, gegebenenfalls Umwelt- und Grünflächenämter			

Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Aus Mitteln zur Gesundheitsförderung, eventuell Beitrag der Krankenkassen, öffentliche Forschungsmittel (auch Bundesmittel) Mittelbedarf für Aufklärung vergleichsweise gering, Forschungsbedarf nicht unerheblich, finanzierbar über öffentliche Fördermittel
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Keine
Kommentare	Mittel- bis langfristige wirksame, wichtige Maßnahme, da damit hohe Schutzgüter geschützt werden können (Gesundheit und Leben). Literatur: GALK Berlin (Berliner Gartenamtsleiterkonferenz) (2011): Berliner Standards für die Pflanzung und die anschließende Pflege von Straßenbäumen. Vgl. online: http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/stadtgruen/stadtbaeume/downloads/Standards_Pflanzung_GALK-Berlin-2011.pdf ; Zugriff: 22.11.2015.

MGBS-12	BERÜCKSICHTIGUNG VON ALLERGIEFOLGEN BEI DER LANDSCHAFTSPLANUNG			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Der Klimawandel führt zu Veränderungen der Pollenexposition der Bevölkerung. Besonders betroffen sind davon unter anderem Pollenallergiker/-innen, die auf Haselnuss, Erle und Birke reagieren, denn diese Bäume blühen früher im Jahr und produzieren Pollen in tendenziell höheren Konzentrationen. Dieser Trend kann sich durch die Neuanpflanzung allergener Baum- und Straucharten verstärken (BERGMANN/ STRAFF 2015). Um einer weiteren Zunahme an Baumpollenallergien entgegenzuwirken, sollte im öffentlichen Raum auf Neupflanzungen von Baum- und Pflanzenarten mit allergenem Potenzial verzichtet werden – eine Ansicht, die auch der ARBEITSKREIS STADTBÄUME (2009) der deutschen Gartenamtsleiterkonferenz unterstützt.</p> <p>Entlang des Berliner Stadtstraßennetzes von rund 5.000 km stehen rd. 435.000 Bäume, im Schnitt etwa 80 Bäume pro Straßenkilometer. Die durchschnittliche Lebensdauer eines Straßenbaums beträgt 60 Jahre, Neupflanzungen finden ständig statt. Die <i>Berliner Standards für die Pflanzung und anschließende Pflege von Straßenbäumen</i> unterstreichen zwar, dass „bei der Auswahl von Baumarten dem fortschreitenden Klimawandel Rechnung zu tragen“ ist (GALK BERLIN 2011: 7), erwähnen aber die Allergieproblematik nicht.</p> <p>Es ist zu prüfen, ob und wie Pflanzen mit hohem Allergiepotezial im öffentlichen wie privaten Bereich reduziert oder vermieden werden können. Dazu bestehen bereits Informationen (BERGMANN/ STRAFF 2015). Die <i>Berliner Standards</i> sind entsprechend zu modifizieren, wobei auf rechtliche Vorgaben zu invasiven Arten (EU-Verordnung Nr. 1143/2014, BNatSchG) zu achten ist. Auch im Rahmen der begrüßenswerten Aktion <i>Stadtbäume für Berlin</i> (http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/stadtgruen/stadtbaeume/kampagne/de/karte/index.shtml) enthalten die Baumlisten noch vielfach Arten mit hohem Allergiepotezial (z.B. Birken, Baumhasel, Platanen, Eschen). Das Berliner Baumkataster als Teil des Grünflächeninformationssystems bietet eine sehr gute Grundlage für eine räumliche Planung (SENSTADTUM 2015).</p> <p>Der Klimawandel begünstigt die Ausbreitung der besonders allergenen Ambrosia-Pflanze. Das <i>Berliner Aktionsprogramm gegen Ambrosia</i> (www.ambrosia.met-fu-berlin.de) verfolgt bei der Lokalisierung (<i>Ambrosia-Atlas</i>), Bekämpfung und Bewusstseinsbildung einen breiten und innovativen Ansatz, der durch mehr öffentliche Mittel gestärkt werden sollte.</p> <p>Das Land Berlin sollte zudem rechtlich prüfen lassen, ob die Beseitigung von Ambrosia-Pflanzen auf privaten Grundstücken den Grundstückseignern – etwa im Sinne der Verkehrssicherungspflicht gemäß § 823 BGB - eine Beseitigungspflicht (auch durch Dritte) auferlegt werden kann.</p> <p>Ein Ausbreitungsweg der Ambrosia-Pflanze ist der Transport von Erdaushub. Im Zuge von Baumaßnahmen in der wachsenden Stadt wird dieser Weg auch in Zukunft wichtig bleiben. Die Bauindustrie</p>			

	ist für diese Problematik und ihre Verantwortung dabei zu sensibilisieren, und es sollte nach praktikablen und kostengünstigen Lösungen dafür gesucht werden.
Wirkung	Durch frühzeitiges Erkennen und Bekämpfen der Ausbreitung von Pflanzen mit hohem Allergiepotezial können die Gesundheitsgefahren für die Bevölkerung reduziert werden.
Nebeneffekte	Allgemein Wahrnehmung der negativen Folgen des Klimawandels wird gesteigert. Die Übernahme von Verantwortung für Grünflächen im Stadtgebiet wird gestärkt.
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Wissensstand zum Gefährdungspotenzial bestimmter Pflanzenarten muss gestärkt werden – bei Grünflächenämtern, Bürgern und Unternehmen mit Grün- und Brachflächen auf dem Firmengelände (kurz-/ mittelfristig) - Negativlisten für die Verwendung bestimmter Pflanzenarten sollten für Grünflächenämter erstellt, aber auch öffentlich gemacht werden, um dieses Wissen bei allen Bürgern zu stärken, die mit der Anlage und Pflege von Grünflächen befasst oder dafür verantwortlich sind (kurzfristig) - Aufnahme des Kriteriums Allergieminderung in <i>Berliner Standards</i> für Baumpflanzung und -pflege sowie in die Aktion <i>Stadtbäume für Berlin</i> (kurzfristig) - Öffentlichkeitsarbeit zur Aufklärung über gesundheitsgefährdende Pflanzenarten (kurz- / mittelfristig) - Verstärkte öffentliche Förderung des <i>Berliner Aktionsprogramms gegen Ambrosia</i> (kurzfristig) - Runder Tisch „Stop Ambrosia“ mit der Baubranche (kurzfristig)
Akteure	Land Berlin (Gesundheits- und Umweltverwaltungen), Grünflächenämter der Bezirke, Umweltämter, Bausektor, Wissenschaft, Umweltverbände, Bezirke, Schulen
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Aus Mitteln zur gesundheitlichen Aufklärung, der Grünflächenpflege (ggf. aufstocken)
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Keine
Kommentare	<p>Präventive Maßnahme, die dabei hilft, zukünftige Gesundheitskosten zu vermeiden.</p> <p>Literatur:</p> <p><i>Arbeitskreis Stadtbäume (2008): Grün zur Senkung von Pollenallergien. Positionspapier des GALK-AK ‚Stadtbäume‘. In: Stadt und Grün 10: 42–45; http://www.galk.de/projekte/akstb_allergie.htm. Zugriff: 14.10.2015.</i></p> <p><i>Bergmann, K.-C., Straff, W. (2015): Klimawandel und Pollenallergie: Wie können Städte und Kommunen allergene Pflanzen im öffentlichen Raum reduzieren? UMID Informationsdienst 2/ 2015: 4-13.</i></p> <p><i>SenStadtUm (2015): Grünflächeninformationssystem Berlin. Übersicht GRIS-Komponenten. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/stadtgruen/gris/downloads/module_gris_berlin_neu.pdf; Zugriff: 22.01.2016.</i></p>

10.1.2 Gebäude, Stadtentwicklung, Grün- und Freiflächen

GSGF-I	SICHERUNG DER KLIMATISCHEN ENTLASTUNGSRÄUME MIT STADTWEITER BEDEUTUNG			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Großräumige, gut wasserversorgte und durch flache Vegetation geprägte Freiflächen wie Wiesen, Felder, Kleingartenanlagen und Parklandschaften sind Quellen für Kalt- und Frischluft und sollen hinsichtlich ihrer Entlastungsfunktion für die innerstädtischen aufgewärmten Stadtgebiete gesichert werden. Folgende Maßnahmen sind dabei von Bedeutung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Beschränkung der Bebauung und Versiegelung, - Im Falle von Flächenverlusten: Optimierung von Landschaftsräumen durch Erhöhung des Wasseranteils in der Landschaft, Anreicherung des Grünvolumens, Pflanzung von Gehölzen, Waldumbau von Kiefernreinbestand zum Mischwald usw., - Freihaltung von Frischluftschneisen, Vermeidung und Rückbau von Barrieren , - Bessere Vernetzung bestehender Gebiete; Sicherung und Entwicklung von kleinteiligen Luftleitbahnen zwischen den übergeordneten Frischluftschneisen und den dichten Siedlungsgebieten, - Transparente, offene Gestaltung der Ränder der Kaltluftentstehungsgebiete, so dass ein Austausch stattfinden kann. 			
Wirkung	Die hoch verdichteten, klimatisch belasteten Stadtgebiete werden entlastet. Bei Sicherung der Luftaustauschprozesse kann die dichte Stadt anteilig von Belastungen entkoppelt werden.			
Nebeneffekte	Das Landschaftsbild und die Erholungsfunktion der Landschaft werden verbessert. Die Biodiversität wird erhöht, die Resilienz der Landschaft (z.B. Stabilität der Wälder) wird gesteigert.			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Sicherung der großräumigen Entlastungsräume und Frischluftschneisen im Rahmen übergeordneter Planungen (Flächennutzungsplan, Landschaftsprogramm, Stadtentwicklungsplanung, bezirkliche Landschaftspläne) - Förderung von Maßnahmen des Waldumbaus (Forsteinrichtung), der Gehölzanreicherung in der Landschaft - Entwicklung von Konzept zur Schaffung von feuchten Landschaften - Sicherung und Optimierung der Luftaustauschprozess auf der lokalen Ebene im Rahmen der Bauleitplanung und Grünflächenpflege - Kurzfristige Sicherung und langfristige Umsetzung 			
Akteure	<ul style="list-style-type: none"> - Land Berlin (Stadtentwicklung: FNP, LAPRO, Stadtentwicklungsplanung) - Bezirksämter (B-Pläne, Landschaftspläne, Grünflächenpflege) - Berliner Forsten 			
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	In Abhängigkeit des Maßnahmenumfangs: Erhalt der Ausgleichsräume und Frischluftschneisen ohne Kosten; aktive Entwicklung (Rückbau von Barrieren, aktive Gestaltung der Kühlräume wie Waldumbau, Anlage von Wetlands, Fluranreicherung) abhängig vom Maßnahmenumfang			
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	<p>Synergien: Durch Förderung von mehr Wasser in der Landschaft, Waldumbau, kann ein positiver Beitrag zur Speicherung von CO₂ in Boden und Pflanzenmasse erreicht werden;</p> <p>Konflikte: Begrenzung potenzieller neuer Bauflächen in der wachsenden Stadt</p>			

Kommentare	<p>Die Planungshinweiskarte Stadtklima 2015 gibt Hinweise zur aktuellen Flächenkulisse für diese Maßnahme (vgl. GEO-NET 2015: 93-96).</p> <p>Literatur:</p> <p>GEO-NET (GEO-NET Umweltconsulting GmbH) (2015): Planungshinweiskarte Stadtklima 2015. Begleitdokument zur Online-Version. Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/download/Planungshinweise_StadtklimaBerlin_2015.pdf; Zugriff: 10.01.2016.</p>
-------------------	--

GSGF-2	SCHAFUNG VON FÜR DEN KLIMAWANDEL QUALIFIZIERTER ÖFFENTLICHER GRÜN- UND FREIFLÄCHEN SOWIE STRAßENRÄUME UND PLÄTZE – WOHLFÜHLORTE			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Klimatisch qualifizierte Grünflächen (insbesondere Parks, Spielplätze) sind eine zentrale Stellenschraube der klimaangepassten Stadt. Sie können kühlend auf die umgebende Stadtstruktur wirken und Rückzugsorte aus der <i>Urban Heat Island</i> sein. Maßnahmen zur Neuschaffung dieser Grünflächen sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Klimatisch optimal ist die Entwicklung eines Netzes an Grünflächen von einer Mindestgröße von 1 bis 2 ha in einem Abstand von 400 m bis 600 m (Kühlwirkung einer Grünfläche bis zu ca. 300 m Reichweite). Dieses generelle langfristige Ziel der Klimaanpassung ist in seinen genauen Dimensionierungen ortsbezogen zu überprüfen. - In hoch verdichteten Stadtquartieren ist die Sicherung und Anlage von kleinen grünen ‚Wohlfühlräumen‘ (Pocketparks, Spannungsräumen) auch als Beitrag zur Steigerung der Aufenthaltsqualität des öffentlichen Raums sowie zu Umweltgerechtigkeit zu sehen - Schaffung von zusätzlichen Schattenbereichen auf Stadtplätzen, Parkplätzen, Spielplätzen, Sportflächen als Rückzugsraum - im Rahmen von Neuplanungen und Sanierungsmaßnahmen - Entsiegelung und Begrünung von Gleistrassen - Sicherung des Straßenbaumbestandes und Pflanzung von Straßenbäumen bei Neubaumaßnahmen im Straßenraum - Schaffung von Rückhalteflächen (Temporäre Überstauung) zur Minderung der Risiken der urbanen Überflutung 			
Wirkung	Eine feinkörnige klimaorientierte Durchgrünung, besonders der stark belasteten Bereiche der Innenstadt, sorgt für klimatischen Ausgleich und gute Erreichbarkeit von bioklimatischen Erholungsräumen.			
Nebeneffekte	Klimatisch qualifizierte Grünflächen haben umfassende Nebeneffekte. Eine gekühlte Stadt leistet Beitrag zur menschlichen Gesundheit, wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit, der Erhöhung der Lebensqualität in der Stadt und Attraktivität für ihre Besucher. Wohlfühlorte haben hier eine Schlüsselfunktion. Kleinere Retentionsräume und Grünflächen mindern potenzielle Überflutungsschäden.			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Neuanlage von Grünflächen im Rahmen von Neubauvorhaben (Wohnungsbau, Gewerbe, Dienstleistungen) - Integration von Wohlfühlorten in den Straßenraum im Rahmen von Umbau - Fortführung der Kampagne <i>Stadtbäume für Berlin</i> - Kurz- bis mittelfristig 			

Akteure	<ul style="list-style-type: none"> - Bezirke: Grünflächen, Straßen - Land Berlin (Stadtentwicklung: Stadtbaumkampagne) - Bebauungsplanverfahren : Grünflächen im Huckepack mit der baulichen Verdichtung (Bezirke)
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	<ul style="list-style-type: none"> - Bei integrativer Umsetzung in ohnehin stattfindenden Projekten: geringe Mehrkosten; Kosten für Pflege und Unterhalt: gering - Umsetzung im „Huckepack“ baulicher Verdichtung: Umsetzung v.a. durch Private
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	<p>Synergien: Werden attraktive Grünräume in der hitzebelasteten Stadt geschaffen, mindert sich (leicht) der Bedarf an Naherholung im Umland, damit entsprechend auch das Verkehrsaufkommen. Die Qualifizierung städtischen Grüns kann in Grenzen die u.a. aus Klimaschutzgründen sinnvolle städtische Verdichtung kompensieren.</p>
Kommentare	<p>Der STEP Klima Konkret gibt zahlreiche Hinweise für diese Maßnahme. Zur aktuellen Flächenkulisse für Pocket-Parks vgl. GEO-NET 2015: 64 f.; zur Begrünung von Gleistrassen ebd.: 59 f.</p>

GSGF-3	SICHERUNG, QUALITÄTSSICHERUNG UND STEIGERUNG DER RESILIENZ DES BESTEHENDEN STADTGRÜNS (GRÜN- UND FREIFLÄCHEN, STRAßENBÄUME)			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Die klimatische Ausgleichfunktion von städtischem Grün wird mit der Zunahme von Extremwetterereignissen (Hitze und Starkregen) in Zukunft an Bedeutung gewinnen. Gleichzeitig wird das Grün durch diese Veränderungen vermehrt Stresssituationen ausgesetzt. Die Bestands- und Qualitätssicherung sowie die Steigerung der Resilienz des städtischen Grüns ist Voraussetzung für die Nutzung seiner stadtklimatischen und sonstigen Funktionen.</p> <p>Zum Erhalt und zur Entwicklung der klimatischen Wirksamkeit sind folgende Maßnahmen erforderlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sicherung der vorhandenen Grünflächen durch eine nachhaltige, ausfinanzierte Pflege - Klimatische Optimierung der Grünflächen durch eine hohe Strukturvielfalt an offenen Rasenflächen, Bäumen und einen geringen Anteil an dichten Gebüschflächen (vgl. StEP Klima Konkret) - Schaffung von Urban-Wetland-Bereichen - feuchten Pflanzbereichen innerhalb von Parkanlagen zur Erhöhung der Verdunstungs- und Kühlwirkung; Steigerung der Retentions-Funktion zur Überflutungsminderung (Baustein für die ‚Schwammstadt‘) - Bevorzugte Verwendung von standort- und klimaangepassten Arten mit geringem Allergiepotenzial in Grün- und Freiflächen und im Straßenraum (Straßenbäume) zur Sicherung der Resilienz gegenüber veränderten klimatischer Bedingungen, unter Berücksichtigung der Anforderungen an die Biodiversität, Schaffung von günstigen Wuchsbedingungen, Sicherung der Wasserversorgung (u.a. durch geeignetes Bodensubstrat) - Resilienzsteigerung der Waldflächen (Mischwaldprogramm) 			
Wirkung	<p>Klimatisch qualifizierte Grünflächen/Straßenräume wirken dem Urban Heat Island Effekt und bioklimatischen Belastungssituationen entgegen. Die Erhöhung der Resilienz der Grünflächen sichert die Ausgleichfunktion auch bei veränderten klimatischen Bedingungen. Urban-Wetland-Flächen können die Überflutungswirkung von Starkregenereignisse abpuffern.</p>			

Nebeneffekte	Die Resilienzsteigerung und Qualitätssicherung sichert auch die Nebeneffekte des Grüns - Beitrag zur menschlichen Gesundheit, wirtschaftliche Leistungsfähigkeit, der Erhöhung der Lebensqualität in der Stadt und Attraktivität für ihre Besucher/-innen.
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Umbau der Grünflächen im Rahmen einer Freiraumqualitätsinitiative - Sicherung und Erhöhung der Mittel für die Pflege der Grünflächen/ Straßenbäume - Fortführung bestehender Programme der Resilienzsteigerung (Mischwaldprogramm, Stadtbaumkampagne) - Kurz- bis mittelfristig
Akteure	<ul style="list-style-type: none"> - Bezirke – Pflegebereiche Grünflächen, Straßenbäume; Wohnungswirtschaft - Land Berlin (Stadtentwicklung): Förderung Freiraumqualitätsinitiative/ Straßenbaumkampagne
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	<ul style="list-style-type: none"> - Da die Pflege der öffentlichen Grünflächen bereits stark reduziert ist, bedarf es einer Aufstockung der Mittel, um Maßnahmen der Klimaanpassung in Größenordnungen zu integrieren - Mitfinanzierung durch bestehende Förderprogramm wie z.B. Städtebauförderung/ BENE usw.
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Synergien: Eine kühlere Stadt hat einen geringeren Bedarf an energieintensiven Klimaanlagen. Maßnahme dient der Entkopplung von Stadtwachstum und negativen Klimafolgen.

GSGF-4	ENTWICKLUNG VON STRATEGIEN ZUR KLIMATISCHEN ENTKOPLUNG VON NEUBAUVORHABEN			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Berlin wächst. Damit der Neubau nicht zu einer Verstärkung von negativen Effekten auf das Stadtklima führt und damit die Klimaanpassung konterkariert, sind Maßnahmen der wassersensiblen Stadtentwicklung und hitzeangepassten Stadt beim Neubau umzusetzen. Folgende Maßnahmen dienen der Entkopplung (siehe hierzu auch StEP Klima KONKRET):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dach- und Fassadenbegrünung Dachbauweisen mit einer Neigung von bis 45° sind grundsätzlich geeignet für Dachbegrünung, bei einer Neigung bis zu 15 ° ist Dachbegrünung ohne größeren Mehraufwand (z.B. Schub- und Absturzsicherung) möglich (ANSEL/ MEIER/ DICKHAUT et al. 2011). Das Potenzial dafür in Berlin ist sehr groß, gute Einzelbeispiele für verschiedene Typen der Begrünung sind vorhanden (vgl. SENSTADT 2011), statische Prüfungen in jedem Einzelfall aber erforderlich. Berlins Dächer sollen begrünt werden. Je stärker die Substratauflage ist, umso mehr Wasser kann längerfristig zwischengespeichert werden. Eine Kombination von Dachbegrünung mit kleinen Wasserflächen auf den Dächern (blaugrüne Dächer) ist sinnvoll, damit Starkregenereignisse abgepuffert werden und die städtische Kanalisation entlastet wird. Grüne Fassadenkonzepte im Neubaubereich sollten auch innovative Formen der Energieerzeugung integrieren (vgl. das „Algenhaus“ BIQ im Rahmen der IBA Hamburg; http://www.biq-wilhelmsburg.de/). - Verschattung Für einen ausreichenden Sonnenschutz ist zu sorgen. Mit Bäumen (Baumfilter) kann vor allem auf südexponierte Fassaden die Sonneneinstrahlung zusätzlich gemindert werden. Je nach baulicher Situation sind auch technische Verschattungsoptionen sinnvoll, wenn möglich kombiniert mit PV-Nutzung. - Rückstrahlung/ Albedo – Solar Reflectance Index Durch helle Fassaden, Dächer und Materialien in der Oberflächengestaltung wird die Rückstrahlung 			

	<p>erhöht, die Innenräume heizen sich weniger schnell auf. Orientierungsgröße sollte der Solar Reflectance Index (SLG 2014) sein. Diese Maßnahme ist kostengünstig und hat eine hohe Wirkung.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Durchlüftung Wenn im näheren Umfeld von ca. 200 bis 300 m Grünflächen mit klimatischer Entlastungsfunktion vorhanden sind, sollte eine Luftdurchlässigkeit der Bebauung vorgesehen werden, so dass eine Durchlüftung möglich ist und nächtliche Kühleffekte wirken können. - Verdunstungskühlung Wasser, das verdunstet, erzeugt kleinklimatisch Kühlkälte. Daher sind Maßnahmen günstig, die das Regenwasser nicht abführen, sondern längere Zeit zwischenspeichern, damit es in Hitzeperioden verdunsten kann. Feuchte Böden, Feuchtvegetation, bewässerte Fassaden und gut wasserversorgte Bäume haben die besten Verdunstungswerte und damit gute Kühleffekte. Mit solchen Maßnahmen der ‚Schwammstadt‘ wird ein wichtiger Beitrag zur Entkoppelung geleistet. - Überflutungsvorsorge Bei extremen Starkregenereignissen kann es besonders bei barrierefreier Ausführung zu kurzfristigen unkontrollierten Überstaus mit erheblichen Gebäudeschäden (Keller, Tiefgaragen) kommen. Daher sind die Freiflächen und die Anschlüsse an die Gebäude so auszuprägen, dass sie temporär überstaufähig sind bzw. das Wasser kurzfristig zwischenspeichern können (‚blaue‘ Dächer, Retentionsmulden, Gefälleausprägung, temporäre Überstauung z.B. Freiflächen, Notwasserwege, die das Ableiten des Wassers ermöglichen). Der Versiegelungsgrad sollte möglichst begrenzt werden. Befestigte Flächen sollen bevorzugt mit wasserdurchlässigen Belägen ausgeführt werden. - Entkoppelung von der Regenwasserkanalisation Zur Entlastung der Regenwasserkanäle und der Kanäle der Mischkanalisation in der inneren Stadt, zur Grundwasseranreicherung und Stabilisierung des Wasserhaushalts soll möglichst viel Wasser auf den Grundstücken zurückgehalten und versickert werden. Soweit ausreichend Flächen zur Verfügung stehen, sollten bewährte Rückhalte- und Versickerungssysteme (wie die Mulden-Rigolen-Entwässerung) zum Einsatz kommen.
<p>Wirkung</p>	<p>Bei einer umfassenden Verwirklichung wird der Neubau weitgehend entkoppelt von negativen Wirkungen auf das Stadtklima und damit auf die Lebensqualität in der Stadt.</p>
<p>Nebeneffekte</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Klimaangepasste Gebäude sind resilient, das Wohnen findet in einer angenehmen Umgebung statt (Klimakomfort-Wohnen) - Einsparung bei Regenwassergebühr
<p>Notwendige Schritte/ Fristigkeit</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Durchführung eines Klimacheck als freiwillige Selbstverpflichtung und Label für Klimaangepasstes Bauen - Festsetzungen im Rahmen der Bebauungsplanung - Verankerung in den Richtlinien zur Städtebauförderung - kurzfristig
<p>Akteure</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Wohnungsunternehmen - Land Berlin (Stadtentwicklung)
<p>Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Im Rahmen des Wohnungsbaus - Werden Anpassungsmaßnahmen integrativ mitgeplant und umgesetzt, können Mehrkosten gering bleiben
<p>Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz</p>	<p>Synergien: Durch klimaangepasste Bauweise können erhebliche Einsparungen im Energieverbrauch erreicht werden. Ein Beitrag zur CO₂ neutralen Stadt kann geschaffen werden.</p> <p>Leichter Konflikt: Verschattung kann im Konflikt mit der Nutzung von Sonnenenergie stehen. Horizontale Zonierung der Fassaden kann hier hilfreich sein. Der mögliche Nutzungskonflikt</p>

	der Dachflächen mit der vom BEK vorgeschlagenen Solardachstrategie kann durch die Kombination von Dachbegrünung und PV-Anlagen relativ leicht entschärft werden.
Kommentare	<p>Literatur:</p> <p>Ansel, W.; Meier, R.; Dickhaut, W.; Kruse, E.; Baumgarten, H. (2011): Leitfaden Dachbegrünung für Kommunen. Nürtingen: Deutscher Dachgärtner Verband.</p> <p>SenStadt [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung] (2011): Konzepte der Regenwasserbewirtschaftung, Gebäudebegrünung, Gebäudekühlung; Leitfaden für Planung, Bau, Betrieb und Wartung, Berlin. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/bauen/oekologisches_bauen/download/SenStadt_Regenwasser_dt_bfrei_final.pdf; Zugriff: 20.10.2015.</p> <p>SLG (Betonverband Straße, Landschaft, Garten e.V., Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme) (2014): Bestimmung des „Solar Reflectance Index“ von verschiedenen Betonsteinproben, Bericht, Freiburg, Mai 2014.</p>

GSGF-5		KLIMATISCHE QUALIFIZIERUNG DER STADTOBERFLÄCHE			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend	
Maßnahmenbeschreibung	<p>Zentrale Stellschraube in der Klimaanpassung der Stadt ist die Stadtoberfläche. Um dem Hitzeinsel-effekt, der Entstehung von urbanen Überflutungen und Mischwasserüberläufen in Folge von Starkregenereignissen entgegenzuwirken, bestehen hier vielfältige Möglichkeiten. Inhaltlich bestehen Überschneidungen zu vorangegangenen Maßnahmenvorschlägen.</p> <p>Der wichtige Punkt an dieser Stelle ist, für Planungs- und Entscheidungsprozesse eine Art „Toolbox“ einschließlich einer Checkliste zu entwickeln und in Anwendung zu bringen. Die Ansätze sollen tendenziell in effektiven Strategien (siehe diverse andere Städtebeispiele) für spezifische Teilaspekte der klimatischen Qualifizierung (z.B. Fassaden-/ Dachbegrünung etc.) münden. Die „Toolbox“ umfasst:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Anlage von blau-grünen Dächern - Anlage von Fassadenbegrünung (extensive bis intensive, bewässerte Begrünung) - Verschattung von Plätzen, Straßen, Gebäude, Infrastrukturen - Steigerung der Rückstrahlung/ Albedo – Solar Reflectance Index - Durchlüftung, Sicherung von Luftaustauschprozessen - Verdunstungskühlung durch urban wetlands, feuchte Böden, wasserversorgte Vegetationsflächen - Überflutungsvorsorge durch die Anlage von ‚blauen‘ Dächern, Retentionsmulden, Gefälleausräumung, temporäre Überstauung von Freiflächen, Notwasserwege usw. - Begrenzung des Versiegelungsgrades, Entsiegelung - Entkoppelung der Oberfläche von der Regenwasserkanalisation - Schaffung von Wohlfühlräumen (siehe hierzu StEP Klima KONKRET) 				
Wirkung	Dem <i>Heat Island Effekt</i> wird entgegengewirkt. Die nächtliche Erwärmung der Stadt kann reduziert werden. Urbane Überflutung und Mischwasserüberläufe können reduziert werden.				
Nebeneffekte	Die klimatische Qualifizierung der Stadtoberfläche und damit des städtischen Raums wirkt sich positiv auf die menschliche Gesundheit und Lebensqualität aus. Die Begegnung von Mischwasserüberläufen und urbanen Überflutungen sind auch im Handlungs-				

	feld Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft Schwerpunkte.
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> – Im 1. Schritt Informationsverbreitung, Durchführung von Modellprojekten zur Erprobung der Prozesse, Implementation in Richtlinien des Bauens und Förderprogramm – Parallel: Gutachten zur Analyse von Potenzialen und Fördermöglichkeiten von Dach-, Hof- und Fassadenbegrünung; mittelfristig: Entwicklung systematischer Förderstrategie Kurzfristig starten, langfristig umsetzen
Akteure	Umfassend: Land Berlin, Bezirke, Wohnungsunternehmen, Private Immobilienbesitzer, Ver- und Versorgungsunternehmen mit ihren Standorten
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	<p>Durchführung der Maßnahmen im „Huckepack“ von anderen Maßnahmen der Stadtentwicklung, des Stadtbbaus, der Sanierung und des Neubaus („No-Regret-Maßnahmen“), Aufnahme in die Förderprogramme des Landes</p> <p>Fördermöglichkeiten der KfW-Bank nutzen (z.B. bei der Kombination von Dachbegrünung mit PV bzw. Wärmedämmung/ PV)</p>
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Abfederung von Verdichtungsprozessen, die tendenziell aus Klimaschutz-Sicht sinnvoll sind. Moderate positive Wirkung kühlerer Stadträume auch auf das Innenraumklima, dadurch etwas geringerer Gebäudekühlbedarf.

GSGF-6	ENTWICKLUNG VON INTEGRIERTEN KLIMAAANPASSUNGSKONZEPTEN AUF QUARTIERSEBENE / KLIMAMANAGER			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Ähnlich wie beim Klimaschutz stellt auch in der Klimawandelanpassung das Quartier eine interessante Handlungsebene dar, die eine flexible Maßnahmenkombination unter Berücksichtigung vergleichbarer Randbedingungen (klimatisch, politisch) erlaubt. Die Heterogenität der Eigentümer stellt zwar ein Problem dar, aber verglichen mit der im Stadtgebiet insgesamt bleibt sie andererseits überschaubar.</p> <p>Um Stadtquartiere besser an den Klimawandel anzupassen steht eine Vielzahl an Maßnahmen zur Verfügung. Wie die Einzelmaßnahmen zusammenwirken, welche Flächen für bestimmte Maßnahmen besonders geeignet sind, wie ggf. eine Arbeitsteilung grundstücksübergreifend durchgeführt werden kann, kann auf der Grundlage eines Quartierskonzeptes entwickelt werden. Diese Maßnahme ergänzt die Maßnahme GeS-I (Quartierskonzepte entwickeln und umsetzen) des BEK.</p> <p>Notwendige Teilmaßnahmen sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Aufstellung von Quartierskonzepten – Einbindung der Akteure im Quartier – Politischer Beschluss – Selbstbindung – Zielvereinbarung mit Akteuren des Stadtquartiers <p>Es bietet sich an, diese Maßnahmen durch einen Klimamanager begleiten zu lassen (Förderzeitraum 3 bis 5 Jahre) und mit Sanierungsmaßnahmen im Quartier abzustimmen.</p>			
Wirkung	Ein Quartierskonzept führt zu einer abgestimmten Handlungsperspektive der Akteure, vernetzt Einzelaktivitäten und kann damit Synergien aktivieren. Maßnahmen werden aufeinander abgestimmt.			

Nebeneffekte	Die Erarbeitung ist eingebunden in einen breiten Kommunikationsprozess. Damit können Akteure aktiviert werden, die bisher nicht motiviert oder eingebunden waren. Das Stadtquartier entwickelt eine gemeinsame Handlungsperspektive.
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Ermittlung einer Flächenkulisse für Stadtquartiere mit einem besonderen Handlungsbedarf/ Akteursstruktur der Klimaanpassung - Mittelbereitstellung - Auswahl von Projekten, Auftaktkonferenz für die Erarbeitung von Konzepten - Festlegung des weiteren Verfahrensablaufs mit den Akteuren - Frühzeitige Einbindung des Klimamanagers - Kurz- bis mittelfristig
Akteure	<ul style="list-style-type: none"> - Bezirksämter - Private Akteure in den Quartieren (Immobilienbesitzer, Gewerbetreibende, Bewohner) - Öffentliche Akteure und Multiplikatoren (Schulen, Kitas, Senioreneinrichtungen, Vereine)
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	<ul style="list-style-type: none"> - Fördermittel für Klimaschutzmanager/-in (Ptj) - Entwicklung eines Programms „Klimaanpassungskonzepte auf Quartiersebene“/ „Klimamanager“ auf Senatsebene, - Umsetzung vieler Maßnahmen liegt bei privaten Akteuren. Hauptaufgabe Information, Beratung, Unterstützung im Umsetzungsmanagement
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Quartierslösungen der Klimaanpassung sollten im Verein mit quartiersbezogenen Ansätzen des Klimaschutzes (siehe BEK) angegangen werden, um mögliche Synergien zu nutzen und Kosten zu sparen.
Kommentare	<p>Bestehende Anpassungskonzepte auf Quartiersebene in Berlin sollten zur Evaluierung von Herausforderungen und Lösungswegen genutzt werden (siehe z.B.: KiezKlima (Kiez Klima, o.J.), Klausenerplatz Kiez (Bezirksamt Charlottenburg-Wilmersdorf, o.J.))</p> <p>Literatur:</p> <p>Kiez Klima (o.J.): Das Projekt „KiezKlima“; (Online: www.e-p-c.de/kiezklima/2015; Zugriff: 04.01.2016).</p> <p>Bezirksamt Charlottenburg-Wilmersdorf, (o.J.): KSI: Beratende Begleitung bei der Umsetzung des Klimaschutzkonzeptes für den Klausenerplatz Kiez des Bezirks Charlottenburg-Wilmersdorf; (Online: http://www.berlin.de/ba-charlottenburg-wilmersdorf/verwaltung/aemter/umwelt-und-naturschutzamt/klimaschutz/artikel.365784.php).</p>

GSGF-7	DURCHFÜHRUNG VON PILOTPROJEKTEN ZUR ERPROBUNG VON KLIMAAANPASSUNGSMABNAHMEN (FÖRDERUNG DURCH BERATUNG)			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Im Vergleich zu anderen Belangen der Stadtentwicklung ist die Klimaanpassung noch eine junge Aufgabe. Mit Pilotprojekten könnten neben den bereits üblichen Maßnahmen (extensive Dachbegrünung, Fassadenbegrünung) innovative Ansätze verfolgt und Neuland betreten werden.</p> <p>Es geht dabei vor allem um eine umfassende Abkoppelung von der Kanalentwässerung, Urban Wetlands und Kühlräume in der Stadt, um überflutungstaugliche Straßen, Stellplatzanlagen und Grünflächen.</p> <p>Mit innovativen Konzepten und Umsetzungsstrategien können neue Maßnahmen, Umsetzungsvarianten und deren Umsetzbarkeit und Zusammenwirken im „Reallabor“ überprüft werden. Die</p>			

	<p>graue Infrastruktur wird durch eine grüne ersetzt. Daher sollen Modellprojekte erprobt, ausgewertet und kommuniziert werden. Eine intensive Bauberatung, die innovative Ansätze fördert, soll begleitend erfolgen.</p>
Wirkung	Nach der Erprobung von innovativen Ansätzen werden diese zum Standard der klimaanagepassten Stadtentwicklung
Nebeneffekte	Stadtquartiere und Einzelprojekte werden klimaangepasster.
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Entwicklung eines Programms - Sicherung der Finanzierung - Bewerbungsverfahren mit guten Projekten - Auswahl und weitere Umsetzung - Kommunikation - Kurzfristige Vorbereitung, mittelfristige Umsetzung
Akteure	<ul style="list-style-type: none"> - Land Berlin (Stadtentwicklung): zentrale Steuerung, Mittelbereitstellung - Bezirke (lokale Abstimmung) - Forschungseinrichtungen / Planungsbüros - Akteure/Immobilienbesitzer
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	<p>Öffentliche Hand vor allem Organisations- und Koordinationsaufgabe:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Finanzmittel für die Aufstellung eines Programms für die Förderung von Modellprojekten - Kommunikation und Öffentlichkeitsinformation
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	keine

GSGF-8	INTEGRATION VON KLIMAAANPASSUNG IN BESTEHENDE PLANUNGSINSTRUMENTE			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Klimaanpassung soll verstärkt in bestehende Prozesse und Planungen der Stadtentwicklung und Grünflächenplanung integriert werden. Vor allem ‚No-Regret-Maßnahmen‘ sollen gefördert werden. Mit wenig Aufwand kann somit viel erreicht werden. Ansatzpunkte sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Integration von Klimaanpassung in Planungen (formelle und informelle Planungen wie Stadtentwicklungspläne, Planwerke, Quartierskonzepte, Bauleitplanung, Instrumente der Landschaftsplanung) - Integration von Klimaanpassung in Anforderungskataloge von Wettbewerben, Gutachterverfahren, Vergabeverfahren von landeseigenen Grundstücken usw. - Platzierung von Klimaanpassungsmaßnahmen in Förderprogramme (z.B. Städtebauförderprogramme, Berliner Programm für Nachhaltige Entwicklung/ BENE) - Prüfung der Einführung eines Resilienzfaktors in die Bauordnung nach der Methodik des Biotopflächenfaktors (für quantifizierbare Bewertung der Anpassung) 			

	Die Ermittlung von Ansatzpunkten in bestehende Instrumente/ Förderung sowie die Abstimmung mit den Fachämtern, z.B. mit der Bauberatung, der Wettbewerbsabteilung SenStadtUm und Städtebauförderung soll die Einbindung und Akzeptanz fördern.
Wirkung	Durch transsektorale Verankerung in Planwerke wird Klimaanpassung verstärkt integrativ umgesetzt.
Nebeneffekte	Stadtquartiere und Einzelprojekte werden klimaangepasster.
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Ermittlung von Ansatzpunkten zur Verstärkung der Klimaanpassung in bestehende Instrumente/Förderung - Prüfung inwieweit klimatische Belastung als städtebaulicher Missstand anerkannt werden kann, um damit Gegenstand der Städtebauförderung werden zu können kann. - Abstimmung mit ausführenden Fachabteilungen (z.B. Bauberatung, Wettbewerbe, Städtebauförderung)
Akteure	<ul style="list-style-type: none"> - Land Berlin (Stadtentwicklung) - Bezirke (z.B. Bauberatung)
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Durch integrative Verankerung in bestehende Planwerke und Anforderungskataloge: gering
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Keine

GSGF-9	ERMÖGLICHUNG DER ZUGÄNGLICHKEIT KÜHLERER RÄUME IN HITZEZEITEN			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Neben der strategischen Umsetzung von ausgleichend wirkenden Anpassungsmaßnahmen können durch die Ermöglichung der Zugänglichkeit bioklimatischer Erholungsräume die besonders vulnerablen Bevölkerungsgruppen bei Hitzeereignissen besser geschützt werden.</p> <p>Durch die Ermöglichung der Zugänglichkeit kühlerer Räume können Rückzugsorte - z.B. kühle öffentliche Gebäude, Rathäuser, Museen, Schulhöfe - zur körperlichen Entlastung beitragen. Gerade Menschen mit eingeschränktem Mobilitätsradius können direkt in der hitzebelasteten Stadt körperliche Erholung finden.</p>			
Wirkung	Bioklimatische Entlastung der Stadtbewohner bei extremen Hitzeereignissen.			
Nebeneffekte	k.A.			

Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Ermittlung von kühlen Räumen - Entwicklung einer Strategie zur Öffnung und Regelung zur Nutzung von kühlen öffentlichen Einrichtungen unter Berücksichtigung der Erreichbarkeit und Lage in besonders belasteten Gebieten - Entwicklung einer aktuellen Informationskette zu Zeiten der in Hitzeperioden zugänglichen Räume - Entwicklung einer Imagestrategie zur Erzeugung von Synergieeffekten für teilnehmende Verbände und Einrichtungen - Kurzfristig bis langfristig
Akteure	<ul style="list-style-type: none"> - Berliner Bäder Betriebe - Staatlichen Museen zu Berlin - Land Berlin (für Bildung, Jugend und Wissenschaft zuständige Senatsverwaltung) - Bezirksämter und weitere Akteure mit potenziellen ‚Kühlräumen‘ - Kirchen
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Unterstützung der Verbände und Einrichtungen bei Zusatzbelastung
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Leichte Synergien: Die Bereitstellung von kühlen öffentlichen Räumen könnte eine leicht dämpfende Wirkung auf die Nachfrage nach (privater) Gebäudekühlung besitzen

GSGF-10	BEGRENZUNG KONVENTIONELLER KLIMAAANLAGEN			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmen- beschreibung	<p>Klimaanlagen führen zur zusätzlichen Aufheizung des Stadtklimas – sie wirken nur auf Gebäudeebene kühlend und wirken sich negativ auf die klimatische Situation der Umgebung aus (Hitzeemission). Durch den energieintensiven Betrieb werden Bemühungen des Klimaschutzes konterkariert, sie wirken gegensätzlich zu den Zielen des klimaneutralen Berlins 2050.</p> <p>Die Förderung und Umsetzung von nachhaltigen Anpassungsmaßnahmen zur Gebäudekühlung kann dazu beitragen, den Bedarf zu reduzieren. Zur Beschleunigung der Umsetzung der „intelligenten“ Alternativen sollte eine Begrenzung der Ausbreitung konventioneller Klimaanlagen in (Wohn-) Gebäuden umgesetzt werden.</p> <p>Zur Beförderung der Maßnahme bedarf es der Sensibilisierung und Aufklärung über unterschiedliche direkte Kühlungsoptionen (begonnen vom Kleinkühlgerät/ Ventilator, über größere Geräte, bis hin zu Verbundlösungen). Gleiches gilt für indirekte Alternativen (wie Passivkühlungen durch Regenwasser, Begrünung, sommerlicher Wärmeschutz, saisonale Speicher). Diese bedarf es entsprechend der Bedarfe und Handlungsoptionen (inkl. Vor-/ Nachteile) zu spezifizieren.</p> <p>Bei größeren Lösungen (v.a. bei Quartiersansätzen) sind neben Potenzialanalysen zu Wärme, Kälte und Strom auch Eigentums- und Unternehmensstrukturen zu berücksichtigen, v.a. bei Entscheidungen für eher zentrale/ dezentrale Ansätze.</p> <p>Hierzu ist zur Erweiterung des Erfahrungswissens auch die Förderung von mehreren Modellprojekten sinnvoll (siehe z.B. Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung auf dem EUREF-Campus, Aktivitäten von Green-Moabit, Mierendorff-Insel etc.).</p>			

Wirkung	<p>Durch die Begrenzung von konventionellen Klimaanlage über Sensibilisierung und Aufklärung wird eine zusätzliche Aufheizung des Stadtklimas durch diese Anlagen vermieden.</p> <p>Neben einer Verbesserung und Schonung des Stadtklimas und der Minimierung von CO₂-Emissionen kann auch der Energieverbrauch und somit die Kosten von Unternehmen verringert werden. So wurde für Deutschland ermittelt, dass die Anpassung an die Klimaerwärmung mittels Klimaanlage für den Industrie- und Dienstleistungssektor bis 2050 rd. 1,15 Mrd. Euro jährlich betragen wird (das sind 0,03% des für 2050 zu erwarteten BIPs) (UBA 2012).</p> <p>Diese Kosten können durch entsprechende Aktivitäten verringert werden. Zudem können mehrere Tonnen CO₂ eingespart werden. Im Jahr 2012 hat Berlin bspw. 17,7 Tonnen an klimawirksamen Stoffen in Industrie- und gewerblichen Kühl-, Kälte- und Klimaanlage als auch in Haushaltskühlgeräten/Fahrzeugklimaanlagen eingesetzt (AfS 2014). Diese können durch entsprechendes Handeln eingespart werden.</p>
Nebeneffekte	<p>Synergien ergeben sich mit folgenden Anpassungs-Maßnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Entwicklung von Strategien zur klimatischen Entkoppelung von Neubauvorhaben (Handlungsfeld Gebäude, Stadtentwicklung & Grün- und Freiflächen) (GSGF 4) - Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes bei gewerblichen (Neu-) Bauten, inkl. Beratung und Begleitung von Unternehmen (Handlungsfeld Industrie, Gewerbe & Finanzwirtschaft) - Förderung energieeffizienter Kühlsysteme in Neubau und Bestand durch Modellvorhaben, zzgl. Information und Beratung von Immobilieneigentümern (Handlungsfeld Energie- & Abfallwirtschaft) - Verschattung, Kühlung/ Klimatisierung ohne konventionelle Klimaanlage (Handlungsfeld Menschliche Gesundheit & Bevölkerungsschutz)
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<p>Die folgenden Schritte sollten mittelfristig angegangen und kontinuierlich verfolgt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rechtliche Begrenzungsmöglichkeiten untersuchen und umsetzen - Möglichkeiten zur Sensibilisierung und Aufklärung alternativer Kühloptionen bestimmen - Bspw. Informationsflyer, Workshops, Wissens- und Erfahrungsaustausch entwickeln, relevante Akteure identifizieren (inkl. Eigentümerstrukturen untersuchen) - Relevante Akteure beraten und vernetzen - Baugewerbe/Bauherren auf notwendige Umsetzung und Implementierung alternativer Kühloptionen aufmerksam machen - Potenzialanalysen für großflächige Umsetzung alternativer Kühlmöglichkeiten durchführen und Pilotprojekte/Modellprojekte fördern
Akteure	<ul style="list-style-type: none"> - Land Berlin (für Stadtentwicklung, Umwelt, Wirtschaft, Technologie und Forschung zuständige Senatsverwaltungen) - Unternehmensverbände, IHK, Handwerkskammer, Gewerbetreibende - Wohnungsunternehmen
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	<ul style="list-style-type: none"> - Förderung durch öffentliche Hand, v.a. für initialen Wissens- und Erfahrungsaustausch, Informationsflyer, Workshops, etc. - Weitere Fördermöglichkeiten, z.B. KfW-Energieeffizienzprogramm für Unternehmen (KfW 2015)
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	<p>Reduzierung des Gebäudekühlbedarfs und damit – abhängig vom Emissionsfaktor Strom – auch der CO₂-Bilanz des Stromsektors</p>
Kommentare	<p>Literatur:</p> <p>AfS (Amt für Statistik Berlin-Brandenburg) (2014): <i>Rund 140 Tonnen klimawirksame Stoffe wurden in den Ländern Berlin und Brandenburg im Jahr 2012 verwendet; Pressemitteilung Nr. 133 vom 23. Mai 2014; (Online: https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/pms/2014/14-05-23.pdf; Zugriff:</i></p>

17.12.2015).
 KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau) (2015): KfW-Energieeffizienzprogramm - Energieeffizient Bauen und Sanieren (276, 277, 278);(Online: <https://www.kfw.de/KfW-Konzern/Service/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-%28Inlandsf.%29-%28D-EN%29/Barrierefreie-Dokumente/KfW-Energieeffizienzprogramm-Energieeffizient-Bauen-und-Sanieren-%28276-277-278%29/>; Zugriff: 17.12.2015).
 UBA (Umweltbundesamt) (2012): Kosten und Nutzen von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel. Analyse von 28 Anpassungsmaßnahmen in Deutschland; (Online: <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4298.pdf>; Zugriff: 17.12.2015).

GSGF- I I				
VERBESSERUNG DER INFORMATION ÜBER GEBÄUDEBEZOGENE MAßNAHMEN DER KLIMAAANPASSUNG FÜR PRIVATE – SENSIBILISIERUNG FÜR PRIVATEN GEBÄUDESCHUTZ FÜR MIETER UND EIGENTÜMER				
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Ein Großteil des Neu- und Umbaus der Stadt, wie z.B. der Wohnungsneubau, wird durch Private umgesetzt und unterliegt nur geringfügig der Einflussnahme der öffentlichen Hand. Um hier Klimaanpassung umzusetzen bedarf es der breiten Zielgruppe entsprechend gut aufbereiteter Informationen über Risiken und mögliche Maßnahmen sowie deren „richtiger“, klimaeffektiver, Umsetzung. Viele Maßnahmen sind bei integrativer Umsetzung, z.B. bei ohnehin stattfindenden Bau- und Sanierungsmaßnahmen, kostenintensiv und bringen weitere Vorteile wie z.B. Kosteneinsparungen durch reduzierten Energieverbrauch und Einsparungen beim Niederschlagswasserentgelt. Kriterien wie Nebenkostenhöhe und Klimabilanz der Gebäude (Energieausweis) werden zunehmend zu wichtigen Kriterien bei Mietern.</p> <p>Informationsmaterial wie Broschüren und Checklisten für Private im Neubau und Bestand können Anpassungsgrundlage werden. Durch Austauschformate wie runde Tische können die Bedarfe der Umsetzer ermittelt werden und Akzeptanz für das Thema geschaffen werden. Eine Kooperation mit der Berliner Wohnungswirtschaft, Architektenkammer und Mietervereinen kann den Umsetzungserfolg erhöhen.</p> <p>Bei der Erstellung von Informationsmaterial und Austauschplattformen sollten bestehende Formate und Materialien (z.B. StEP Klima Konkret) berücksichtigt und eingebunden werden.</p>			
Wirkung	<ul style="list-style-type: none"> - Reduzierung der Risiken der Überflutung - Reduzierung der Belastung durch Hitze - Steigerung der Lebensqualität - Vermeidung/Minderung möglicher Schäden 			
Nebeneffekte	k.A.			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Initiierung einer Austauschplattform z.B. „Runder Tisch- Klimaanpassung“ - Einrichten eines zentralen Registers für Informationsmaterialien - Erstellen von Informationsbroschüren und Checklisten in Berücksichtigung des Informationsbestands kontinuierlich 			
Akteure	öffentliche Hand in Kooperation mit Immobilien- und Wohnungswirtschaft, Architektur- und Planungsbüros, Energieberater			

Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglich- keiten)	Gering bis mittel, vor allem Informationsmaterialien
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Informationen zur Umsetzung von gebäudebezogenen Klimaanpassungsmaßnahmen sollten die Belange des Klimaschutzes integrieren und mögliche Synergien und Konflikte sowie Lösungsmöglichkeiten aufzeigen

GSGF-12	INITIIERUNG EINER STADTDEBATTE ZUM PARADIGMENWECHSEL REGENWASSERMANAGEMENT ‚SCHWAMMSTADT‘			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmen- beschreibung	<p>Das Prinzip der ‚Schwammstadt‘ adressiert integrativ die Herausforderung von zunehmenden Hitze- und Starkregenereignissen durch das Rückhalten und Speichern von Wasser, wenn es „überschüssig“ vorhanden ist, und dessen Verdunstung über Boden und Pflanzen (Erzeugung von Verdunstungskälte) in Hitze- und Trockenperioden.</p> <p>In der Umsetzung der Schwammstadt sind Maßnahmen zentral, die oft wenig aufwändig umsetzbar sind und Synergien mit weiteren Belangen der Stadtentwicklung aufweisen (z.B. neue attraktive Räume durch kühlende Wasserflächen, neue Aufenthaltsräume auf begrünten Dächern und im Straßenraum in der verdichteten Stadt). Für eine erfolgreiche Umsetzung ist aufgrund der Neuheit des Begriffs und seiner Inhalte eine Stadtdebatte nötig um für das Thema zu sensibilisieren, Chancen und Herausforderungen zu erkennen und Lösungswege zu generieren, die mit den Belangen der Umsetzenden übereinstimmen - der öffentlichen Hand und den Privaten.</p> <p>Durch Fachdiskussionen kann das nötige Wissen zu Zielen, Strategien, Maßnahmen generiert werden und Identifikation erzeugt werden. Dazu bedarf es der Durchführung von Diskussionsveranstaltungen und einer Informationskampagne zum Thema Schwammstadt.</p>			
Wirkung	Durch einen Diskurs zum Thema Schwammstadt können Akteure zur Umsetzung gewonnen werden und nötiges Wissen generiert werden. Durch eine breite Verankerung kann die Schwammstadt transsektoral in der Stadtentwicklung umgesetzt werden.			
Nebeneffekte	k.A.			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Entwicklung einer Diskussions- und Informationsstrategie - Entwicklung unterschiedlicher Austauschformate - Bereitstellung von Informationsmaterialien kurzfristig 			
Akteure	Land Berlin (für Stadtentwicklung zuständige Senatsverwaltung in Zusammenarbeit mit Unternehmen (z.B. BVWB), Verbänden, IHK, Wohnungswirtschaft, Umweltverbänden usw.			

Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglich- keiten)	Vor allem Kosten für Informationskampagne, Aufbereitung von Informationsmaterialien, Durchführung von Veranstaltungen.
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Keine

10.1.3 Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft

WW-I	ENTKOPPELUNG DER REGENWASSERBEWIRTSCHAFTUNG VON DEN ZENTRALEN SYSTEMEN			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Modellrechnungen zeigen, dass die klimawandelbedingte Zunahme von Starkniederschlägen auch durch die Schaffung von zusätzlichem Stauraum in der Kanalisation bis 2020 nicht aufgefangen werden kann. Zudem führt auch der Regenwasserabfluss vornehmlich der Trennkanalisation den Oberflächengewässern Schmutz- und Schadstofffrachten zu (ca. 69 Mio m³/a), die den Einträgen aus Schmutzwasser (ca. 192 Mio. m³/a) qualitativ vergleichbar sind (WICKE/ MATZINGER/ ROUAULT 2015).</p> <p>Zur Entlastung der Regenwasserkanäle, zur Grundwasseranreicherung und dezentralen Verdunstung soll das Regenwasser nicht mehr über die Kanalisation abgeführt, sondern dezentral auf den Grundstücken und im Straßenraum bewirtschaftet werden. In einigen Gebieten in Berlin ist aufgrund des hohen Grundwasserstandes eine Grundwasseranreicherung nicht erwünscht.</p> <p>Diese Entkoppelung übersetzt sich in eine Reihe von Teilmaßnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bei Neubauvorhaben: Zielsetzung von abflusslosen Siedlungsgebieten, die mit Ausnahme des Hauptstraßennetzes von den Kanälen abgekoppelt sind. In der Entwurfsphase ist diese Anforderung (z.B. bei städtebaulichen Wettbewerben) frühzeitig zu berücksichtigen - Bei Nachverdichtung in Bestandsgebieten: Entwicklung von Vorgaben für die Begrenzung der Abflussmenge (z.B. orientiert am natürlichen Abfluss) - Unterstützung von Projekten mit ‚blaugrünen Dächern‘ und Modellvorhaben, die Verdunstungssysteme entwickeln - Anpassung der Bauordnung Berlin mit dem Ziel der dezentralen Bewirtschaftung als Regelaufgabe - Umgestaltung der Abwassergebühren zur Anreizschaffung für grundstückseige Versickerung - Identifikation von Teilgebieten in Berlin mit besonderer Dringlichkeit der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung (aufgrund bereits hoher bzw. zukünftig hoher Auslastung in Folge von laufenden städtebaulichen Neubauvorhaben) - Implementierung geeigneter Systeme der dezentralen Reinigung von Straßenabflüssen (im Anschluss an das Projekt DSWT (Dezentrale Reinigung von Straßenabflüssen) des Kompetenzzentrums Wasser - Entwicklung einer Kampagne ‚Abkoppelung‘ incl. Förderung vergleichbar der Strategie der Emischer Genossenschaft (Wasserbetrieb in der Metropole Ruhr Region) - Entwicklung von Strategien der Abkoppelung für Liegenschaften des Landes Berlin, Straßenräume, Stadtplätze, landeseigene Betriebe mit ihren Betriebsflächen usw. <p>Baulich- technisch bietet sich eine Vielzahl an Umsetzungsmöglichkeiten an. Lösungen, wie der Ausbau dezentraler Versickerungssysteme (z.B. Mulden-Rigolen) sind bereits etabliert und werden vielerorts umgesetzt. Maßnahmen wie die Verstärkung der Dachbegrünung (grün-blaue Dächer) sind neuere Lösungen, die besonders effektiv auch zur Kühlung der Stadt beitragen.</p> <p>Im Rahmen des derzeit laufenden Mischwassersanierungsprogramms der Berliner Wasserbetriebe ist eine ‚Entkoppelung‘ von Flächen als strategische Option ebenfalls vorgesehen.</p> <p>Die Broschüre ‚Konzepte der Regenwasserbewirtschaftung, Gebäudebegrünung, Gebäudekühlung - Leitfaden für Planung, Bau, Betrieb und Wartung‘ (SenStadt, 2011) gibt bereits gute Hinweise für die Umsetzung von Entkoppelungsmaßnahmen.</p>			
Wirkung	<ul style="list-style-type: none"> - Minderung der Gefahren durch urbane Überflutung - Reduktion der Belastung der Vorfluter bei Starkregenereignissen (insbesondere in Gebieten mit Mischwasserkanalisation) - Grundwasseranreicherung, Erhöhung der Verdunstungsleistung 			

Nebeneffekte	Wirtschaftliche Vorteile durch langfristige Einsparung der Niederschlagswassergebühr von 1,80 € je m ² versiegelter Fläche/ Jahr
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Entwicklung der Kampagne ‚Abgekoppeltes Berlin‘ (alternativ: ‚Resilientes Berlin‘ o.ä.) - Ermittlung von rechtlichen Vorgaben (insbesondere Beschränkung der Abflussmengen von Grundstücken) - Konsequente Umsetzung und Erweiterung des laufenden Mischwassersanierungsprogramms der Berliner Wasserbetriebe in Bezug auf die Abkoppelung - Kurzfristig: Schaffen neuer Rahmenbedingungen, langfristig schrittweise Umsetzung
Akteure	<ul style="list-style-type: none"> - Land Berlin (Stadtentwicklung) - Berliner Wasserbetriebe - Bezirke - Immobilienbesitzer - Wohnungsunternehmen
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	<ul style="list-style-type: none"> - Schaffung der rechtlichen Rahmenbedingungen und einer Kampagne mit geringen Kosten - Aktive Förderung der Entkoppelung von Flächen der öffentlichen Hand verursacht erhebliche Kosten, daher Verknüpfung mit ‚Sowieso-Maßnahmen‘ bei Neubau, Umbau und Sanierung - Durch Einsparung der Niederschlagswassergebühren längerfristig Kosteneinsparung im Betrieb
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Durch die Entlastung der zentralen Systeme kann dort auch Energie eingespart werden.
Kommentare	<p>Literatur:</p> <p>Barjenbruch, M.; Kober, P.; Sommer, H.; Post, M.; Rouault, P.; Heinzmann, B.; Weiss, B. (2013): Dezentrale Reinigung von Straßenabflüssen. <i>Wasserwirtschaftliche Tagesfragen</i> 11-12(2013): 8-12.</p> <p>DWSD – Dezentrale Reinigung von Straßenabflüssen (Projekthomepage: http://www.kompetenzwasser.de/DSWT.565.0.html?&L=0&type=title%25253dacceleratetesterparty_2014_44%2Fsilvester_56_20140104_2072200316.jpg20131217_1580223391.jpgture-galleries-kita%2Flong-time-ago%2Fnovember11320%2F77309-1-ger-DE%2FNovember11320_gall); Zugriff: 22.03.2016.</p> <p>SenStadt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung) (2011): <i>Konzepte der Regenwasserbewirtschaftung, Gebäudebegrünung, Gebäudekühlung - Leitfaden für Planung, Bau, Betrieb und Wartung</i>. Berlin. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/bauen/oekologisches_bauen/download/SenStadt_Regenwasser_dt_bfrei_final.pdf; Zugriff: 22.01.2014.</p> <p>Wicke, D.; Matzinger, A.; Rouault, P. (2015): <i>Relevanz organischer Spurenstoffe im Regenwasser Berlins. Abschlussbericht</i>. Berlin: Kompetenzzentrum Wasser. http://www.kompetenzwasser.de/fileadmin/user_upload/pdf/forschung/OgRe/Abschlussbericht_OgRe_final_rev2.pdf; Zugriff: 22.02.2106.</p>

WW-2	ÜBERFLUTUNGSTAUGLICHE GESTALTUNG DER OBERFLÄCHE DER STADT (STRASSEN, PLÄTZE, PARKS, SPORTFLÄCHEN, STELLPLÄTZE USW.)			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	Die Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung zielen auf einen klimaorientierten Umgang sowohl von durchschnittlich anfallenden Niederschlagsmengen als auch von Extremereignissen. Neben der Versickerung und Verdunstung von Regenwasser (WW-1) können, um eine Reduktion			

	<p>der extremen Abflusspeaks und Schäden an Gebäuden und empfindlichen Infrastrukturen zu vermeiden, temporär überflutungstaugliche Flächen geschaffen werden. Diese temporären Stauräume und Notwasserwege, die das anfallende Niederschlagswasser umleiten, tragen zur Vermeidung der Belastung der Gewässer und Minderung von Schäden an Gebäuden und Infrastruktur bei (PIROTH/WEINGÄRTNER/SCHMITT et al. 2015).</p> <p>Die überflutungstaugliche Gestaltung der Oberfläche der Stadt erfordert eine ressortübergreifende Zusammenarbeit der Akteure der Wasserwirtschaft, Stadt-, Verkehrs- und Grünplanung sowie der Immobilienwirtschaft.</p> <p>Das Merkblatt DWA-M 119 (DWA 2015) zeigt die methodischen Ansätze zur systematischen Gefährdungs- und Risikoanalyse für Siedlungsgebiete in Bezug auf lokale Starkregen auf. Außerdem werden Hinweise zur Risikokommunikation und zur Konzeption von Maßnahmen gegeben, darunter auch solche zur Verbesserung der Überflutungstauglichkeit der Stadtoberfläche.</p> <p>Die Erstellung von Risikokarten (siehe WW-11) ist eine wesentliche Grundlage, um in den Risikogebieten der Überflutung gezielt Gegenmaßnahmen einzuleiten.</p>
Wirkung	<ul style="list-style-type: none"> - Vermeidung von Risiken und Schäden an Gebäuden und Infrastruktur in Folge von Starkregeneignissen - Vermeidung von Belastungen der Vorflutgewässer (Einhaltung der Zielvorgaben der VRRRL)
Nebeneffekte	Kosteneinsparung, da der technische Ausbau der Kanäle für die seltenen Ereignisse unverhältnismäßig groß ist.
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Ermittlung von Risikogebieten (siehe Maßnahme WW-11) - Verankerung von Maßnahmen der Überflutungsvorsorge bei privaten und öffentlichen Neubauten - Entwicklung von Modellprojekten von überflutungstauglichen Straßen und Grünflächen - Aufstellung von Leitfäden und Empfehlungen für die wassersensible Stadtentwicklung (siehe z.B. Hamburger Regelwerke für Planung und Entwurf von Stadtstraßen [ReStra] - Hinweise für eine wassersensible Straßenraumgestaltung (BWVI, 2015))
Akteure	Land Berlin (Stadtentwicklung), Berliner Wasserbetriebe, Bezirke (Grünflächen, Straßen- und Tiefbau), Immobilienbesitzer, Wohnungsunternehmen
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	<ul style="list-style-type: none"> - Sensibilisierung, Information, Vorbereitung und Risikokarten geringer Mittelbedarf - Bei baulicher Umsetzung im Bestand in Abhängigkeit zum Umfang und Art der Maßnahme - Bei Neubau ohne oder mit geringen Mehrkosten verbunden
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Keine
Kommentare	<p>Literatur:</p> <p>BWVI (Hamburger Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation)(2015): Wissensdokument Hinweise für eine wassersensible Straßenraumgestaltung, Hamburger Regelwerke für Planung und Entwurf von Stadtstraßen [ReStra], Hamburg, 2015.</p> <p>DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft) (2015): Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge - Analyse von Überflutungsgefährdungen und Schadenspotenzialen zur Bewertung von Überflutungsrisiken - Entwurf (Juli); (Online: http://www.dwa.de/dwa/shop/shop.nsf/Produktanzeige?openform&produktid=P-DWAA-9XR8B9; , Zugriff: 27.01.2016).</p> <p>Piroth, K.; Weingärtner, D.; Schmitt, T.G.; Sommer, U. (2015): Wassersensible Stadtentwicklung als Beitrag zur kommunalen Überflutungsvorsorge – Planung und Umsetzung. Korrespondenz Abwasser, Abfall 62(8): 729-734.</p>

WW-3	ANPASSUNG DER ANLAGEN DER ABWASSERINFRASTRUKTUR AN STARKREGENEREIGNISSE			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Wo die Entkoppelung der Regenentwässerung von den zentralen Systemen durch die Anpassung der Oberfläche (siehe WW-2) nicht möglich ist, sollte zur Vermeidung von Mischwasserüberläufen der Ausbau der Stauraumerweiterung fortgeführt werden, um unterirdische Kapazitäten zu aktivieren. Die Fortführung des derzeitigen Ausbaus der Stauraumerweiterung (laufendes Mischwassersanierungsprogramm der BWB) leistet bereits einen entsprechenden Beitrag.</p> <p>Allerdings können die technischen Systeme nicht alles leisten. Für Extremereignisse sind gebäudebezogene Maßnahmen (Sicherung von Kellerschächten und Tiefgaragen, Anlage von barrierefreien, ebenerdigen Zugängen mit entsprechendem Gefälle usw.) ergänzend vorzuhalten.</p> <p>Mit Auffangkapazitäten in schwimmenden Pontons in der Spree (Pilotanlage „Spree 2011“ / LURITEC® (LURITEC o.J.) als Alternative zum Kanalausbau werden derzeit erste Erfahrung gewonnen, die BWB haben Ende 2015 ihre Absicht erklärt, die Pilotanlage am Berliner Osthafen zu übernehmen.</p>			
Wirkung	<ul style="list-style-type: none"> - Vermeidung von Belastungen der Vorfluter in Folge von Starkregenereignissen - Einhaltung der Ziele der WRRL und damit der Wassergüte der Berliner Gewässer 			
Nebeneffekte	<p>Baukastensysteme mit schwimmenden Pontons in der Spree können besondere, mehrfachgenutzte Flächen (z.B. Gastronomie) gewonnen werden. Angenehme Freiräume, besonders bei Hitzeereignissen, entstehen.</p>			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Identifizierung der gefährdeten Gebiete - Entwicklung von Konzepten - Kostenermittlung - Finanzierungskonzept 			
Akteure	<ul style="list-style-type: none"> - Land Berlin (für Umwelt zuständige Senatsverwaltung) - Berliner Wasserbetriebe - Ggf. Einbeziehung von privaten Anbietern 			
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	<ul style="list-style-type: none"> - Abhängig vom Umfang der Maßnahmen 			
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Keine			
Kommentare	<p>Kommentar: LURITEC (o.J.): Spree 2011; http://www.luritec.com/de/LURI.watersystems.GmbH/Presse%20%2526%20Downloads/; Zugriff: 07.12.2015.</p>			

WW-4	ANPASSUNG DER ANLAGEN UND DES BETRIEBS DER ABWASSERINFRASTRUKTUR AN TROCKENHEIT UND HITZEEREIGNISSE			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Hitze und Trockenperioden stellen die Wasserwirtschaft vor besondere Herausforderungen. Die Resilienz der Abwasserinfrastruktur kann durch die Anpassung der baulichen Anlagen und des Betriebs gesteigert werden.</p> <p>Maßnahmen die bereits heute umgesetzt werden, sollten zur Vermeidung von Geruchsbelastung und Materialschädigung ausgeweitet werden. Dazu gehört die Sicherung von Mindestabfluss, Lüftung, Querschnittveränderungen, Spülung etc. Bereits heute sind Schwerpunkte die Stellen der Kanalisation, wo in größeren Mengen Öle, Fette und andere organische Stoffe durch Haushalte oder Gastronomie anfallen.</p> <p>Die Berliner Wasserbetriebe forschen zusammen mit der TU Berlin und dem Kompetenzzentrum Wasser Berlin in einer Kanalforschungsanlage, um effiziente und kostengünstige Lösungen zur Geruchsbekämpfung zu entwickeln. Im Erfolgsfall sind die entsprechenden Lösungsansätze schnell ins Kanalnetz zu integrieren.</p>			
Wirkung	Vermeidung von Geruchsbelästigung, Sicherung von Lebensqualität in der Stadt			
Nebeneffekte	Keine			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Ausweitung und Fortführung der bestehenden Maßnahmen - Ermittlung von besonders Belastungsgebieten - Ermittlung weiteren Forschungsbedarfs - Kurzfristig Ermittlung Handlungsbedarf, langfristig schrittweise Umsetzung 			
Akteure	<ul style="list-style-type: none"> - BWB - Kompetenzzentrum Wasser - Forschungseinrichtungen - Land Berlin (für Umwelt und Stadtentwicklung zuständige Senatsverwaltungen) 			
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Mittelbedarf abhängig vom Umfang und Fristigkeit der Umsetzung der Maßnahmen			
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Keine			

WW-5	(TRINK)WASSERQUALITÄT SICHERN			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Die ausreichende Versorgung mit Trinkwasser und die Sicherung der Qualität ist Teil der Elementarversorgung. Hitzeereignisse sorgen für eine Erhöhung der Trinkwassernachfrage. Trockenperioden und Starkregeneignisse beeinflussen die Berliner Wasserbilanz (siehe WW-12 Erforschung der Risiken und Chancen des Klimawandels für die Berliner Wasserbilanz). Unter Berücksichtigung der Forschungsergebnisse zur Wasserbilanz müssen Wasserhaushalt und Wasserqualität auch in der Stadt im Klimawandel gewährleistet werden. Zunehmend genauere Analysemethoden ermöglichen es den Berliner Wasserbetrieben, Stoffe in immer geringeren Konzentrationen im Wasserkreislauf identifizieren zu können.</p> <p>Durch die Sicherung der Mindestzuflüsse der Fließgewässer, den Erhalt von Wasserschutzgebieten (Qualitätssicherung, Sickerwasserzunahme durch Förderung des Waldumbaus), die Erhöhung der Grundwasseranreicherung (durch Versickerung und Vermeidung von Versiegelung) und die Fortführung der Kooperationen zwischen Berlin und Brandenburg zur Wasserqualität stadtexterner Quellen kann zur Sicherung des Wasserhaushalts und der Wasserqualität beigetragen werden.</p>			
Wirkung	Sicherstellung einer ausreichenden und qualitativ hochwertigen Trinkwasserversorgung			
Nebeneffekte	Vermeidung von Beeinträchtigungen von Feuchtgebieten durch Grundwasserabsenkung			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Ermittlung von Risiken - Aufstellung eines Handlungskonzept ‚Trinkwasserqualität Berlin im Klimawandel‘ - Kurzfristige Vorbereitung, langfristige schrittweise Umsetzung von Maßnahmen 			
Akteure	<ul style="list-style-type: none"> - Berliner Wasserbetriebe - Land Berlin (Umwelt) 			
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	<ul style="list-style-type: none"> - In Abhängigkeit zum Maßnahmenumfang, - Kostenermittlung nach Zusammenführung der Einzelmaßnahmen des Handlungskonzeptes 			
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Keine			

WW-6	STEIGERUNG DER KLIMATISCHEN WIRKSAMKEIT VON URBANEN GEWÄSSERN			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Wasserflächen mit entsprechender Ausprägung oder Gestaltung sind wichtige klimatische Ausgleichsräume in der hitzeangepassten Stadt. Sie sind Ventilationsbahnen für Kalt- und Frischluft und fungieren als Wärmespeicher, die ihre Umgebung kühlen. Berlins Gewässer und Wasserflä-</p>			

	<p>chen bergen hier noch erhebliche Potentiale.</p> <p>Folgende Maßnahmen erhöhen die klimatische Wirksamkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Durchführung von Renaturierungsmaßnahmen an stehenden und Fließgewässern - Anlage von wechselfeuchten, temporär überstaubaren Flächen entlang der stehenden und Fließgewässer - Erhöhung des Anteils an vegetativen Randstreifen, Erhöhung des Röhrichtbestandes - Anlage von kleineren Wasserflächen in Grün- und Freiflächen zur Erhöhung der Kühlwirkung (urban wetlands) - Vermeidung von Barrieren zur Sicherung des Luftaustauschs zu umgebenden Stadtgebieten <p>Durch Aufweitung der Überschwemmungsgebiete und Schaffung von weiteren Retentionsräumen (z.B. Panke) sollen Schäden durch Hochwasser an den Flüssen vermieden werden.</p>
Wirkung	Entgegenwirkung des Hitzeinseleffekt und bioklimatischer Belastungssituationen, Vermeidung von Schäden durch Überschwemmung
Nebeneffekte	Positive Auswirkungen auf die Menschliche Gesundheit
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	Erstellung/Umsetzung Integrierter Gewässerentwicklungskonzepte
Akteure	<ul style="list-style-type: none"> - Land Berlin (Umwelt: Wasserbehörde) - Bezirke - Berliner Wasserbetriebe
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	In Abhängigkeit zum Umfang der Maßnahmen; Soweit möglich verknüpfen mit Maßnahmen, die sowieso durchgeführt werden
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Keine
Kommentare	In der Planungshinweiskarte wird die Flächenkulisse dieser Maßnahme angegeben (GEO-NET 2015: 105)

WW-7	AUSBAU DES TRINKBRUNNENNETZES BERLIN			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>In Hitzeperioden ist die Deckung des steigenden Bedarfs an Flüssigkeit wichtig, um gesundheitliche Folgen zu vermeiden. Das Kaufen einer ausreichenden Menge an Getränken ist nicht für Alle und zu jeder Zeit möglich (geschlossene Geschäfte am Sonntag, teurere Getränkepreise in Cafés, Shops). Die Versorgung mit kostenfreiem Trinkwasser ist eine wirkungsvolle Maßnahme um Belastungssituationen bei Hitzeereignissen zu begegnen (vgl. MGBS-7).</p>			

	<p>Durch den Ausbau des Trinkbrunnennetzes, das von Mai bis Oktober kühles Trinkwasser bereitstellt, kann der steigende Bedarf an Flüssigkeit sichergestellt werden. Schwerpunkt sollten Räume mit viel Publikum sein (Bahnhöfe, DB, S-Bahn, U-Bahn, Plätze, Parks, Schulen, Bildungseinrichtungen, Orte für Großveranstaltungen usw.).</p> <p>Die nächsten Trinkbrunnen können über die App „Trink Lotsen“ der Berliner Wasserbetriebe aufgerufen werden.</p> <p>Ergänzend kann bei Veranstaltungen in Hitzeperioden der gesteigerten gesundheitliche Gefährdung, durch Anstrengung und Hitze, durch mobile ‚Trinkbrunnen‘ begegnet werden (wie z.B. Wasserwagen BWB bei Karneval der Kulturen).</p> <p>Künstlerischen Vorhaben wie kostenfreie temporäre Mikro-Schwimmbäder an zentralen Plätzen und in den Quartieren können Aufmerksamkeit für das Thema Wasserversorgung erzeugen (siehe auch Public Space, 2014).</p>
Wirkung	Vermeidung von gesundheitlichen Schäden
Nebeneffekte	Kosteneinsparung im Gesundheitswesen
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Entwicklung von Konzept, Öffentlichkeitsarbeit - Gewinnung von Partnern der Umsetzung - Kurzfristig Start, schrittweise Umsetzung
Akteure	<ul style="list-style-type: none"> - Land Berlin (Umwelt, Bildung) - Bezirke - Berliner Wasserbetriebe - Private Institutionen mit hohem Publikumsverkehr - Veranstalter von Großveranstaltungen
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	<p>Kostenermittlung auf der Grundlage eines Konzeptes</p> <p>Umsetzung durch Partner</p>
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Keine
Kommentare	<p>Literatur:</p> <p>BWB [Berliner Wasserbetriebe](o.J.): Trink Lotse; www.bwb.de/content/language1/html/trink-lotse.php; Zugriff: 26.01.2016</p> <p>Public Space (2014): Public Bath; Online: http://publicspace.org/en/works/h186-piscina-temporara-in-strada-verona; Zugriff: 01.02.2016.</p>

WW-8	PROJEKT BADEN IN DER STADT			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>In Hitzeperioden ist ein erfrischendes Bad für Gesundheit und Lebensqualität in der Stadt förderlich. Schwimmbäder können aus Kostengründen nur begrenzt ausgebaut werden. Eine kostengünstigere Variante ist die Nutzung der bestehenden Gewässer zum Baden. Insbesondere in Hitzeperioden sollen die Möglichkeiten zum Baden verbessert werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Durchführung von Maßnahmen zur Entwicklung und Sicherung von Badewasserqualität in der Spree und in den Kanälen durch Vermeidung von Mischwasserüberläufen und Stoffeinträgen in die Gewässer - Erhöhung der Selbstreinigungskraft der Gewässer durch naturnahe Ufergestaltung - Erhalt und die Aufwertung vorhandener Badestellen (siehe auch Projekt „Flusshygiene“ (Kompetenzzentrum Wasser 2016) - Anlage von neuen Badestellen in der Stadt, - Genehmigung des Baden in der Spree im urbanen Kontext - Schaffung von kleineren Erfrischungsorten (Wasserspielplätze, „Planschen“ in Grün- und Parkanlagen). - Anpassung der Öffnungszeiten von Freibädern in Hitzeperioden <p>Erste Pilotprojekte, wie z.B. „Flussbad“ an der Museumsinsel können die Qualität von Baden in Gewässern in der Stadt aufzeigen und so zur Gewinnung von Unterstützerkonstellationen auch für weitere Projekte beitragen.</p>			
Wirkung	<p>Abkühlung und Förderung der Gesundheit</p>			
Nebeneffekte	<p>Positive Effekte:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Steigerung der Lebensqualität in der Stadt in Hitzeperioden - Entwicklung eines positiven Image ‚Badestadt Berlin‘ - Positive Wirkung auf Tourismuswirtschaft 			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Aufstellung Masterplan ‚Baden in der Stadt‘ - Entwicklung Handlungskonzept mit Einzelmaßnahmen - Schrittweise Umsetzung 			
Akteure	<ul style="list-style-type: none"> - Berliner Bäderbetriebe - Bezirke (Wasserspielplätze, Planschen, Badestellen) - Land Berlin (Umwelt - Wasserbehörde / Stadtentwicklung / Freiraumplanung) - Berliner Wasserbetriebe 			
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	<p>Kurzfristig Mittelbereitstellung für Masterplan ‚Baden in der Stadt‘</p>			
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	<p>keine</p>			

Kommentare	Literatur: <i>Kompetenzzentrum Wasser (2016): Flusshygiene; http://www.kompetenzwasser.de/FLUSSHYGIENE.592.0.html; Zugriff: 01.02.2016</i>
-------------------	---

WW-9	WASSERSENSIBLE STADTENTWICKLUNG ALS QUERSCHNITTORIENTIERTES THEMA			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Für eine wassersensible Klimaanpassung der Stadt ist das handlungsfeldübergreifende Zusammenwirken verschiedener Akteure entscheidend. Wassersensible Stadt bedeutet neben angepasster „Grauer Infrastruktur“ (z.B. Abwasserkanäle) für die Zukunft vor allem die Umsetzung der „Grün-blauen Infrastruktur“. Das heißt die Stadtoberfläche muss vermehrt entsprechende Anpassungsaufgaben übernehmen (Retention von Starkregen, Versickerung, Verdunstung – Siehe GSGF-5 Klimatische Qualifizierung der Stadtoberfläche). Das Potenzial der Stadtoberfläche kann nur gehoben werden, wenn die zahlreichen zuständigen Ressorts der öffentlichen Hand und Private die Maßnahmen in ihrem Feld integrativ umsetzen.</p> <p>Durch die Integration in Regelwerke wird die querschnittsorientierte Realisierung gefördert (Beispiel: Hamburger Regelwerke für Planung und Entwurf von Stadtstraßen (ReStra), Hinweise für eine wassersensible Straßenraumgestaltung: BWVI 2015. Bei der Umsetzung wird eine ressortübergreifende Zusammenarbeit (z.B. Straßengestaltung, Grünflächenplanung) erforderlich.</p> <p>Die Erstellung eines übergreifenden Anforderungskataloges für die wassersensible Stadtentwicklung, der für alle öffentlichen Maßnahmen eine Vorgabe darstellt, könnte zur einfacheren Implementierung beitragen.</p> <p>Um die Möglichkeiten der wassersensible Stadtentwicklung bei privaten Maßnahmen stärker zu verankern, sollte eine Prüfung der rechtlichen und finanziellen Instrumente erfolgen (z.B. Bauordnung Berlin, Niederschlagsgebühren, Katalog der Festsetzungen in der Bebauungsplanung, Förderrichtlinien im Städtebau usw.). Erste Hinweise der rechtlichen Rahmenbedingungen für die Überflutungsvorsorge geben GROTH/ BUCHSTEINER 2014).</p> <p>Im Rahmen von Wettbewerben kann die Integration von Vorgaben bei Neubauten der öffentlichen Hand (öffentliche Gebäude, z.B. Schulen), zur Umsetzung beitragen und gute Beispiele können platziert werden.</p>			
Wirkung	Schrittweise Förderung einer klimaangepassten Stadt			
Nebeneffekte	<ul style="list-style-type: none"> - Vermeidung von Schäden in Folge von urbanen Überflutungen - Erhöhung der Kühlwirkung in der Stadt 			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Kurzfristig: Erstellung von Leitlinien der wassersensiblen Stadtentwicklung - Kurzfristig: Erstellung eines Masterplans wassersensible Stadtentwicklung mit Handlungskonzept - Schrittweise Umsetzung des Handlungskonzeptes 			
Akteure	<ul style="list-style-type: none"> - Berliner Wasserbetriebe - Land Berlin (Umwelt, Stadtentwicklung) - Bezirke 			
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglich-	Kurzfristig Mittelbereitstellung für Masterplan und Handlungskonzept			

keiten)	
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Keine
Kommentare	Literatur: Groth, K., Buchsteiner, D. (2014): <i>Rechtliche Rahmenbedingungen und mögliche Steuerungsinstrumente im Zusammenhang mit der Überflutungsvorsorge in Siedlungsgebieten. Rechtsgutachten. Berlin.</i> http://www.bgmr.de/downloads/Expertise_Rechtliche%20Rahmenbedingungen_BBSR_Ueberflutungsvorsorge.pdf ; Zugriff: 12.12.2015.

WW-10	INFORMATIONSBEREITSTELLUNG FÜR GEFÄHRDETE STADTGEBIETE (RISIKOKARTEN)			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmen- beschreibung	<p>Die Vorsorgeverantwortung gegenüber Starkregeneignissen liegt bei der öffentlichen Hand und bei den privaten Akteuren. Maßnahmen des Überflutungsschutzes sind oft einfach umzusetzen und kostenintensiv (Erhöhung der Kellerschächte durch kleine Mauern oder Aufsätze, Ausrichtung von Gefälle). Damit können u.U. hohe monetäre Schäden vermieden werden.</p> <p>Um gezielt entsprechende Vorsorgemaßnahmen in den gefährdeten Stadtgebieten treffen zu können, ist die Erstellung einer gesamtstädtischen Risikokarte für urbane Überflutungen, z.B. als Teil des Berliner Umweltatlas, hilfreich. Private könnten sich damit selbständig informieren und Vorkehrungsmaßnahmen vornehmen. Das Wissen über den Gefährdungsgrad ist die Voraussetzung, um gezielt Maßnahmen durchzuführen. Im Zuge der Umsetzung der Hochwasser-Risikomanagement-Richtlinie (HWRM-RL; 2007/60/EG) ist es auch in Berlin zur Ausweisung von Überschwemmungsgebieten gekommen, die in Risikokarten dargestellt werden und für die bestimmte Nutzungseinschränkungen gelten (http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/wasser/hochwasser/de/download.shtml). Diese Gebiete beziehen sich allerdings nur auf Fließgewässer (Tegeler Fließ, Panke, Erpe, Müggelspree, Gosener Gewässer, Unterhavel), nicht auf urbane Überflutungen.</p> <p>Mit der Umsetzung der UVP-Richtlinie 2014 / 52 / EU (13) müssen Projekte in ihrer Anfälligkeit in Bezug auf den Klimawandel bewertet werden. Über Bebauungspläne entwickelte Vorhaben müssen auch hinsichtlich des Überflutungsrisikos bewertet werden. Eine gesamtstädtische Risikokarte für urbane Überflutungsgefahren würde diesen Schritt vereinfachen.</p>			
Wirkung	Grundlage für die gezielte Durchführung von Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge der öffentlichen Hand und von Privaten			
Nebeneffekte	Schadenminderung			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Erstellung einer gesamtstädtischen Risikokarte 			
Akteure	<ul style="list-style-type: none"> - Land Berlin (Hochwasserschutz, Wasserbehörde, Stadtplanung, Landesvermessung...) - Berliner Wasserbetriebe 			

Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglich- keiten)	Kurzfristig Mittelbereitstellung für Risikokarte
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Keine
Kommentare	<p>Der Deutsche Wetterdienst (DWD) bietet seit Kurzem eine radarbasierte Niederschlagsklimatologie an, die auf der Kombination von Daten des Bodenmessnetzes (Auflösung ca. 10 km x 10 km) mit Radarmessungen (Auflösung 1 km x 1 km) basiert (vgl. BECKER 2016). Daraus lässt sich das Starkregnerisiko auch für kleinteilige Stadtgebiete nunmehr besser abschätzen, der DWD betont ausdrücklich die Bedeutsamkeit dieser Information für Stadtplanung und Katastrophenschutz (vgl. ebd.). Kombiniert mit hoch aufgelösten Informationen zur Topographie und den hydrologisch relevanten Facetten der Stadtoberfläche (Risikokarten urbaner Überflutungen) können so relativ genaue Hinweise zur Klimaanpassung und für den Katastrophenschutz gegeben werden.</p> <p>Das Projekt KURAS wertet die Einsatzdaten der Berliner Feuerwehr zu pluvialen Hochwässern aus. Diese Informationen sollten in die Risikobewertung eingehen.</p> <p>Literatur: <i>Becker, P. (2016): Deutscher Wetterdienst wertet kleinräumige extreme Niederschläge seit 2001 aus. Städte können Starkregnerisiko jetzt besser einschätzen und sich anpassen. Klimapressekonferenz des Deutschen Wetterdienstes (DWD) am 8. März 2016 in Berlin.</i> http://www.dwd.de/DE/presse/pressekonferenzen/DE/2016/PK_08_03_2016/rede_becker.pdf?__blob=publicationFile&v=10; Zugriff: 22.03.2016.</p>

WW-11	ERFORSCHUNG DER RISIKEN UND CHANCEN DES KLIMAWANDELS FÜR DIE BERLINER WASSERBILANZ (WIRKUNG AUF WASSERVERSORGUNG/ NATURRÄUME/ OBERFLÄCHENGEWÄSSER/ BAUSUBSTANZ)			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmen- beschreibung	<p>Die Veränderungen der Klimaverhältnisse bringen komplexe Auswirkungen auf den Wasserhaushalt der Stadt mit sich. Für das Handlungsfeld Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft werden insbesondere die Verschiebungen der Niederschlagsmengen in die Wintermonate von Bedeutung sein. Der Berliner Grundwasserhaushalt wird im Schwerpunkt in dieser Jahreszeit aufgefüllt. Es liegen bisher jedoch keine Untersuchungen vor, wie sich im Gesamtjahresverlauf diese Veränderung auswirken wird. Ob z.B. mit einem geringeren Bedarf der künstlichen Grundwasseranreicherung gerechnet werden kann, oder dieser potenzielle Effekt durch die verlängerte Vegetationsperiode und den erhöhten Wasserverbrauch der Pflanzen ausgeglichen wird, ist noch unklar.</p> <p>Um steuernd im Sinne einer zukunftsorientierten Anpassung auf die Veränderungen einwirken zu können ist die Erforschung der Risiken und Chancen des Klimawandels für die Berliner Wasserbilanz (Wirkung auf Wasserversorgung/ Naturräume/ Oberflächengewässer/Bausubstanz) von großer Bedeutung.</p> <p>In Verknüpfung mit laufenden Forschungsvorhaben (z.B. Projekt KURAS) kann eine Modellierung des Wasserregimes / der Grundwasserverhältnisse Berlins als Wasserzehrregion inklusive einer Wirkungsanalyse auf die verschiedenen Schutzgüter Orientierungspunkt für die weitere Ausrichtung sein.</p>			
Wirkung	Grundlage für die zukünftige Ausrichtung der Wasserwirtschaft für Berlin			

Nebeneffekte	Besseres Wissen über die Versorgungssicherheit der Stadt
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Zusammenstellung und Auswertung des derzeitigen Kenntnisstandes (Status quo) - Entwicklung von Forschungsdesign in Verknüpfung mit den langfristigen Klimaprognosen
Akteure	<ul style="list-style-type: none"> - Land Berlin (Umwelt) - Berliner Wasserbetriebe / Kompetenzzentrum Wasser Berlin - Forschungsinstitutionen / Universitäten
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Nach Statusfeststellung des aktuellen Wissenstandes: Mittelbedarf in Abhängigkeit des Forschungsaufwandes
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Keine

10.1.4 Umwelt und Natur

UN- I	BERÜCKSICHTIGUNG DER BELANGE DES VORSORGENDEN BODENSCHUTZES IN DER RÄUMLICHEN PLANUNG			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Im Zuge des Klimawandels ist der unversiegelte naturnahe Boden einerseits selbst von den Folgen betroffen, z.B. durch Austrocknung oder Überschwemmung, er trägt andererseits aber auch durch seine Funktionen wie dem Wasserspeichervermögen zu einem mikroklimatischen Ausgleich und somit zur Anpassung an den Klimawandel bei. Dabei gelten Böden als besonders „klimarobust“, wenn sie eine hohe nutzbare Wasserspeicherkapazität besitzen (WILLAND et al. 2014). Dagegen kommt es bei bestimmten Formen der Versiegelung zu einer Verstärkung des Heat-Island-Effektes in der Stadt und zum Verlust wertvoller natürlicher Bodenfunktionen.</p> <p>Um dem zunehmenden Flächenverbrauch in Berlin zu begegnen, wird eine differenzierte Betrachtung, sowohl der qualitativen als auch der quantitativen Aspekte von Versiegelung notwendig. Qualitative Aspekte sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lenkung der baulichen Entwicklung auf Flächen, auf denen die Böden bereits durch frühere Nutzungen bebaut, verdichtet, versiegelt oder anderweitig überprägt sind, - deutliche Verringerung der baulichen Beanspruchung von Böden mit einer hohen Schutzwürdigkeit und einer bis dato geringen Versiegelung. <p>Als Grundlage soll hier die Umweltatlaskarte 01.13 „Planungshinweise zum Bodenschutz“ (SENSTADTUM 2015c) dienen, die zusammen mit dem „Leitbild und Maßnahmenkatalog für den vorsorgenden Bodenschutz in Berlin“ (SENSTADTUM 2015d) als Arbeitsinstrument zur differenzierten Bewertung der Leistungsfähigkeit der Berliner Böden, z.B. im Umweltbericht, dient.</p> <p>Der Ausgleich nachteiliger Auswirkungen auf den Boden durch Versiegelung ist im Prinzip nur durch Bodenentsiegelung zu erreichen. Darum sollte im Rahmen von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen verstärkt ein bodenschutzfachlicher Ausgleich gefordert werden. Dies kann auf der Grundlage der seit 2011 systematisch erfassten Entsiegelungspotenziale im Land Berlin vorgenommen werden. Die Umweltatlaskarte 01.16 „Erfassung von Entsiegelungspotenzialen“ (SENSTADTUM 2015a) sowie entsprechende Arbeitshilfen unterstützen die Umsetzung von Entsiegelungsmaßnahmen.</p> <p>Quantitativ betrachtet ist als Ziel eine ausgeglichene Flächenbilanz zwischen Ver- und Entsiegelung im Land Berlin festzuschreiben.</p>			
Wirkung	<ul style="list-style-type: none"> - Erhaltung von wichtigen klimarelevanten natürlichen Funktionen des Bodens - Reduzierung der Neuversiegelung, womit dem Heat-Island-Effekt entgegengewirkt wird - Entsiegelung von Flächen, die dauerhaft in den Naturraum integriert werden können 			
Nebeneffekte	<ul style="list-style-type: none"> - Schutz von Lebensräumen für Fauna und Flora - Anlegen von innerstädtischen Grünflächen - Erweiterung von bestehenden Schutzgebieten (NSG, LSG, Natura 2000) und Forstflächen 			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Schnellstmöglich Datendefizite identifizieren (siehe Maßnahme UN-2) - Bestehende Schutzwürdigkeitsstufen des Bodens aus der Planungshinweiskarte 01.13 zukünftig auf die Notwendigkeit der Klimaanpassung überprüfen 			
Akteure	Land Berlin (Umwelt – Bodenschutz)			
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglich-	Erstellung der Umweltatlas Karten für Boden: 40.000 €/Jahr, davon anteilig Information zu Belangen der Klimaanpassung			

keiten)	
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Leichte Synergien, da ein klimarobuster Boden auch weniger degradiert wird durch die Folgen des Klimawandels und somit auch mehr CO ₂ in den Böden bleibt. Klimarobuster Boden ist die Grundlage für klimarobuste Biodiversität.
Kommentare	<p>Literatur:</p> <p>SenStadtUm (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt) (2014): Dokumentation des Expertenworkshops „Entsiegelungspotenziale in Berlin“, Finanzierungsinstrumente und Kostenschätzung für Entsiegelungsmaßnahmen; http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/bodenschutz/de/vorsorge/download/Dokumentation-Workshop-16-07-2014.pdf; Zugriff: 18.12.2015.</p> <p>SenStadtUm (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt) (2015a): Umweltatlas Berlin; 01.16 Entsiegelungspotenziale (Ausgabe 2015); http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/i116.htm. Zugriff 27.11.2015.</p> <p>SenStadtUm (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt) (2015c): Umweltatlas Berlin. 01.13 Planungshinweise zum Bodenschutz (Ausgabe 2015). http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/i113.htm. Zugriff: 27.11.2015.</p> <p>SenStadtUm (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt) (2015d): Planungshinweise zum Bodenschutz: Leitbild und Maßnahmenkatalog für den vorsorgenden Bodenschutz in Berlin; http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/bodenschutz/de/vorsorge/download/Leitbild-Massnahmenkat_2015-07-21_mitAnhang.pdf; Zugriff: 17.12.2015.</p> <p>Willand, A. et al. (2014): Erarbeitung fachlicher, rechtlicher und organisatorischer Grundlagen zur Anpassung an den Klimawandel aus Sicht des Bodenschutzes, Teilvorhaben 1: Erarbeitung der fachlichen und rechtlichen Grundlagen zur Integration von Klimaschutzaspekten ins Bodenschutzrecht; in: Umweltbundesamt (Hrsg.): UBA-Texte 57/2014 ; https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/erarbeitung-fachlicher-rechtlicher; Zugriff: 17.12.2015.</p>

UN-2	BODENMONITORING: EINRICHTUNG VON INNERSTÄDTISCHEN BODENDAUERBEOBACHTUNGSFLÄCHEN			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>In Berlin gibt es bisher kein dauerhaftes Bodenmonitoring. Damit ist Berlin im deutschlandweiten Vergleich neben Bremen eins von zwei Bundesländern ohne Bodendauerbeobachtungsprogramm (Bodendauerbeobachtungsflächen, BDF) und das einzige Bundesland ohne eine digitale Bodenpunktdatenbank. Die Bodenkarten im Umweltatlas basieren auf unterschiedlichen Datengrundlagen, die im Westteil der Stadt z.B. auf Daten aus dem Jahr 1987 zurückgehen (GRENIUS 1987 in SENSTADTUM 2013). Auf der Grundlage von Flächennutzungsdaten, geologischen, topographischen Angaben, der Biotop- und Flurabstandserfassung wurden diese als sogenannte Konzeptkarten für die gesamte Stadt weiterentwickelt, und in unregelmäßigen Abständen aktualisiert. Diese Karten gestatten keine bzw. nur begrenzte Aussagen zur Veränderung der Bodenbeschaffenheit über die Zeit.</p> <p>Digitale Bodenpunktdaten bilden jedoch eine wesentliche Informationsgrundlage für umwelt- und klimaschutzbezogene Fragestellungen im Rahmen der Stadtentwicklung. Um zukünftig verlässlichere Aussagen zu klimarelevanten Bodenparametern ableiten zu können, ist darum die Einrichtung von innerstädtischen BDF und der Aufbau einer digitalen Bodenpunktdatenbank zwingend erforderlich. Zudem wäre es sinnvoll, die im Rahmen von Universitäten und anderen Instituten aufgenommenen punktuellen Bodendaten in einer zentralen Stelle zu sammeln, in die Bodenpunktdatenbank zu integrieren und deren Ergebnisse in die Bodenkarten des Umweltatlases einfließen zu lassen (vgl. Anhang II, I1.3: Bodenmonitoring).</p>			

Wirkung	<ul style="list-style-type: none"> - Erfassung und Beschreibung des aktuellen Bodenzustands - Langfristige Überwachung der Veränderungen des Bodens in Berlin unter den veränderten Bedingungen des Klimawandels - Ableitung von Prognosen und zielführenden Maßnahmen zum Schutz des Bodens
Nebeneffekte	k. A.
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Konzepterstellung über Funktion der BDF und den Aufbau einer bisher im Land Berlin noch nicht existierenden digitalen Bodenpunktdatenbank, Erfassung und Auswertung der Monitoringergebnisse sowie Vernetzung mit Bodenpunktdaten von Universitäten und anderen Instituten - Suche geeigneter innerstädtischer Flächen nach den Kriterien: offene, unversiegelte, innerstädtische Fläche; Berlin typischer Stadtboden; langfristig gesicherte Fläche; Möglichkeit zur Sicherung der Fläche zum Schutz vor Diebstahl - Langfristige Sicherung und Etablierung des Monitorings in der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Referat VIII C – Bodenschutz
Akteure	Land Berlin (Umwelt – Bodenschutz)
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	<ul style="list-style-type: none"> - Langfristige Sicherung der Finanzierung der geeigneten Bodendauerbeobachtungsflächen - Basis-BDF: 8-15.000 € für die einmalige Flächeneinrichtung + Betriebskosten von 1.500 €/ Jahr (ohne Personal) - Intensiv-BDF: 40- 50.000 €/ Jahr bei monatlicher Probenahme
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Offen: Erkenntnisgewinn über CO ₂ -Speicherung und Wasserspeicherfähigkeit, insbesondere des pflanzenverfügbaren Wassers der Berliner Stadtböden
Kommentare	<p>Literatur:</p> <p>Grenzius, R. (1987): Die Böden Berlins (West). Diss. TU Berlin.</p> <p>SenStadtUm (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt) (2013): Umweltatlas Berlin. 01.01. Bodengesellschaften (Ausgabe 2013). http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ic101.htm. Zugriff am 27.11.2015.</p>

UN- 3	SCHUTZ, PFLEGE UND RENATURIERUNG DER BERLINER MOORSTANDORTE			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Intakte Moore sind Kohlenstoff- und Nährstoffspeicher, bieten zahlreichen seltenen und bedrohten Tier- und Pflanzenarten Lebensraum und haben Einfluss auf den Wasserhaushalt und das lokale Klima. Durch den Klimawandel wird die ohnehin schon kritische Situation der Berliner Moore noch weiter verschärft. Schutz, Pflege und Renaturierung der Moorböden dienen somit nicht nur dem Klimaschutz, sondern vor allem auch der Klimaanpassung.</p> <p>Für Berlin ist nachgewiesen, dass ca. 50% der Moorböden direkt zum Kaltluftaustausch, mehr als 50 % zum Hochwasserschutz und mehr als 60% zum Wasserrückhalt in der Landschaft beitragen (HUB 2015 a). Von 76 Mooren in Berlin (0,8% der Landesfläche), sind jedoch bereits jetzt über 50% der Berliner Moorbodenfläche degradiert (HUB 2015 a).</p>			

	<p>Das Projekt „Berliner Moorböden im Klimawandel“ hat nicht nur die Moore Berlins untersucht, sondern auch eine Anpassungsstrategie auf Einzelmoorebene entwickelt. Die Ergebnisse dieser Studie sollten für die Umsetzung der hier genannten Maßnahme herangezogen bzw. genutzt werden. Nähere Informationen dazu sind der Projekt-Website zu entnehmen (http://www.berlinermoore.hu-berlin.de). Demzufolge sollten prioritär die Braunmoosmoore renaturiert werden, da sie viele Arten mit sehr hoher Schutzpriorität beheimaten, die durch den Klimawandel bedroht sind. Das Renaturierungsziel orientiert sich an dem dort entwickelten Leitbild:</p> <p>„Die Berliner Moore sind naturnahe Moorökosysteme, welche sich bei flurnahen mittleren Wasserständen durch Torfbildung oder mindestens Torferhaltung auszeichnen. Je nach Standort bestimmen unterschiedliche, moortypische Pflanzen- und Tierarten den Charakter des Moores.“ (HUB 2015 b)</p>
Wirkung	<ul style="list-style-type: none"> - Erhaltung/ Stärkung von Kohlenstoff- und Nährstoffspeichern - Erhaltung des Lebensraums für seltene und bedrohte Tier- und Pflanzenarten - Verbesserung des Wasserhaushalts und des lokalen Klimas
Nebeneffekte	k. A.
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Festlegung von prioritären Moorstandorten, auf denen die Maßnahme vorzugsweise umgesetzt werden soll - Entwicklung weiterer Förderprogramme zur Finanzierung (siehe Projekt „Miles for Moor“) - Etablierung der MoorFutures zur regionalen CO₂-Kompensation auch in Berlin (MLUV o. J.)
Akteure	Land Berlin (Umwelt - Obere Naturschutzbehörde), Stiftung Naturschutz Berlin; Humboldt Universität zu Berlin, ADT - Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- u. Gartenbauwissenschaften, FG Bodenkunde u. Standortlehre
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Kosten der Renaturierung: Braunmoosmoore ca. 10.000 €/ha (LUA 2004), Torfmoosmoore ca. 40.000 €/ha (STIFTUNG NATURSCHUTZ BERLIN 2013), aber abhängig von konkreter Umsetzung; Förderung der Renaturierungskosten z. B. über das Projekt „Miles for Moor“ der Stiftung Naturschutz Berlin oder über MoorFutures.
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	<ul style="list-style-type: none"> - Die Maßnahme trägt gleichzeitig zum Klimaschutz und zur Klimaanpassung bei. - Vgl. BEK-Maßnahme GeS-18 „Senkenbildung: Schutz, Pflege und Renaturierung der Moorstandorte“
Kommentare	<p>Literatur:</p> <p>HUB (Humboldt-Universität zu Berlin) (2015a): <i>Berliner Moorböden im Klimawandel; Entwicklung einer Anpassungsstrategie zur Sicherung ihrer Ökosystemleistungen</i>; Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften der HUB; Department für Nutzpflanzen- und Tierwissenschaften; Fachgebiet Bodenkunde und Standortlehre; http://www.berlinermoore.hu-berlin.de; Zugriff: 16.12.2015.</p> <p>HUB (Humboldt-Universität zu Berlin) (2015b): <i>Berliner Moorböden im Klimawandel: Ableitung</i>; http://www.berliner-moorboeden.hu-berlin.de/content/anpass/entwicklungsziele-ableitung.php; Zugriffsdatum: 18.12.2015.</p> <p>LUA (Landesumweltamt Brandenburg) (2004): <i>Leitfaden zur Renaturierung von Feuchtgebieten in Brandenburg; Studien und Tagungsberichte; Bd. 50; S. 124.</i></p> <p>MLUV (Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern) (o. J.): http://www.moorfutures.de/; Zugriff: 17.12.2015.</p> <p>Stiftung Naturschutz Berlin (2013): <i>Klimaschutzabgabe – Moorrenaturierung zur Kompensation von Treibhausgasemissionen - Klimaentlastende Renaturierung der Kleinen Pelzlaake (Müggelheim)</i>; http://www.stiftung-naturschutz.de/fileadmin/img/pdf/Foerderung/Klimaschutzabgabe/KlimaabgabeExpose_2013.pdf; Zugriff: 20.10.2015.</p>

UN-4	FORTFÜHRUNG UND AUSBAU DES BERLINER MOORMONITORINGS			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	Das aktuelle Moormonitoring wird in acht Mooren durchgeführt und umfasst ausschließlich Wasserstandsmessungen. Sinnvoll wäre eine Erweiterung um Vegetation- und Bodenaufnahmen sowie ggf. Faunengruppen. Sinnvoll wäre ein gemeinsamer konzeptioneller Rahmen mit anderen hier vorgeschlagenen Berliner Monitoringprogrammen.			
Wirkung	<ul style="list-style-type: none"> - Erkenntnisse zu Veränderungen der Moore in Berlin unter den veränderten Bedingungen des Klimawandels - Ableitung von zielführenden Maßnahmen 			
Nebeneffekte	k. A.			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	Langfristige Zusicherung der Finanzierung für ein dauerhaftes und erweitertes Moormonitoring			
Akteure	Land Berlin (Umwelt - Obere Naturschutzbehörde); Humboldt Universität zu Berlin, ADT - Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- u. Gartenbauwissenschaften, FG Bodenkunde u. Standortlehre			
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Derzeitig für acht Moore in Natura2000 Gebieten, finanziert durch die Obere Naturschutzbehörde: <ul style="list-style-type: none"> - hydrologisches Moormonitoring (Moorwasserpegel monatl. Datenlogger auslesen und Situation auch zu Niederschlagsverteilung und Grundwasserförderung BWB im Bericht hydrologisch bewerten) ca. 150.000 €/ a - Vegetation – Analyse von Dominanzbeständen (Zielvegetationseinheiten u. Störungszeiger) plus alle 3 Jahre Sphagnum-Kartierung u. Vegetationsaufnahme ca. 70.000 -100.000 €/ a Ggf. zukünftig: <ul style="list-style-type: none"> - Faunengruppen ca. > 100.000 €/ a (Interview Herr Brandt 2015; → Kap. 14, Teil II FOK-Endbericht) 			
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Keine			

UN-5	SICHERUNG, PFLEGE UND ENTWICKLUNG DER BERLINER WÄLDER			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	Ziel dieser Maßnahme ist die Sicherung, Pflege und Entwicklung der Berliner Waldflächen. Im Vordergrund der Maßnahme steht deswegen die weitere Förderung bzw. der Ausbau des Berliner Mischwaldprogramms, das seit 2012 zum Umbau der instabilen Kiefernreinbestände zu stabilen und vitalen Mischwaldbeständen umgesetzt wird. Um bis 2060 den Waldumbau auf etwa der Hälfte der			

	Berliner Waldfläche durch natürliche Verjüngung oder Pflanzung zu initiieren, müssen jährlich auf ca. 100 ha Fläche die jeweils erforderlichen waldbaulichen Maßnahmen durchgeführt werden (persönl. Information Riestenpatt/ Münte 2015; siehe Anlage 11.5, Interviews). Dazu gehören auch die Berliner Waldflächen, die im Land Brandenburg liegen. Mit der Maßnahme soll die Finanzierung gesichert werden.
Wirkung	Die Maßnahme stärkt diejenigen Funktionen des Waldes, die den Folgen des Klimawandels entgegenwirken bzw. dies abmildern: <ul style="list-style-type: none"> - Erhalt und Verbesserung der CO₂ Senkenleistung - Verbesserung des Wasserhaushaltes - Minderung des Oberflächenwasserabflusses bei Starkregenereignissen - Sicherung der Trinkwassergewinnung der Metropole - Schutz des Bodens - Luftreinhaltung - klimatischer Ausgleich - Erhaltung der biologischen Vielfalt
Nebeneffekte	<ul style="list-style-type: none"> - Erhaltung und Verbesserung der Lebensqualität der Menschen - Erhaltung der Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes - Gestaltung der Stadt, Erholung, Umweltbildung - Erhaltung des Landschaftsbildes
Notwendige Schritte/ Fris- tigkeit	Sicherstellung der langfristigen Finanzierung für die jährlichen waldbaulichen Maßnahmen durch den Senat
Akteure	Land Berlin (Umwelt), Berliner Forsten
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Öffentliche Kosten: Mischwaldprogramm 1 Mio. € pro Jahr
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	keine

UN-6	FORTFÜHRUNG DES ICP FOREST LEVEL-II-MONITORINGS			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmen- beschreibung	Die Daten, die im Forstlichen Umweltmonitoring der oberen Inventurebene (EU Level-II-Monitoring) erhoben werden, eignen sich aufgrund ihrer kontinuierlichen/ periodischen Aufnahmezeitpunkte und ihrer Standorttreue sehr gut, um daraus Erkenntnisse zur langfristigen Entwicklung der Böden und deren dynamische Bodenprozesse abzuleiten (KAUFMANN-BOLL/ KAPPLER/ LAZAR et al. 2011).			

	<p>In den Jahren 1987-2002 wurden von den Berliner Forsten drei Dauerbeobachtungsflächen des Level-II-Monitoring betrieben, von denen zwei Flächen im Grunewald und eine weitere im Köpenicker Wald lagen (SENSTADTUM o. J. a).</p> <p>Nach Ablauf des „Monitoringprogramms Naturhaushalt“ 2002 wurde eine Fläche im Grunewald von den Berliner Forsten unentgeltlich weiter beobachtet (persönl. Information Riestenpatt/ Münte 2015; siehe Anlage 11.5 Interviews). Hier erfolgen Langzeituntersuchungen mit Erhebungen von verschiedenen Komponenten des Energie- und Stoffhaushaltes wie Bodenzustand und Bodenphysik sowie von biologischen Systemreaktionen wie Kronenzustand, Bestandswachstum und Bodenvegetation. Zurzeit kann aufgrund der finanziellen Möglichkeiten nur ein begrenzter Messumfang (Level II Standard) gewährleistet werden (persönl. Information Riestenpatt/ Münte 2015; siehe Anlage 11.5 Interviews). Da aber konkrete Aussagen für zukünftiges Handeln abgeleitet werden müssen, sollte die Beobachtung aller drei Flächen in Zukunft fortgeführt werden und sollten zusätzliche Messwerte in Form des sogenannten Level II Core aufgenommen werden.</p>
Wirkung	<ul style="list-style-type: none"> - Erkenntnisse zu Veränderungen des Waldes in Berlin unter den veränderten Bedingungen des Klimawandels - Ableitung von zielführenden Maßnahmen
Nebeneffekte	Es werden zusätzliche Parameter z.B. zum Boden gemessen, die u.a. für das erforderliche Bodenmonitoring genutzt werden können
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	Langfristige Zusicherung der Finanzierung von Level-II-Dauerbeobachtungen der zusätzlichen Flächen im Grunewald und im Köpenicker Wald
Akteure	Land Berlin (Umwelt), Berliner Forsten
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	50.000 € pro Jahr und Fläche
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Keine
Kommentare	<p>Literatur:</p> <p>Kaufmann-Boll, C.; Kappler, W.; Lazar, S.; Meiners, G.; Tischler, B.; Baritz, R.; Düwel, O.; Hoffmann, R.; Utemann, J.; Makeschin, F.; Abiy, M.; Rinklebe, J.; Prüß, A.; Schilli, C.; Beylich, A.; Graefe, U. (2011): BOKLIM - Anwendung von Bodendaten in der Klimaforschung; in: Umweltbundesamt (Hrsg.): UBA-Texte 65/2011; https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4187.pdf; Zugriff: 17.12.2015.</p> <p>SenStadtUm (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt) (o.J. a): Dauerbeobachtungsflächen Level II; http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/monitoring/de/dauerbeobachtung/flaechen.shtml; Zugriff: 17.12.2015.</p>

UN-7	KONZEPT UND PFLANZLISTE ZUR VERWENDUNG VON KLIMARESILIENTEN UND STANDORTANGEPASSTEN ARTEN			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Straßen-, Wald- und Parkbäume, werden unter den geänderten Standortbedingungen im Zuge des Klimawandels erheblichem Stress durch Trockenheit, Schädlinge, Krankheiten und Spätfröste ausgesetzt sein. Um die Bäume in Berlin mit ihren essenziellen Klimafunktionen zu erhalten, ist die Erforschung von resilienten Arten wichtig, die in Berlin bereits begonnen hat (FELLHÖLTER/ SCHREINER/ ZANDER et al. 2015).</p> <p>Aufbauend darauf schlägt die Maßnahme die Erarbeitung eines Konzepts zur Verwendung von klimaresilienten und standortangepassten Arten vor. Es gilt, den Stand der Forschung auszuwerten und eine Pflanzliste inklusive Angabe zur Klimaresilienz zu erstellen. Die Empfehlung zur Verwendung gebietseigener Gehölze zur Pflanzung in der freien Landschaft (DER LANDESBEAUFTRAGTE FÜR NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSPFLEGE 2004) dient dabei als Grundlage und soll auf die städtisch geprägten Bereiche übertragen und ggf. angepasst werden. Wie die Untersuchungen der HU Berlin zeigen, sind es nicht unbedingt die heimischen Arten, die die „neue Generation“ der Straßenbäume darstellen (FELLHÖLTER/ SCHREINER/ ZANDER et al. 2015). Die Sorten-Auswahl in diesem Projekt basierte u.a. auf vorhergehenden Projekten wie „Stadtgrün 2021“ (EPEL/ SANDER 2012), der GALK Straßenbaumliste (GALK 2015) und der Klima-Arten-Matrix (ROLOFF/ BONN/ GILLNER o.J.), wobei berücksichtigt wurde, dass keine invasiven Arten gepflanzt wurden. Es ist ferner zu beachten, dass keine Bäume mit hohem Allergiepotezial verwendet werden (vgl. MGBS-12).</p>			
Wirkung	Sicherung des Stadtgrüns und der Klimafunktion der Bäume			
Nebeneffekte	Kosten für Pflege, Schädlingsbekämpfung und Ersatz werden voraussichtlich gesenkt			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Analyse zum Stand der Forschung zu klimaresilienten Arten in Berlin - Erstellung einer Pflanzliste gemäß der Empfehlung zur Verwendung gebietseigener Gehölze zur Pflanzung in der freien Landschaft und Übertragung auf den innerstädtischen Bereich 			
Akteure	Umwelt- und Naturschutzamt, Berliner Forsten, Pflanzenschutzamt			
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Konzept: 80.000 € Laufende Kosten: im Konzept zu benennen (wahrscheinlich eher gering, da keine zusätzlichen Baumpflanzungen vorgesehen sind, sondern lediglich die Neuausrichtung bestehender Programme)			
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	keine			
Kommentare	Literatur: <i>Der Landesbeauftragte für Naturschutz und Landschaftspflege (2004): Empfehlung zur Verwendung gebiets-eigener Gehölze zur Pflanzung in der freien Landschaft; Beschluss-Beirat-NL-14-12-04b; http://www.stadtentwicklung.berlin.de/natur_gruen/naturschutz/beirat/download/beschluesse/beschluss_2004_12_gebietseig_gehoelze.pdf; Zugriff 01.03.2016.</i> <i>Epel, J./ Sander, G. (2012): „Projekt Stadtgrün 2021“: Selektion, Anzucht und Verwendung von Gehölzen unter sich ändernden klimatischen Bedingungen, Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben Nr.: KL/08/02;</i>			

http://www.lwg.bayern.de/mam/cms06/landespflege/dateien/stadtgr%C3%BCn2021_abschlussbericht_2008_2012.pdf; Zugriff: 17.12.2015.

Fellhöter, G.; Schreiner, M.; Zander, M.; Ulrichs, C. (2015): Stresstest an Straßenbäumen in Berlin-Neukölln; in: ProBaum 2: 22-24; https://www.berlin.de/ba-neukoelln/politik-und-verwaltung/aemter/strassen-und-gruenflaechenamt/gruenflaechen/gruenflaechen/stresstest_an_strassenbaeumen_in_berlin_neukoelln.pdf; Zugriff: 17.12.2015.

GALK (Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz) (2015): GALK Straßenbaumliste; http://www.galk.de/arbeitskreise/ak_stadtbaeume/webprojekte/sbliste/; Zugriff: 17.12.2015.

Roloff, A.; Bonn, S.; Gillner, S. (o.J.): Klimawandel und Baumartenwahl in der Stadt – Entscheidungsfindung mit der Klima-Arten-Matrix (KLAM); https://www.frankfurt.de/sixcms/media.php/738/klam_stadt.pdf; Zugriff: 17.12.2015.

UN-8	EINRICHTUNG EINES FLÄCHENPOOLS/ ÖKOKONTOS FÜR BERLIN			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	In § 18 NatSchG Bln ist die Möglichkeit zur Bevorratung von Kompensationsmaßnahmen über das Instrument des Ökokontos vorgesehen. Auch im Rahmen der „Gesamtstädtischen Ausgleichskonzeption“ wird es vorgeschlagen (SENSTADTUM o.J. b). In Berlin wird jedoch diese Möglichkeit bisher noch wenig in Anspruch genommen. Eine neue Anregung zur Nutzung eines Ökokontos, evtl. verbunden mit der Einrichtung von Flächen-/ Maßnahmenpools, ist zu empfehlen. Damit können nicht nur naturschutzfachliche, sondern auch klimaverbessernde Maßnahmen zeitlich entkoppelt umgesetzt, gebündelt und langfristig gesichert werden, z.B. Entsiegelungsmaßnahmen (SENSTADTUM 2014) oder die klimatische Aufwertung von Brachflächen.			
Wirkung	Umsetzung naturschutzfachlicher und klimaverbessernder Maßnahmen			
Nebeneffekte	Artenschutz durch Freiraumverbund			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	Umsetzung der bestehenden Rechtsgrundlage			
Akteure	Land Berlin, Umwelt- und Naturschutzbehörden			
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Keine gesonderte Finanzierung nötig; dient als Finanzierungsinstrument für Klimaanpassungsmaßnahmen			
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Leichte Synergien: Flächenpools können auch dem Klimaschutz dienen bzw. können dort Klimaschutzmaßnahmen umgesetzt werden			
Kommentare	Literatur: SenStadtUm (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt) (o.J. b): Gesamtstädtische Ausgleichskon-			

zeption; <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/landschaftsplanung/lapro/de/plaene/ausgk.shtml>; Zugriff: 18.12.2015.

SenStadtUm (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt) (2014): *Wiederherstellung der natürlichen Bodenfunktion nach einer Entsigelung. Teil 2: Arbeitshilfe*. Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt.
<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/bodenschutz/de/vorsorge/download/arbeitshilfe1-wiederherstellung.pdf>; Zugriff: 18.12.2015.

UN-9	ÜBERPRÜFUNG VON BESTEHENDEN SCHUTZGEBIETEN			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Berlin besitzt eine Reihe von Schutzgebieten verschiedener Kategorien (SENSTADTUM o. J.f). Die Ausweisung von Schutzgebieten wurde bisher unter der Prämisse eines konstanten Klimas vollzogen. Durch den Klimawandel wird der Faktor Klima jedoch aus einer statischen zu einer dynamischen Komponente, wodurch das bisherige Konzept der Schutzgebiete in Frage gestellt werden sollte.</p> <p>Dabei sind Schutzgebiete gerade auch in Zeiten des Klimawandels aufgrund ihrer Vielfalt an seltenen und geschützten Arten von großer Bedeutung (VOHLAND/ BADECK/ BÖHNING-GAESE et al. 2011). HOLSTEN/ VETTER/ VOHLAND et al. (2009) haben für Brandenburg nachgewiesen, dass der Bodenwasserhalt in Schutzgebieten auch zukünftig wahrscheinlich höher als in der Umgebung bleiben wird, weshalb sie auch in Berlin u.a. für das lokale Klima essentiell bleiben werden und gesichert werden müssen.</p> <p>Durch Änderungen des Klimas mit seinen Folgen auf biotische und abiotische Faktoren kann jedoch der Schutzstatus eines Gebietes gefährdet werden, weil sein Schutzzweck durch den Wegfall von Lebensräumen oder die Abwanderung bestimmter Arten nicht mehr erfüllt ist. Geeignete Managementmaßnahmen können dazu dienen, die Auswirkungen des Klimawandels in den Schutzgebieten zu reduzieren, indem sie klimabedingten Veränderungen auf die Schutzgüter entgegenwirken (SCHUMACHER/ SCHUMACHER/ KRÜSEMANN et al. 2014).</p> <p>Zukünftig sind Überlegungen zu flexiblen Schutzgebietsgrenzen anzustellen, die in einer einfachen Art und Weise schon durch die Ausweisung von Pufferzonen umgesetzt werden können. Mögliche, rechtliche bereits existierende Werkzeuge hierfür sind die Anwendung von §22 Abs. 3 BNatSchG bzw. § 22 NatSchG Bln sowie Biotopverbünde oder die Einführung eines Verschlechterungsverbot für alle Schutzgebiete (vgl. Art. 6 (2) FFH-Richtlinie) (REICH/ RÜTER/ PRASSE 2012 und SCHUMACHER/ SCHUMACHER/ KRÜSEMANN et al. 2014). Die Biotopvernetzung wird in Zukunft eine noch größere Rolle einnehmen, da die Arten auf Grund des Klimawandels weiter wandern werden. Es gilt die Schutzgebiete durch lineare Landschaftselemente besser zu verbinden, um die Wanderung der Arten zu unterstützen. Aufgrund der für einige Arten begrenzten Möglichkeiten innerhalb Berlins sollte dies über die Grenzen Berlins hinaus in einer gemeinsamen Biotopverbundplanung mit Brandenburg entwickelt werden (vgl. LOTZE-CAMPEN/ CLAUSSEN/ DOSCH et al.2009).</p>			
Wirkung	<ul style="list-style-type: none"> - Der Erhalt schützenswerter Arten bzw. Lebensräume wird trotz Klimawandel begünstigt - Die Biotopvernetzung ermöglicht es den Arten auf Grund von Klimawandel zu wandern (Artenschutz). 			
Nebeneffekte	Schutzgebietsverbundsysteme sind für den Naturschutz wichtig			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Prüfung der Schutzzwecke der einzelnen Schutzgebiete in Berlin - Monitoring der Arten bzw. Lebensräume, um Grenzen zu überprüfen - Ausbau der Biotopvernetzung 			

Akteure	Land Berlin (Umwelt), Obere Naturschutzbehörde
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	k. A.
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	keine
Kommentare	<p>Literatur:</p> <p>Holsten, A.; Vetter, T.; Vohland, K.; Krysanova, V. (2009): Impact of climate change on soil moisture dynamics in Brandenburg with a focus on nature conservation areas. <i>Ecological Modelling</i> 220 (17): 2076-2087.</p> <p>Lotze-Campen, H.; Claussen, L.; Dosch, Noleppa, S.; Rock, J.; Schuler, J.; Uckert, G. (2009): Klimawandel und Kulturlandschaft Berlin. Im Auftrag: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Abteilung I, Gemeinsame Landesplanung Berlin-Brandenburg, Berliner Forsten, Berliner Stadtgüter GmbH; http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/landschaftsplanung/klimawandel/download/klimawandel_kulturlandschaft_endbericht.pdf; Zugriff 29.02.2016.</p> <p>Schumacher, J.; Schumacher, A.; Krüsemann, E.; Rebsch, S.; Becker, R.; Niederstadt, F.; Konold, W.; Wattendorf, P. (2014): Analyse des Bundesnaturschutzgesetzes im Hinblick auf Anpassungsstrategien an den Klimawandel; in: Louis, Hans/ Schumacher, Jochen (Hrsg.): <i>Naturschutzrecht im Klimawandel: Juristische Konzepte für naturschutzfachliche Anpassungsstrategien</i>; Berlin, Heidelberg: Springer, 180-201.</p> <p>SenStadtUm (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt) (o.J. f): <i>Naturschutz in Berlin: Schutzgebiete</i>; http://www.stadtentwicklung.berlin.de/natur_gruen/naturschutz/schutzgebiete/index.shtml; Zugriff 18.12.2015.</p> <p>Vohland, K.; Badeck, F.; Böhning-Gaese, K.; Hanspach, J.; Klotz, S.; Kühn, I.; Laube, I.; Schwager, M.; Trautmann, S.; Cramer, W. (2011): Schutzgebiete im Klimawandel – Risiken für Schutzgüter. <i>Natur und Landschaft</i> 5 2011: 204-213.</p>

UN-10	SICHERUNG UND PFLEGE DER BERLINER KULTURLANDSCHAFT			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Für Anpassungsmaßnahmen ist die Erhaltung der Kulturlandschaft Berlins von großer Bedeutung, die gleichermaßen für Natur- und Artenschutz und Erholung der Bevölkerung von Nutzen ist. Durch Beweidung und Grünlandbewirtschaftung bleiben diese Flächen erhalten und, zumindest teilweise, offen. Unter steigenden Temperaturen und häufigeren Extremereignissen gewinnen gerade diese Flächen als Freiflächen und klimatische Ausgleichsflächen an Bedeutung. Ziel der Maßnahme ist die Förderung von Bewirtschaftungsformen, die klimatische Ausgleichsfunktion und eine offene Kulturlandschaft zugleich unterstützen.</p> <p>Gute Beispiele bieten die Projekte auf der ehemaligen Rieselfeldlandschaft Hobrechtsfelde, wo ein Erprobungs- und Entwicklungsvorhaben (E+E) für das größte Waldweidegebiet Deutschlands 2015 abgeschlossen wurde (SENSTADTUM o.J.c), und dem NSG „Falkenberger Rieselfelder“, wo seit 1998 ein Beweidungsprojekt mit Abbildzüchtungen, also Wildformen von Pferd und Auerochse betrieben wird (SENSTADTUM o.J.f). Diese ungewöhnlichen Tierrassen locken viele BesucherInnen an und haben gleichzeitig den Vorteil, dass sie widerstandsfähiger gegenüber Umwelteinflüssen und pflegeleichter sind (SENSTADTUM o.J.g).</p>			

Wirkung	<ul style="list-style-type: none"> - Flächen bleiben offen, so dass ihre Funktion für Naherholung und klimatischen Ausgleich für die Bevölkerung erhalten bleibt - Arten- und Biotopschutz für seltene Flora/ Fauna
Nebeneffekte	<ul style="list-style-type: none"> - Falls nicht die üblichen Nutztierassen für die Beweidung eingesetzt werden, gewinnen die Flächen zusätzlich an Attraktivität und fungieren als Erlebnisort und Besuchermagnet, - Enge Verbindung zu HF Kultur, Tourismus & Sport, - Beitrag zur Umweltbildung, - Beitrag zur Wissenschaft durch Begleitmonitoring, z.B. bei E+E.
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	Falls nötig/möglich, neue, geeignete Flächen ausfindig machen.
Akteure	Land Berlin (Umwelt), je nach Lage und Bewirtschaftungsziel: Berliner Forsten, Naturparkverwaltungen, Berliner Stadtgüter, Gemeinden und Städte, Naturschutzstationen usw.
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Beispiel E+E Hobrechtsfelde: Laufzeit 2011-2015, mindestens 3,5 Mio. € über Förderungen (SENSTADTUM o.J.f)
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	keine
Kommentare	<p>Literatur:</p> <p>SenStadtUm (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt) (o.J. c): Größtes Waldweideprojekt Deutschlands wird erlebbar; http://www.stadtentwicklung.berlin.de/aktuell/pressebox/archiv_volltext.shtml?arch_1207/nachricht4729.html; Zugriff: 17.12.2015.</p> <p>SenStadtUm (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt) (o.J. f): Naturschutz in Berlin: Schutzgebiete; http://www.stadtentwicklung.berlin.de/natur_gruen/naturschutz/schutzgebiete/index.shtml; Zugriff 18.12.2015.</p> <p>SenStadtUm (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt) (o.J. g): Schutzgebiete - Landschaftspflege durch Beweidung: Rieselfeldlandschaft Hobrechtsfelde Erprobungs- und Entwicklungsvorhaben; http://www.stadtentwicklung.berlin.de/natur_gruen/naturschutz/schutzgebiete/de/pflege_entwicklung/beweidung/hobrechtsfelde.shtml; Zugriff: 17.12.2015.</p>

UN-11	SICHERUNG, STEIGERUNG UND MONITORING DES INNERSTÄDTISCHEN GRÜNVOLUMENS			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Ein Grünvolumenmonitoring wird für klimatische Auswertungen und Planungen („Planungshinweiskarte Stadtklima“, SENSTADTUM 2015b) benötigt und sollte daher eingeführt werden.</p> <p>Grünvolumen puffert Hitze (u.a. ASCCUE 2003-2006, TERVOOREN 2014), weshalb die Sicherung und Steigerung im Zuge des Klimawandels auch im Sinne der Erholungsfunktion noch an Bedeutung zunimmt.</p>			

Wirkung	<ul style="list-style-type: none"> - Verbesserung der klimatische Funktionen des Stadtgrüns: Verdunstung, Abkühlung, Beschattung, lokale Luftzirkulation, Staubbindung, Sauerstoffproduktion - Sicherung der Durchlüftungssituation mit Kalt- und Frischluft - Sicherung von Erholungsflächen
Nebeneffekte	<ul style="list-style-type: none"> - Verbesserung der Lebensqualität in der Stadt aufgrund des besseren Stadtklimas und –bildes - Nutzen für Biodiversität
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Status-quo-Analyse unter Verwendung der Umweltatlaskarte „Gebäude- und Vegetationshöhen (Ausgabe 2014) (SENSTADTUM 2014) - Aufbau eines Grünvolumenmonitorings, ggf. Etablierung im Umweltatlas - Nutzung des Grünvolumenmonitorings für klimatische Auswertungen und Planungen („Planungshinweiskarte Stadtklima“)
Akteure	Land Berlin (Umwelt - Informationssystem Stadt und Umwelt)
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	<p>Sicherung und Steigerung: gering – hoch (projektabhängig)</p> <p>Grünvolumenmonitoring: ca. 50.000 € pro Jahr, fünfjähriger Turnus</p>
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Leichte Synergien, da Grünvolumen als Kohlenstoffsенke wirkt
Kommentare	<p>Literatur:</p> <p>ASCCUE (2003-2006): <i>Adaptation Strategies for Climate Change in the Urban Environment (ASCCUE)</i>, University of Manchester.</p> <p>SenStadtUm (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt) (2014): <i>Umweltatlas Berlin. 06.10 Gebäude- und Vegetationshöhen (Ausgabe 2014)</i>. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/i610.htm; Zugriff: 10.03.2016.</p> <p>SenStadtUm (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin) (2015b): <i>Klimamodell Berlin: Planungshinweise Stadtklima 2015 – Hauptkarte (Umweltatlas)</i>; http://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp?&loginkey=showMap&mapId=wmsk_0411021_planungshin_haupt@senstadt; Zugriff: 07.12.2015.</p> <p>Tervooren, S. (2014): <i>Verification of vegetation in regard of greenvolume as potential for climate-adaption. Using the example of the state-capital Potsdam. Master Thesis. Potsdam.</i> http://www.unigis.ac.at/index.php/club-unigis/abschlussarbeiten/article/1496-verification-of-vegetation-in-regard-of-greenvolume-as-potential-for-climate-adaption-using-the-example-of-the-state-capital-potsdam; Zugriff: 10.03.2016</p>

UN-12	INFORMATIONSKAMPAGNE „KLIMAANPASSUNG IM KLEINGARTEN“			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Kleingärten erfüllen eine wichtige Erholungsfunktion in Berlin. Es gibt 918 Kleingartenanlagen, die insgesamt mehr als 3% der Stadtfläche einnehmen. Keine andere Großstadt hat eine vergleichbare Anzahl (SENSTADTUM o.J. d).</p> <p>Der Berliner „Gartenfreund“ ist die Mitgliederzeitschrift des Landesverbands Berlin der Gartenfreunde e.V., der in Berlin die Interessen von ca. 70.000 Kleingärtnerfamilien vertritt (LV GARTENFREUNDE o.J.). Der Verein bietet neben der Zeitschrift auch Seminare und Lehrveranstaltungen an. Diese Medien können genutzt werden, um beispielsweise in einer neuen Rubrik „Klimaanpassung“ Themen zu Hitzestress im Garten sowie Ratschläge zu klimaangepassten Fruchtfolgen, Schädlings-, Pilzbekämpfung und Artenauswahl, die speziell die Kleingärtner/-innen interessieren, zu veröffentlichen bzw. unterrichten. Erste Vorträge zu dem Thema sind bereits im aktuellen Seminar-Programm zu finden (LV GARTENFREUNDE 2015). Langfristig können somit negative Effekte auf Pflanzen und Boden vermindert werden.</p>			
Wirkung	Umweltbildung			
Nebeneffekte	Informationsgewinn und dadurch Steigerung der Akzeptanz bestimmter Vorschriften/ Gesetze			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	Da bereits Seminare zum Thema stattfinden und Kontakte zum Pflanzenschutzamt geknüpft sind, sind weitere Schritte wahrscheinlich ohne großen Aufwand umzusetzen und keine Konflikte zu erwarten.			
Akteure	Kleingartenvereine, Landesverband Berlin der Gartenfreunde e.V., Berliner Pflanzenschutzamt			
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Wie bisherige Artikel/ Seminare/ Vorträge, keine neuen Kosten			
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	keine			
Kommentare	<p>Literatur:</p> <p>LV Gartenfreunde (Landesverband Berlin der Gartenfreunde e. V) (2015): Termine Gartenseminare der Bezirksverbände 2015/16; http://www.gartenfreunde-berlin.de/downloads/uebersichtgartenseminare.pdf; Zugriff: 17.12.2015.</p> <p>LV Gartenfreunde (Landesverband Berlin der Gartenfreunde e. V) (o. J.): Herzlich Willkommen; http://www.gartenfreunde-berlin.de/; Zugriff: 17.12.2015.</p> <p>SenStadtUm (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt) (o.J. d): Kleingärten: Daten und Fakten; http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/stadtgruen/kleingarten/de/daten_fakten/index.shtml; Zugriff: 17.12.2015.</p>			

10.1.5 Energie- und Abfallwirtschaft

ENA-I	FÖRDERUNG ENERGIEEFFIZIENTER KÜHLSYSTEME IM NEUBAU UND BESTAND DURCH MODELLVORHABEN, ZZGL. INFORMATION UND BERATUNG VON IMMOBILIENEIGENTÜMERN			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Der bereits absehbare Trend zu ineffizienten stromverbrauchenden Einzelkühlgeräten in Büros und Privatwohnungen ist unter aktuellen Bedingungen klimaschädlich. Im Zeitfenster 2012 bis 2016 ist in Deutschland ein jährliches Durchschnittswachstum des Klimaanlageverkaufs von 2 Prozent (im Nichtwohnbereich) prognostiziert worden (ENBAUSA 2013). Mit vermehrt auftretenden heißen Sommern wird der Bedarf an Klimatisierung zunehmen. Berechnungen im Rahmen des Berliner Energie- und Klimaschutzprogramms (BEK) schätzen den Mehrbedarf für Gebäudekühlung im Jahr 2050 auf 1 bis 3 Prozent des dann erforderlichen Strombedarfs ein (HIRSCHL/ REUSSWIG/ WEIß et al. 2015a: 157).</p> <p>Im Neubau und Bestand sind daher effiziente und klimaverträgliche Systemlösungen (wie z.B. Gebäudeklimaanlagen, kombiniert womöglich mit passiver Kühlung) zu präferieren. Im Neubaubereich (und bei Erweiterungen im Bestand von über 50 m² Fläche) regelt die EnEV 2014 den sommerlichen Mindestwärmeschutz für Nichtwohngebäude (§ 4, Absatz 4) und verweist für das Nachweisverfahren auf DIN 4108-2 (Februar 2013), das ein vereinfachtes (Sonneneintragskennwerte) und ein aufwendigeres Verfahren (thermische Gebäudesimulation) vorsieht. Letzteres hat den Vorteil, dass der Nachweis mit wesentlich geringerem baulichem oder Lüftungstechnischem Aufwand erbracht werden kann (KARWATZKI/ NIKOLOVA 2016). Mindestziel wäre es hier, Unternehmen über die Vorteile dieses aufwendigeren Verfahrens zu informieren.</p> <p>Für Neubau und Bestand sollen darüber hinaus Modellvorhaben zu alternativen Gebäudekühlssystemen gefördert und Best-Practice-Fälle gut aufbereitet und in eine mit der Berliner Wirtschaft abgestimmte Strategie der Information und Beratung von Immobilieneigentümern eingebaut werden (vgl. als Grundlage: SenStadt 2011). Dabei ist ENA-4 sowie der im BEK vorgesehene Ausbau von Netzen, u.a. zur Bereitstellung von Klimakälte über Kälteverbünde zu beachten.</p> <p>Ein gutes Beispiel zur Bereitstellung von Information und Beratung liefert das Projekt „Max Kelvin – Entwicklung und Erprobung eines modularen Curriculums zur passiven und aktiven Kühlung von Gebäuden und Stadtquartieren“. Das Projekt analysiert Handlungs- und Entscheidungszusammenhänge bei der Planung von Maßnahmen zur passiven sowie aktiven Kühlung (UBA 2015a).</p>			
Wirkung	<p>Im Jahr 2010 lag der Anteil von klimaschädlichen teilhalogenierten Fluorkohlenwasserstoffen (HFKW) durch stationäre Klimatisierung bei 405 Tonnen. Dies entspricht 717 Tsd. Tonnen CO₂-eq (UBA 2015b). Für Berlin sind über eine zielgerichtete Förderung effizienter und klimaverträglicher Systemlösungen, u.a. mithilfe von Sensibilisierung und Informationsbereitstellung für die Installation von Gebäudeklimaanlagen (anstelle von nachträglich installierten Baumarkt Kühlgeräten) sowie mit einem aktiven Werben für passive Klimatisierungsansätze (bspw. über Begrünungen) auch im Sinne des Klimaschutzes alternative Kühlsysteme zu präferieren. Ein positives Beispiel für eine Maßnahme zur passiven Klimatisierung lieferte der Wettbewerb „Grüne Höfe – Gutes Klima“ der GRÜNEN LIGA (GRÜNE LIGA BERLIN 2011)</p> <p>Verbesserte (Neubau-)Standards könnten den Einsatz stromverbrauchender Einzelkühlgeräte überflüssig machen, sodass zukünftig eine klimaneutrale Kühlung im Bestand langfristig gewährleistet wird. Neben der Klimaverträglichkeit tragen energieeffiziente Kühlsysteme im Neubau und Bestand vor allem auch zu verringertem Stromverbrauch bei. So wird der Strombedarf für Gebäudekühlung in Berlin vom Stromnetz Berlin zurzeit auf 14 Prozent geschätzt (Mitteilung auf 1. AFOK Stakeholder-Workshop). Dieser Anteil könnte zukünftig mithilfe der Förderung energieeffizienter Kühlsysteme und der Bereitstellung von Informationen und Beratung auch im Sinne eines zukünftig angenehmen Stadtklimas verringert werden.</p>			
Nebeneffekte	<p>Verbesserung der Informationslage sowie der Sensibilisierung der betroffenen Akteure in der Stadtgesellschaft für das Thema Klimaanpassung, v.a. für die Bedeutung von integrierten Sys-</p>			

	<p>temansätzen und die Bedeutung von Begrünungsmaßnahmen.</p> <p>Hierbei ergeben sich mögliche Synergien mit folgenden AFOK-Maßnahmen anderer Handlungsfelder:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Begrenzung konventioneller Klimaanlage → HF Gebäude, Stadtentwicklung, Grün- und Freiflächen - Verbesserung der Informationen über gebäudebezogene Maßnahmen der Klimaanpassung für Private – Sensibilisierung für privaten Objektschutz für Mieter-/ und Eigentümer/-innen → HF Gebäude, Stadtentwicklung, Grün- und Freiflächen - Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes bei gewerblichen (Neu-)Bauten, inkl. Beratung und Begleitung von Unternehmen → HF Industrie, Gewerbe und Finanzwirtschaft
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<p>Die folgenden Schritte sind kurz- bis mittelfristig umzusetzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Modellvorhaben unterstützen und publik machen - Informationen bereitstellen und Bauherren bzw. Unternehmen für Installation von Gebäudeklimaanlagen und passiven Klimatisierungsansätzen sensibilisieren (bspw. über Workshops, Seminare, Informationsmaterialien) - Entwickeln einer Strategie mit der Berliner Wirtschaft um Informationen und Beratung von Immobilieneigentümern voranzubringen - Relevante Akteure hierzu identifizieren und vernetzen. Dies erfordert u.a. die Bereitstellung einer entsprechenden Plattform
Akteure	Land Berlin (Umwelt), IHK, Handwerkskammer, Branchenverbände, Bauherren und Unternehmen, Immobilienwirtschaft
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Finanzielle Förderung gegebenenfalls für den Aufbau einer Plattform zur Vernetzung der Akteure, inkl. Bereitstellung von Informationen und die Sensibilisierung der Unternehmen (über Workshops, Seminare, Informationsmaterialien) sowie ggf. für Modellvorhaben. Letzteres sollte kombiniert mit der Nutzung von bestehenden Fördermöglichkeiten für konkrete technische Umsetzungsaktivitäten, bspw. über das KfW-Energieeffizienzprogramm für Unternehmen (KfW 2015), erfolgen sowie vereinzelt über Wettbewerbe wie der der GRÜNEN LIGA.
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Energieeffiziente Klimaanlagen verbrauchen weniger Strom und führen – <i>ceteris paribus</i> – zu weniger CO ₂ -Emissionen. Vorliegende Maßnahme entspricht den BEK-Vorschlägen zu energieeffizienten Kühlsystemen sowohl im Handlungsfeld Gebäude und Stadtentwicklung als auch im Handlungsfeld Wirtschaft (vgl. HIRSCHL/ REUSSWIG/ WEIß et al.2015a: 155 ff.).
Kommentare	<p>Literatur:</p> <p><i>EnBauSa [Energetisch Bauen und Sanieren] (2013): Eurokrise lässt Markt für Klimaanlagen stagnieren;</i> http://www.enbausa.de/lueftung-klima/aktuelles/artikel/eurokrise-laesst-markt-fuer-klimaanlagen-stagnieren-3557.html; Zugriff: 17.12.2015.</p> <p>Grüne Liga Berlin e.V. (2011): <i>Grüne Höfe für ein gutes Klima. Die Broschüre zum Wettbewerb.</i> http://www.grueneliga-berlin.de/wp-content/plugins/downloads-manager/lupload/GL_Bro_Gr%C3%BCneH%C3%B6fe_100dpi.pdf; Zugriff: 12.12.2015.</p> <p>Hirschl, B.; Reusswig, F./ Weiß, J. et al. (2015a): <i>Für ein klimaneutrales Berlin. Entwurf für ein Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm (BEK). Endbericht. Berlin, November 2015;</i> http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/klimaschutz/bek_berlin/download/BEK-Endbericht-und-AnhangA.pdf; Zugriff: 09.12.2015.</p> <p>Karwatzki, J., Nikolova, M. (2016): <i>Mehr als nur Wärmeschutz. GEB: Fachzeitschrift für Gebäudeenergieberater</i> 03/2016: 32-37.</p> <p>KfW [Kreditanstalt für Wiederaufbau] (2015): <i>KfW-Energieeffizienzprogramm - Energieeffizient Bauen und Sanieren (276, 277, 278);</i> https://www.kfw.de/KfW-Konzern/Service/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-%28Inlandsf.%29-%28D-EN%29/Barrierefreie-Dokumente/KfW-Energieeffizienzprogramm-Energieeffizient-Bauen-und-Sanieren-%28276-277-278%29/; Zugriff: 17.12.2015.</p>

SenStadt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung) (2011): Konzepte der Regenwasserbewirtschaftung, Gebäudebegrünung, Gebäudekühlung - Leitfaden für Planung, Bau, Betrieb und Wartung. Berlin. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/bauen/oekologisches_bauen/download/SenStadt_Regenwasser_dt_bfrei_final.pdf; Zugriff: 22.01.2014.

SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin] (2015a): Für ein klimaneutrales Berlin. Entwurf für ein Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm (BEK). Endbericht. Berlin, November 2015; http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/klimaschutz/bek_berlin/download/BEK-Endbericht-und-AnhangA.pdf; Zugriff: 09.12.2015.

UBA [Umweltbundesamt] (2015a): Max Kelvin - Entwicklung und Erprobung eines modularen Curriculums zur passiven und aktiven Kühlung von Gebäuden und Stadtquartieren; <http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/werkzeuge-der-anpassung/tatenbank/max-kelvin-entwicklung-erprobung-eines-modularen>; Zugriff: 07.01.2016.

UBA [Umweltbundesamt] (2015b): Gebäudeklimatisierung in Deutschland; <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/produkte/fluorierte-treibhausgase-fckw/anwendungsbereiche-emissionsminderung/gebäudeklimatisierung>; Zugriff: 17.12.2015.

ENA-2	INSTITUTIONELLE VORSORGE GEGENÜBER POTENZIELLEN STÖRUNGEN IN DER STROMVERSORUNG			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Potenzielle (kurzzeitige bzw. kleinräumige) Störungsrisiken aufgrund von (Extrem-) Wetterereignissen (auch außerhalb Berlins) sind bei der Stromversorgung durch eine gegebene institutionelle Vorsorge zu mindern. Dazu gehören Maßnahmen wie die Entwicklung von Notfallplänen (inkl. Lastmanagement-Konzept und Störanalysen), die Aufstockung von Personal zu störanfälligen Zeiten (bspw. zur Mittagszeit mit besonders hoher Stromnachfrage) sowie das Bereitstellen von Notstromaggregaten durch die Netzbetreiber. Diese Aktivitäten beugen monetären Schäden (v.a. im Bereich der kritischen Infrastrukturen wie IKT, Gesundheits- oder Wasserversorgung, aber auch Produktionsverlusten in Unternehmen) vor, die durch Energieengpässe oder Fluktuationen in der Energiebereitstellung entstehen können.</p> <p>Ein konkretes Beispiel der institutionellen Vorsorge liefert das Projekt „VorAn – Vorausschauende Energiebereitstellung für produzierende Unternehmen als Anpassungsmaßnahme an den Klimawandel“ (UBA 2010). Hier werden durch die Entwicklung einer vorausschauenden Steuerung für eine modifizierte dezentrale Energieversorgung mögliche auftretende Störungsrisiken gemindert.</p> <p>Da bei länger anhaltenden Stromausfällen technische Vorkehrungen rasch an ihre Grenzen kommen, sind auch auf sozialer Seite Vorkehrungen zu treffen. Dies betrifft zum einen die Stärkung nachbarschaftlicher Selbsthilfe, zum anderen die Herstellung von Schnittstellen zwischen den verschiedenen Ebenen des „offiziellen“ Katastrophenschutzes und der lokalen Bevölkerung auf Bezirks- und Planungsraumbene. Dazu hat das Projekt „KatLeuchttürme – Bevölkerungsnaher Katastrophenschutz“ zur Entwicklung eines Konzeptes für Anlaufställen im Krisenfall (vgl. http://www.katleuchtturm.de) in Zusammenarbeit mit der Berliner Feuerwehr Vorschläge entwickelt, deren Umsetzung unterstützt werden sollte.</p>			
Wirkung	<p>In Berlin belaufen sich die Kosten für einen einstündigen Stromausfall („Blackout“) laut einer Studie des Hamburger Weltwirtschafts-Instituts (HWWI) zur Mittagszeit auf schätzungsweise 22,74 Millionen €. Fällt der Strom morgens um 6 Uhr aus, ergeben sich Kosten von rd. 10 Millionen € (WETZEL 2013). Mögliche Folgen sind bei einem anhaltenden Stromausfall von 2 Tagen ernste Versorgungsengpässe bzw. bei 4 Tagen eine eintretende Knappheit an Nahrungsmitteln (S+K VERLAG 2014). Diese Beeinträchtigungen und Schäden gilt es durch entsprechendes Handeln zu vermeiden.</p>			
Nebeneffekte	<p>Erhöhung der Sensibilisierung und Akzeptanz der betroffenen Akteure in der Stadtgesellschaft für das Thema Klimaanpassung (insbesondere über die Schaffung eines monetären Bewusstseins). Weitere Synergien ergeben sich mit den ebenfalls im Bereich Energiewirtschaft angesiedelten AFOK-Maßnahmen zur Verbesserung und Optimierung der Energieinfrastruktur mit Fokus Netze (vgl. E-</p>			

	<p>nA-4) und zur Verbesserung und Optimierung der Energieinfrastruktur mit Fokus Speicher (vgl. EnA-5).</p> <p>Eine wichtige Nebenwirkung der Umsetzung dieser Maßnahme jenseits energie- und klimapolitischer Fragen besteht in der Steigerung der allgemeinen Resilienz in Berlin, insbesondere wenn die vorgeschlagene Kombination aus technischen und sozialen Vorkehrungen für einen Blackout realisiert wird. Gerade der Aufbau der Schnittstellen zwischen Energieversorgern, Katastrophenschutz und nachbarschaftlicher Selbsthilfe bis auf die Ebene der 447 Planungsräume würde auch im Falle terroristischer Anschläge die Verwundbarkeit der Stadtgesellschaft herabsetzen.</p>
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<p>Die folgenden Schritte sind kurz- bis mittelfristig umzusetzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vulnerable Bereiche und Infrastrukturen identifizieren und lokalisieren, sodass Aktivitäten (z.B. Installation von Notstromaggregaten) gezielt im Stadtgebiet realisiert werden können - Zuständigkeit für entsprechende Aktivitäten (bspw. Erstellung von Notfallplänen) prüfen - Konzept für die (Weiter-)Entwicklung erarbeiten bzw. Aktivitäten in den relevanten Institutionen fest verankern - Bewusstsein schärfen (bspw. für die verbesserte Nutzung und Installation von Notstromaggregaten) - Personalstruktur anpassen, sodass störanfällige Zeiten besser überwacht werden können - Schnittstellen zwischen Energiewirtschaft, Katastrophenschutz und Bevölkerung aufbauen und ausstatten
Akteure	Netzbetreiber, Berliner Energieversorger, Branchenverbände und Unternehmen v.a. in Bereichen mit kritischen Infrastrukturen, Berliner Feuerwehr, Land Berlin (Inneres), Bezirke
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Finanzierung erfolgt über Netzbetreiber, Berliner Energieversorger und betroffene Unternehmen. Land Berlin (SenInnSp) übernimmt die Schnittstellen Katastrophenschutz/ Bevölkerung
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Synergien mit dem Klimaschutz, vgl. u.a. Maßnahme E-29 im Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm (BEK) „10% „Not“-Stromversorgung für systemrelevante Einrichtungen“ (HIRSCHL/ REUSSWIG/ WEIB et al. SENSTADTUM 2015a: 235).
Kommentare	<p>Literatur:</p> <p>S+K Verlag (2014): <i>Chaos bei Stromausfall in Berlin</i>; http://www.skverlag.de/rettungsdienst/meldung/newsartikel/chaos-bei-stromausfall-in-berlin.html; Zugriff: 04.01.2016.</p> <p>UBA [Umweltbundesamt] (2010): <i>VorAn – Vorausschauende Energiebereitstellung für produzierende Unternehmen als Anpassungsmaßnahme an den Klimawandel</i>; http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/werkzeuge-der-anpassung/tatenbank/voran-vorausschauende-energiebereitstellung-fuer; Zugriff: 07.01.2016.</p> <p>Wetzel, D. (2013): <i>Jede Stunde Blackout kostet 600 Millionen Euro</i>. In: <i>Die Welt</i>; 28.10.2013; http://www.welt.de/wirtschaft/article/121265359/Jede-Stunde-Blackout-kostet-600-Millionen-Euro.html; Zugriff: 04.01.2016.</p>

ENA-3	VERSTÄRKTE ABSTIMMUNGEN BEI DER PLANUNG UND REALISIERUNG VON ENERGIEANLAGEN MIT UMWELTBELANGEN			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	Bei der Planung und der Realisierung von Energieanlagen (vor allem großflächiger Anlagen in den Bereichen Erzeugung, Verteilung und Speicherung) sind unter Berücksichtigung der Klimaänderungen sowie der damit zusammenhängenden Bedarfe der Energiewirtschaft (Bereitstellung von Strom, Wärme und Kälte) verstärkt Umweltbelange einzubeziehen, um potenzielle Schäden an Flora und Fauna zu vermeiden. Hierbei ist das Festsetzen von Kriterien förderlich, die sowohl die Interessen der Energiewirtschaft für eine sichere und klimaneutrale Bereitstellung von Energie als auch des Natur- und Umweltschutzes (d.h. eine Vermeidung einer potentiellen Schädigung/ Verlust von Flora und (Boden-/ Gewässer-) Fauna) berücksichtigen. Dies erfordert die Organisation und Moderation eines entsprechenden Abstimmungsprozesses.			
Wirkung	Durch das Festsetzen von Kriterien können bei der Planung und der Realisierung von Energieanlagen negative Beeinträchtigungen auf den Lebensraum von Flora und Fauna vermieden werden. Als Beispiele dienen u.a. der (Aus-)Bau von Windenergieanlagen, Strom- und Wärmenetzen sowie Energiespeichern, welche sich sowohl auf die Zusammensetzung von Flora und Fauna als auch den Flächenverbrauch bzw. die Umweltgüte auswirken. Indem gezielt Kriterien zum Schutz der Umweltbelange festgesetzt werden, kann diesen potenziellen Beeinträchtigungen entgegengewirkt werden. Bereits einen guten Beitrag liefert das Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG). Dieses macht die Prüfung bei größeren öffentlichen und privaten Vorhaben zur wirksamen Umweltvorsorge verpflichtend. Eine Ausweitung auf kleinere Anlagen sollte geprüft werden. Ebenso sieht es die Beteiligung anderer Behörden sowie der Öffentlichkeit durch die zuständige Behörde vor (vgl. UVPG § 7 und § 9). Einen weiteren wichtigen Beitrag kann das ‚Climate Proofing‘ leisten, welches die systematische Berücksichtigung von Anpassungsfragen und die Entwicklung von Risikominderungsstrategien gegenüber klimabezogenen Extremereignissen sowie schleichenden Veränderungen vorsieht. Hierzu gibt es verschiedene Planungs- und Bewertungsansätze (vgl. ARL o.J.).			
Nebeneffekte	Verbesserung der Informationslage sowie der Sensibilisierung der betroffenen Akteure für das Thema Klimaanpassung bei Planungsprozessen. Mögliche Synergien ergeben sich hierbei auch mit der AFOK-Maßnahme UN-I zur Berücksichtigung der Belange des vorsorgenden Bodenschutzes in der räumlichen Planung →-vgl. Sektor Umwelt und Natur.			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	Die folgenden Schritte sind kurz- bis mittelfristig umzusetzen: <ul style="list-style-type: none"> - Potenzielle Schäden oder Verluste von Flora und Fauna identifizieren - Mögliche Kriterien formulieren und Verständigung zu entsprechenden Festsetzungen gemäß des gesetzlichen/ planerischen Handlungsrahmens. - Hierbei betroffene Akteure informieren und in den Prozess der Festsetzung von Kriterien mit einbeziehen. 			
Akteure	Land Berlin (Umwelt), Umwelt- und Naturschutzverbände, Planer/ Projektentwickler und Betreiber von Energieanlagen, Energieversorger			
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Förderung gegebenenfalls für Austausch (z.B. über runde Tische) zwischen den betroffenen Akteuren.			
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	keine			

Kommentare	<p>Literatur:</p> <p>ARL [Akademie für Raumforschung und Landesplanung] (o. J.): Climate Proofing; http://www.klima-und-raum.org/climate-proofing-dt-sicherung-gegen%C3%BCber-dem-klimawandel-sowie-pr%C3%BCfverfahren-zur-integration-von-klim; Zugriff: 08.01.2016.</p> <p>Hirschl, B.; Reusswig, F./ Weiß, J. et al. (2015a): Für ein klimaneutrales Berlin. Entwurf für ein Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm (BEK). Endbericht. Berlin, November 2015; http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/klimaschutz/bek_berlin/download/BEK-Endbericht-und-AnhangA.pdf; Zugriff: 09.12.2015.</p>
-------------------	--

ENA-4	VERBESSERUNG UND OPTIMIERUNG DER ENERGIEINFRASTRUKTUR MIT FOKUS NETZE			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Ausgehend von bereits gemachten Erfahrungen mit Stromausfällen in Berlin, ausgelöst u.a. durch zum Teil altersschwache und störanfällige Kabel in Kombination mit Extremereignissen wie Starkregen und Hitze (vgl. BZ 2013) sowie zukünftiger Energiebedarfe (v.a. im Bereich der Kühlung), bedarf es der Verbesserung und Optimierung der Energieinfrastruktur im Bereich der Strom- und Wärmenetze.</p> <p>Ausgangspunkt im Strombereich ist das Verteilnetz Berlins mit einer Länge von insg. 36.225 km, wovon 2 Prozent auf die Hochspannungsebene, 31 Prozent auf das Mittelspannungsnetz und 67 Prozent auf die Niederspannung entfallen. Außerdem verlaufen insgesamt 1,9% des Stromnetzes als Freileitungen und der Rest als Erdkabel (50Hertz o.J.).</p> <p>Die unter der Maßnahme zu fassenden Aktivitäten umfassen die verstärkte Umsetzung der Erdverkabelung ebenso wie die kontinuierliche Modernisierung und den Ausbau des Leitungsnetzes, unter Beachtung der verschiedenen Netzebenen und Betreiber. Erdkabel minimieren die Anfälligkeit gegenüber extremen Wettereinwirkungen, verstärkte und engmaschigere Netze reduzieren das Risiko von Stromausfällen (bei einem gleichzeitigen Ausgleich von Spitzenlasten).</p> <p>Im Wärmebereich verfügt Berlin aktuell über ein rd. 1.900 Kilometer langes Fernwärmenetz, welches jährlich um 20 bis 25 Kilometer erweitert wird (VATTENFALL 2016). Darüber werden momentan jede dritte Wohnung sowie Schulen, Krankenhäuser, Industrieanlagen und Bürogebäude mit Fernwärme versorgt (ebd.). Ebenso verfügt die Stadt über eine Vielzahl an Nahwärmenetzen. Diese Strukturen der Energiebereitstellung bedürfen der verstärkten Intensivierung und Optimierung, u.a. zur dezentralen Nutzung der Abwärme und den Ausbau von Wärme- bzw. Kälteverbänden.</p>			
Wirkung	<p>Durch die Verbesserung und Optimierung der Energieinfrastruktur mit Fokus Netze können potentiell vermehrt auftretende Beeinträchtigungen und Schäden in der Stromversorgung vermieden und die zukünftigen Energiebedarfe (v.a. im Bereich der Kühlung) besser adressiert werden. So lag im Jahr 2012 die Ausfallzeit des Stromnetzes für jeden Kunden in Berlin bei durchschnittlich 12 Minuten (VATTENFALL 2013). Mithilfe der verstärkten Umrüstung der restlichen 1,9% des Leitungsnetzes (d.h. rd. 690 km) auf Erdkabel sowie die Modernisierung und den Ausbau des Leitungsnetzes kann die potenziell zunehmende Gefahr von Stromausfällen bedingt durch Wettereinflüsse reduziert werden. Zudem kann Stromausfällen durch den Ausgleich von Spitzenlasten durch engmaschigere Netze (bspw. auch für die verstärkte Nachfrage nach Kühlung) zusätzlich vorgebeugt werden. Mit dem Ausbau der Wärmenetze und der kombinierten Erzeugung von Klimakälte wird zudem der zunehmenden Nachfrage nach Kühlung nachgekommen.</p>			
Nebeneffekte	<p>Über den weiteren Ausbau der Strom- und Wärmenetze ist die Verbesserung einer klimaangepassten Energieversorgung in Berlin möglich. Weitere Synergien ergeben sich im Bereich Energiewirtschaft mit den Maßnahmen zur Verbesserung und Optimierung der Energieinfrastruktur mit Fokus Speicher (vgl. EnA-5) sowie der institutionellen Vorsorge gegenüber potenziellen Störungen in der Stromversorgung (vgl. EnA-2).</p> <p>Mögliche Konflikte mit dem Naturschutz können sich durch zusätzliche Erdkabel ergeben, sofern dadurch negative Auswirkungen auf die Vegetation und die Biodiversität in der Stadt entstehen. Grund</p>			

	hierfür ist die Erwärmung des über den Erdkabeln liegenden Erdreichs, verursacht durch die hohe elektrische Leistung (KEMPKENS 2014). Dies ist bei Planungsprozessen zu berücksichtigen.
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	Die folgenden Schritte sind kurz- bis mittelfristig umzusetzen: <ul style="list-style-type: none"> - Umrüstung auf Erdkabel sowie Modernisierung und Ausbau des Stromleitungsnetzes (über engmaschigere Netze) weiter vorantreiben - Mögliche Aktivitäten für den Ausbau der Fern- und Nahwärme sowie die dezentrale Nutzung von Abwärme identifizieren und Projekte (u.a. zu Wärme- und Kälteverbänden) einleiten - Betroffene Akteure in der Stadtgesellschaft (z.B. Netzbetreiber, Energieversorger, Projektentwickler/ Planer, Bauherren) vernetzen und sensibilisieren
Akteure	Netzbetreiber, Berliner Energieversorger, Projektentwickler/ Planer, Bauherren
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Förderung gegebenenfalls für Austausch zwischen den betroffenen Akteuren.
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Synergien mit dem Klimaschutz entstehen durch die Verbesserung und Optimierung der netzbedingten Systemdienstleistungen für eine (dezentrale) Transformation des Energiesystems in Berlin (vgl. BEK).
Kommentare	Literatur: <i>BZ (2013): Wenn das Stromnetz überhitzt; http://www.bz-berlin.de/artikel-archiv/wenn-das-stromnetz-ueberhitzt; Zugriff: 04.01.2016.</i> <i>IHK [Industrie- und Handelskammer Berlin]/ HWK [Handwerkskammer Berlin] (2012): Strom- und Gasnetz im Fokus; https://www.ihk-berlin.de/blob/bihk24/innovation/Politische_Positionen/Download/2263612/89b89fd70bd0f69b4e7fc547cb45ba69/Gutachten_Rekommunalisierung-data.pdf; Zugrissdatum: 04.01.2016.</i> <i>Kempkens, W. (2014): Stromautobahnen: Pilotprojekt mit Erdkabeln startet; http://green.wiwo.de/stromautobahnen-pilotprojekt-mit-unterirdischen-kabeln-startet/; Zugriff: 04.01.2016.</i> <i>Vattenfall (2013): Das Berliner Stromnetz ist wetterfähig. In: Newsletter Berliner Energiewende; http://www.vattenfall.de/de/berliner-energiewende/file/newsletter-berliner-energiewende-oktober-2013.pdf_46124923.pdf; Zugriff: 04.01.2016.</i> <i>Vattenfall (2016): Fernwärmeverteilung; https://www.vattenfall.de/de/geschaeftskunden-waerme-berlin-verteilung.htm; Zugriff: 04.01.2016.</i>

ENA-5	VERBESSERUNG UND OPTIMIERUNG DER ENERGIEINFRASTRUKTUR MIT FOKUS SPEICHER			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	Potenziell vermehrt auftretende (Extrem-) Wetterereignisse können vor allem über den Stromimport zu Beeinträchtigungen und Schäden in der Strom- und Wärmeversorgung führen. Über die Verbesserung und Optimierung der Energieinfrastruktur im Bereich der Speicher kann dem entgegen gewirkt werden. So ist über den Ausbau von Energiespeichern eine zeitverzögerte Abdeckung von Spitzenlasten möglich. Dies gilt auch vor dem Hintergrund der zunehmenden Integration von erneuerbaren Energien in das Energiesystem. Momentan kommen rd. 4 Prozent der Primärenergie Berlins aus erneuerbaren Quellen (HIRSCHL/ REUSSWIG/ WEIB et al. 2015a), u.a. aus Solarenergie mit			

	rd. installierten 7.650 Solarthermie- und 5.000 Photovoltaik Anlagen (DGS 2014: 18). Eine Möglichkeit der Speicherung von Wärme bspw. im Solarbereich sind saisonale Aquiferspeicher (auf Basis von Niedrigtemperatur), die bei Bedarf die gespeicherte Wärme (u.a. auch zur Bereitstellung von Klimakälte) nutzbar machen. Zukünftig gilt es derartige Technologien und weitere innovative Speicheroptionen (sowohl im Strom- als auch im Wärmebereich) über die Bereitstellung von Informationen sowie Pilotprojekte weiter auszubauen, wie auch im BEK vorgeschlagen.
Wirkung	Mithilfe von verbesserten und optimierten Speichermöglichkeiten kann witterungsbedingten Beeinträchtigungen und Schäden in der Strom- und Wärmeversorgung vorgebeugt werden. Außerdem ist überschüssige Energie zeitverzögert nutzbar und eine Minderung von Überkapazitäten dadurch gegeben. Dies ermöglicht die Reduktion der Gefahr von Energieengpässen und verhindert gleichzeitig ein nötiges Abregeln der Netzspannung bei zu viel erzeugtem volatilen Strom (im Strombereich) bzw. von Netzverlusten (im Wärmebereich), bei gleichzeitiger Gewährleistung einer sicheren Energieversorgung.
Nebeneffekte	Über den Ausbau der Speichermöglichkeiten sind die Verbesserung einer klimaangepassten Energieversorgung in Berlin und gleichzeitig eine Sensibilisierung der Stadtgesellschaft möglich. Synergien ergeben sich im Bereich Energiewirtschaft hierbei v.a. mit den Maßnahmen zur Verbesserung und Optimierung der Energieinfrastruktur mit Fokus Netze (vgl. EnA-4) sowie der institutionellen Vorsorge gegenüber potenziellen Störungen in der Stromversorgung (vgl. EnA-2).
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	Die folgenden Schritte sind mittelfristig umzusetzen: <ul style="list-style-type: none"> – Bereitstellung von Informationen für innovative Speicheroptionen (z.B. solare Aquiferspeicher) – Potenzielle Standorte für innovative Speicheroptionen ermitteln und in bestehende Strukturen/ Bau- und Planungsvorhaben integrieren – Pilotprojekte für innovative Speicheroptionen identifizieren und Akteure (z.B. Energieversorger/ -dienstleister, Projektentwickler/ Planer etc.) vernetzen – Ggf. Forschungseinrichtungen einbinden
Akteure	Berliner Energieversorger/ -dienstleister, Netzbetreiber, Projektentwickler/ Planer, Ggf. Forschungseinrichtungen
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Förderung gegebenenfalls für Informationskampagne sowie Austausch zwischen den betroffenen Akteuren sowie ggf. für einzelne Pilotvorhaben (in Kombination mit der Akquise von weiteren Fördermitteln wie z.B. der Forschungsförderung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) innerhalb des 6. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung zum Thema Speicher, siehe: https://www.ptj.de/energiespeicher-anwendungen).
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Synergien mit dem Klimaschutz bestehen durch die Verbesserung und Optimierung der speicherbedingten Systemdienstleistungen für eine (dezentrale) Transformation des Energiesystems in Berlin, vgl. Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm (BEK)
Kommentare	Literatur: DGS [Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie] (2014): Solaranlagenkataster Berlin; http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/energie/solaranlagenkataster/download/Schlussbericht_Solar_kataster_2014.pdf ; Zugriff: 04.01.2016. Hirschl, B.; Reusswig, F./ Weiß, J. et al. (2015a): Für ein klimaneutrales Berlin. Entwurf für ein Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm (BEK). Endbericht. Berlin, November 2015; http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/klimaschutz/bek_berlin/download/BEK-Endbericht-und-AnhangA.pdf ; Zugriff: 09.12.2015.

ENA-6	SICHERUNG DER ABFALLSAMMLUNG BEI ANHALTENDER HITZE UND VERBESSERTER GESUNDHEITSSCHUTZ DER MITARBEITER/-INNEN			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	Die sehr wahrscheinlich zunehmende sommerliche Hitzebelastung erschwert die Arbeit der Außenbediensteten der Abfallsammlung bis hin zur Gesundheitsgefährdung. Um die Abfallentsorgung auch unter Klimawandelbedingungen zu sichern, müssen Maßnahmen ergriffen werden wie: Verschiebung der Leerungszeiten in frühere Morgenstunden oder Abendstunden bei Hitzewellen, Überprüfung der Abholzyklen in Abhängigkeit von Wettervorhersagen in besonders exponierten Stadtteilen, Prüfung technischer Möglichkeiten der Geruchsreduktion (insbes. bei Bio- evtl. auch bei Hausmülltonnen) sowie Getränkeversorgung für Mitarbeiter, Schutzvorkehrungen (Kleidung, Sonnencreme), Informationen (Erste Hilfe Pläne anpassen z.B. bei Hitzschlag). Der Einsatz von Elektrofahrzeugen kann die Lärm- und Abgasemissionen mindern. Mit Blick auf die teilweise mit Biogas betriebene Berliner Müllwagenflotte wären lärm mindernde Nachrüstungen zu prüfen.			
Wirkung	Durch die Verlagerung der Abholzyklen werden die Mitarbeiter/-innen besser geschützt, ebenso durch die Anpassung der Schutzvorkehrungen bei Hitzespitzen. Die Überprüfung der Abholzyklen sowie der technischen Möglichkeiten der Geruchsreduktion dient in erster Linie dem Schutz der betroffenen Bevölkerung, in zweiter auch dem der Mitarbeiter/-innen.			
Nebeneffekte	Verbesserung der Stadthygiene unter veränderten Rahmenbedingungen. Der mögliche Einsatz von Elektrofahrzeugen im Rahmen der verschobenen Schichten kann die Lärm- und Abgasbelastung mindern, ebenso die Nachrüstung der biogas-betriebenen Flotte. Aktuell stehen arbeits-/tarifrechtliche sowie praktische Gesichtspunkte (Laden- und Schulöffnungszeiten) dieser Maßnahme entgegen, die daher erst mittel- bis langfristig angegangen werden kann.			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	Die Anpassung der Schutzangebote für Mitarbeiter/-innen bei Hitze erfolgt kurzfristig nach Bedarf, sollte aber mit Blick auf die sich ändernde klimatische Situation immer wieder überprüft werden. Bei der Verschiebung der Leerungszeiten generell handelt es sich um eine mittel- bis langfristige Maßnahme, die betriebliche Abläufe berührt und die Abstimmung mit den Öffnungszeiten der Kitas, Schulen und Geschäfte erfordert (vgl. MGBS-9).			
Akteure	Entsorgungsunternehmen (z.B. Berliner Stadtreinigung, ALBA) für organisatorische Anpassung. Land Berlin (u.a. Wirtschaft) als Partner für die mittel- bis langfristige Umstellung der Öffnungszeiten.			
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Der verbesserte Hitzeschutz der Mitarbeiter/-innen kann ohne großen Mehraufwand durch die Entsorgungsunternehmen in Fortschreibung ihrer aktuellen Bemühungen erfolgen. Die möglicherweise erfolgende Verkürzung der Abholzyklen verursacht zusätzliche Kosten, die nur unternehmensintern und in Abhängigkeit von den abgedeckten Stadtgebieten berechenbar sind. Nicht abzuschätzen ist in diesem Zusammenhang auch, ob und ggf. wie sich dadurch die Abfallgebühren entwickeln werden. Mögliche Tarifänderungen können nur mittel- bis langfristig erfolgen; die Auswirkung auf die Kostensituation der Entsorgungsunternehmen ist derzeit nicht abzuschätzen.			
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	keine			

ENA-7	VERSTÄRKUNG DER BEMÜHUNGEN ZUR ABFALLVERMEIDUNG			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	Ein verringertes Abfallaufkommen zusammen mit einem besseren Trennverhalten der Bevölkerung entlastet die Abfallwirtschaft, verbessert die Recyclingquoten und trägt generell zur Ressourcenschonung bei. Insbesondere die „Verschiebung“ des biogenen Anteils von der Restmüll- zur Biotonne hat auch energetische Vorteile und trägt zudem zum Klimaschutz bei. Entsprechende Ansätze und Kampagnen (z.B. <i>Trennstadt Berlin</i>) sind auszubauen unter Verweis auf die Klimaanpassungs- und Klimaneutralitätsziele des Landes Berlin. Gesonderte Maßnahmen zur Eindämmung des Verbrauchs an Plastiktüten sollten gemeinsam mit Handel, Umwelt- und Verbraucherschutzorganisationen entwickelt werden. Modellvorhaben der BSR mit der Wohnungswirtschaft zur Abfallvermeidung sollten fortgesetzt und erweitert werden.			
Wirkung	Die Reduzierung des Abfallaufkommens würde die Umwelt und das Budget der Entsorgungsunternehmen entlasten. Die Verschiebung des biogenen Anteils aus der grauen Restmülltonne in die Biotonne würde die energetisch und stofflich verwertbaren Anteile im städtischen Abfallaufkommen erhöhen.			
Nebeneffekte	Positive ökologische Nebeneffekte der Abfallvermeidung bzw. besseren Mülltrennung Positive ökonomische Effekte der Abfallvermeidung bzw. besseren Mülltrennung für Entsorger/ private Haushalte			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Kampagne <i>Trennstadt Berlin</i> mit Blick auf Klimaschutz und Klimaanpassungsziele ausbauen - Verstetigung und Ausweitung von Modellvorhaben zur Abfallvermeidung zwischen BSR und Wohnungswirtschaft sowie Unternehmen - Ausweitung der Aktivitäten zur Eindämmung von Plastiktüten (z.B. Erweiterung des Akteursnetzwerks, Unterstützung durch Kampagnen) Kurz- und mittelfristig			
Akteure	BSR, Land Berlin (Umwelt), Handel, Umweltverbände			
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Mittelbedarf: gering - mittel			
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Synergien mit Klimaschutz durch Abfallvermeidung, da Emissionen der Abfallbeseitigung unterbleiben.			

10.1.6 Industrie, Gewerbe und Finanzwirtschaft

IGF-I	AUSWEITUNG DER BEREITSTELLUNG VON VERLÄSSLICHEN WETTER-PROGNOSEN			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Die Zunahme von Wetterextremen und sich stetig veränderten Wetterereignissen ändert die Rahmenbedingungen für wirtschaftliches Handeln (<i>shifting baseline</i>), speziell für wettersensible Branchen. In Zukunft wird es wichtig werden, kleinräumig aufgelöste Wetterprognosen mit möglichst hoher Verlässlichkeit denjenigen Akteuren in der Wirtschaft zeitnah zur Verfügung zu stellen, die eine besonders hohe Vulnerabilität aufweisen (z.B. Zustelldienste, Abfallwirtschaft, Baugewerbe, Land- und Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft).</p> <p>Wetterdienste wie der Deutsche Wetterdienst (DWD) oder die private Meteogroup bieten aktuell schon branchenspezifische Dienstleistungsangebote an (z.B. das „Bauwetter-Cockpit“ der Meteogroup (http://www.meteogroup.com/en/de/branchen/bauwirtschaft/produkte.html)).</p> <p>Die Berliner Wirtschaft soll für solche Angebote sensibilisiert und zu ihrer Nutzung im Bedarfsfall angeregt werden.</p>			
Wirkung	<p>Durch die Bereitstellung von verlässlichen Wetter-Prognosen kann die Planung und Umsetzung von gezielten Vorsorgemaßnahmen in den Berliner Unternehmen verbessert und damit finanzielle Schäden (Umsatzeinbußen) oder gesundheitliche Beeinträchtigungen reduziert bzw. vermieden werden.</p>			
Nebeneffekte	<p>Verbesserung der Informationslage sowie der Sensibilisierung der betroffenen Akteure in der Berliner Wirtschaft für das Thema Klimaanpassung. Eng damit verbunden sind mögliche Synergien mit folgenden AFOK-Maßnahmen anderer Handlungsfelder:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verbesserung Information über gebäudebezogene Maßnahmen der Klimaanpassung für Private – Sensibilisierung für privaten Objektschutz für Mieter/- u. Eigentümer/innen → <i>HF Gebäude, Stadtentwicklung und Grün- und Freiflächen</i> - Informationsbereitstellung für gefährdete Stadtgebiete (Risikokarten) → <i>HF Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft</i> - Aufbau von Frühwarnsystemen → <i>HF Menschliche Gesundheit und Bevölkerungsschutz</i> 			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<p>Die folgenden Schritte sind kurz- bis mittelfristig umzusetzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ankündigung der Maßnahme zwecks Sensibilisierung und Motivation durch Land Berlin und IHK - Umfrage seitens der IHK und der Branchenverbände zwecks Bestands- und Bedarfsermittlung - Runder Tisch der Berliner Wirtschaft zur Sensibilisierung und Spezifizierung des Bedarfs nach Wetterprognosen - Pooling der Bedarfe, Kontaktaufnahmen mit potentiellen Anbietern, Aushandlung von Konditionen - Branchen-/ unternehmensspezifische Festlegung der Formen und Formate der konkreten Informationsbereitstellung 			
Akteure	<p>IHK, weitere Branchenverbände (Träger) Land Berlin (Wirtschaft/ BerlinPartner) (Moderation)</p>			
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	<p>Kern der Maßnahme (branchenspezifische Wetterdatenbereitstellung) wird durch Wirtschaft getragen Land Berlin trägt die Moderationskosten</p>			

Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	keine
Kommentare	<p>In Berlin sind allein im Baugewerbe rund 3.300 Unternehmen mit rund 12.000 Beschäftigten tätig. Dazu kommen noch rund 13.500 Beschäftigte im Ausbaugewerbe, wie bspw. Haustechniker/innen, Maler- und Tapezierer/innen, Schreiner/innen etc.; Stand jeweils 2014 (IHK/ HWK 2015; AfS 2015). Wird in den Berliner Unternehmen nicht gehandelt, so ist unter Betrachtung aktueller Klimaprojektionen aufgrund von Extremereignissen wie Stürmen allein für das Baugewerbe eine Schadenssumme von rund 0,1 Prozent des BIPs für Europa vorstellbar (UBA 2011). Diese Summe gilt es durch gezielte Vorsorge zu begrenzen.</p> <p>Literatur:</p> <p>AfS [Amt für Statistik Berlin-Brandenburg] (2015): Baugewerbe. Basisdaten; https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/BasisZeitreiheGrafik/Bas-Baugewerbe.asp?Ptyp=300&Sageb=44000&creg=BBB&anzwer=5; Zugriff: 09.12.2015.</p> <p>IHK [Industrie- und Handelskammer Berlin]/ HWK [Handwerkskammer Berlin] (2015): Berliner Wirtschaft in Zahlen 2015; http://www.businesslocationcenter.de/imperia/md/blc/wirtschaftsstandort/standort/content/berliner_wirtschaft_in_zahlen.pdf; Zugriff: 09.12.2015.</p> <p>UBA [Umweltbundesamt] (2011): Ökonomische Aspekte der Anpassung an den Klimawandel. Literatúrauswertung zu Kosten und Nutzen von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel; https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4185.pdf; Zugriff: 09.12.2015.</p>

IGF-2	ENTWICKLUNG UND VERBREITUNG VON SCHULUNGSANGEBOTEN/ -MATERIALIEN ZUR PRÄVENTION VON SCHÄDEN DURCH WETTEREXTREME UND VERÄNDERNDE WETTEREREIGNISSE			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmen- beschreibung	<p>Zur Prävention von Schäden durch Wetterextreme und sich stetig verändernde Wetterereignisse sollte die Entwicklung und Bekanntmachung von Schulungsangeboten/ -materialien (ggf. auch mit einem spezifischen Branchenzuschnitt, z.B. Zielgruppe Bauherren und Planer) in der Berliner Wirtschaft gefördert werden. Vorstellbar sind hier spezifische Kurse/ Seminare/ (Online-) Lehrgänge, Broschüren, Info-Flyer etc. Ziel der Maßnahme ist (1) eine Sensibilisierung von Wirtschaft und Immobilieneigentümern für die Risiken des Klimawandels sowie (2) das Bündeln und Kommunizieren der Kompetenzen der Berliner Wirtschaft zur Anpassung daran.</p> <p>Ein konkretes Beispiel bietet das Projekt „Klaro: Klimarobust Planen und Bauen - Weiterbildungskonzept für Berater der Handwerksorganisation“ der Handwerkskammer Frankfurt-Rhein-Main (http://www.klaro-klimarobustbauen.de/de).</p>			
Wirkung	<p>Durch die Bereitstellung und Bekanntmachung von Schulungsangeboten/ -materialien können Dienstleister und Berater, Interessensvertretungen der Berliner Wirtschaft/ Verbände sowie die Unternehmen gezielt zum Thema Klimaanpassung sensibilisiert werden. Dies wiederum ermöglicht bei entsprechendem Handeln die Minderung des Schadenspotenzials durch Wetterextreme und Wetterveränderungen. In Berlin gibt es bspw. allein rd. 275 Tsd. IHK-zugehörige Gewerbetreibende, die in verschiedenen Branchen tätig sind; Stand Dezember 2014 (IHK/ HWK 2015). Diese könnten von den Schulungsangeboten/-materialien profitieren und verbesserte Anpassungsmaßnahmen modellhaft umsetzen bzw. etablieren. Laut der Behörde der Vereinten Nationen zur Katastrophenvorsorge (UNISDR) erzeugen Wetterextreme (materielle) Schäden in Höhe von rd. 1,1 Mrd. US-Dollar in Deutschland pro Jahr (KIEFERMEDIA 2014). Diese könnten heruntergerechnet auf die Berliner Unternehmen mithilfe dieser Maßnahme und entsprechende Folgeaktivitäten in den Unternehmen gemindert werden.</p>			

Nebeneffekte	<p>Verbesserung der Sensibilisierung und des grundsätzlichen Bewusstseins der betroffenen Akteure in der Berliner Wirtschaft für das Thema Klimaanpassung. Verbunden sind damit u.a. mögliche Synergien mit folgenden AFOK-Maßnahmen anderer Handlungsfelder:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verbesserung Information über gebäudebezogene Maßnahmen der Klimaanpassung für Private – Sensibilisierung für privaten Objektschutz für Mieter/- u. Eigentümer/innen → <i>HF Gebäude, Stadtentwicklung und Grün- und Freiflächen</i> - Einbindung der Klimaanpassung in bestehende Klimabildungsangebote → <i>Bildung und Öffentlichkeit</i>
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<p>Die folgenden Schritte sind kurz- bis mittelfristig umzusetzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Überprüfung bereits vorliegender Schulungsangebote/ -materialien - Klärung der Zuständigkeiten/ verantwortlichen Akteure für die (Weiter-) Entwicklung und Verbreitung von Schulungsangeboten/ -materialien; Fokus dabei auf übergreifende sowie branchenspezifische Angebote/ Materialien - Ebenfalls Fokus auf die langfristige Entwicklung der Wetterextreme und -veränderungen; hier ggf. Überarbeitung/ Anpassung von existierenden Schulungsangeboten/-materialien - Entwicklung neuer Schulungs- und Fortbildungsangebote - Bildung eines Pools von qualifizierten Unternehmen, die Lösungsangebote zur Klimaanpassung machen können (z.B. im Bauhandwerk, Heizung/ Sanitär/ Klima, Logistik, Versicherungswirtschaft, Abwasserlösungen, Dachbegrünung...)
Akteure	<p>IHK und weitere Branchenverbände, Spezifische Bildungsträger des Bundes und des Landes Berlin; relevante Akteure (spezifischer) Branchen (z.B. Bauherren und Planer)</p>
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	<p>Förderung sollte für die (Weiter-) Entwicklung und Verbreitung von Schulungsangeboten /-materialien bereitgestellt werden. Hierzu ggf. Inanspruchnahme von Fördermitteln über die Bekanntmachung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) zur Förderung von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel; 2. Bereich: Entwicklung von Bildungsmodulen zu Klimawandel und Klimaanpassung durch Wirtschaft/ Verbände..</p>
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	<p>In der Ausgestaltung und (Weiter-) Entwicklung der Angebote und Materialien sollte auf allgemeine Konflikte und Synergien mit dem Klimaschutz (z.B. bei der Nutzung von Dachflächen für Photovoltaik und/oder Begrünung etc.) eingegangen werden. Best-Practice-Lösungen sollten gezielt angeboten werden.</p>
Kommentare	<p>Literatur:</p> <p><i>IHK [Industrie- und Handelskammer Berlin]/ HWK [Handwerkskammer Berlin] (2015): Berliner Wirtschaft in Zahlen 2015;</i> http://www.businesslocationcenter.de/imperial/md/blc/wirtschaftsstandort/standort/content/berliner_wirtschaft_in_zahlen.pdf; Zugriff: 10.12.2015.</p> <p><i>KIEFERMEDIA (2014): UN-Statistiken: Wetterextreme erzeugen in Deutschland pro Jahr Schäden in Höhe von 1,1 Mrd. US-Dollar, 312 Tote; ; Zugriff: 10.12.2015.</i></p>

IGF-3	EINRICHTUNG VON RUNDEN TISCHEN ZUM ERFAHRUNGSUSTAUSCH UND ZUR VERNETZUNG ZWISCHEN STAATLICHEN INSTITUTIONEN, VERBÄNDEN UND UNTERNEHMEN			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Das Thema Klimaanpassung ist in weiten Teilen der Berliner Wirtschaft bislang noch immer von geringer Bedeutung. Über die Einrichtung von runden Tischen ist daher – wie im SteP Klima als Dialog mit der Wirtschaft formuliert (SENSTADT 2011: 62) die Etablierung eines kontinuierlichen Austausches und einer verstärkten Vernetzung zwischen staatlichen Institutionen, Verbänden und Unternehmen (branchenübergreifend/ -spezifisch) zu einzelnen Aspekten der Klimaanpassung (wie z.B. Adressierung von Themen der Gesundheitsprävention) zu fördern.</p> <p>Fokus sollte dabei auf Aktivitäten zur Information und Sensibilisierung der Berliner Wirtschaftsakteure liegen (z.B. bezogen auf einzelne Wetterextreme/ -veränderungen, Kosten/ Nutzen etc.); u.a. auch zur Dämpfung des technischen Anpassungsbedarf. Hierzu ist das Projekt Netzwerk Klimadialog in Bayern als ein Beispiel zu nennen (vgl. CO2NCEPT PLUS o. J.). Dieses verfolgt den Zweck über Vernetzungstreffen und Konferenzen eine Plattform für die Bewusstseinsbildung und Vernetzung der Unternehmen zum Thema Klimaanpassung anzubieten; siehe auch: http://www.klimadialog-bayern.de/.</p>			
Wirkung	<p>Mithilfe eines kontinuierlichen Austauschs und Vernetzung verschiedener (branchenübergreifender/ -spezifischer) Akteure über die Einrichtung von runden Tischen kann die Schadensprävention gegenüber Klimawandelfolgen verbessert werden. Die Kommunikation zwischen einzelnen Akteursgruppen führt zu einer gesteigerten Sensibilisierung für die Auswirkungen von einzelnen Wetterextremen/ -veränderungen der betroffenen Akteure der Berliner Wirtschaft. Damit können klimawandelbedingte Schäden in Unternehmen vermindert werden. Außerdem können auch Synergien mit Aktivitäten anderer Handlungsfelder und betroffener Akteursgruppen besser identifiziert und für einzelne Unternehmen nutzbar gemacht werden.</p>			
Nebeneffekte	<p>Verbesserung des Informationsgehalts und Generierung von (neuen) Kooperations- und Handlungsmöglichkeiten zum Thema Klimaanpassung in der Berliner Wirtschaft. Ferner Stärkung des Bewusstseins und der Sensibilität für Themen der Klimaanpassung in den beteiligten Unternehmen. Darüber hinaus ergeben sich mögliche Synergien mit folgenden AFOK-Maßnahmen anderer Handlungsfelder:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Einbindung der Klimaanpassung in Netzwerke und Verstetigungsprogramme zur Klimaneutralität → <i>HF Bildung und Öffentlichkeit</i> - Initiierung Stadtdebatte zum Paradigmenwechsel Regenwassermanagement „Schwammstadt“ → <i>HF Gebäude, Stadtentwicklung und Grün- und Freiflächen</i> 			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<p>Die folgenden Schritte sind kurz- bis mittelfristig umzusetzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nutzen von bestehenden Strukturen (Kontakte/ Netzwerke etc.) sowie Austausch zu gemachten Erfahrungen mit ähnlichen Formaten (vgl. EnergieEffizienzTisch Berlin) - Informieren und Einbinden von staatlichen Institutionen, Verbänden und Unternehmen - Klärung von Schwerpunktthemen der runden Tische und der relevanten Akteursgruppen <p>Abstimmung über Format des Austauschs und der Vernetzung</p>			
Akteure	<p>Land Berlin (Wirtschaft, BerlinPartner), Branchenverbände und weitere relevante Interessensvertretungen (z.B. Gewerkschaften, Umweltverbände, zivilgesellschaftliche Akteure), Unternehmen (unterteilt ggf. in Branchen bzw. nach Unternehmensgröße, Standort), ggf. Akteure anderer Handlungsfelder</p>			
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglich-	<p>Förderung sollte für den Anschub und erste Schritte der Maßnahme bereitgestellt werden. Mittelbedarf gering.</p>			

keiten)	
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	keine
Kommentare	<p>Literatur:</p> <p>co2ncept plus – Verband der Wirtschaft für Emissionshandel und Klimaschutz e.V. (o. J.): Netzwerk Klimadialog; http://www.klimadialog-bayern.de/images/downloads/121024_Flyer_Klimadialog.pdf; Zugriff: 12.01.2016.</p> <p>SenStadt [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung] (2011): <i>Stadtentwicklungsplan Klima. Urbane Lebensqualität im Klimawandel sichern</i>; http://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/stadtentwicklungsplanung/download/klima/step_klima_broschuere.pdf; Zugriff: 12.01.2016.</p>

IGF-4	ANPASSUNG DER BAUFÖRDERUNG UND VON AUSFÜHRUNGSFRISTEN FÜR BAUAKTIVITÄTEN			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmen- beschreibung	<p>Der Klimawandel wird perspektivisch zu milderem Wintern und heißeren Sommern führen. Damit modifiziert er die Rahmenbedingungen für saisonabhängige Branchen/ Unternehmen. Entsprechende Förder- und Ausführungsbestimmungen sollten mittelfristig angepasst werden. Dies gilt insbesondere für das Saison-Kurz-arbeitergeld und die Regelungen zu Bauausführungsfristen.</p> <p>Seit 2006 ersetzt das Saison-Kurzarbeitergeld (Saison-Kug) als Sonderform des Kurzarbeitergeldes der Arbeitslosenversicherung zusammen mit ergänzenden Leistungen das bisherige System der Winterbauförderung. Schlechtwetterzeit ist die Zeit vom 1. Dezember bis 31. März. Nutznießerbranchen sind hauptsächlich das Bauhaupt- und Nebengewerbe, der Gerüstbau, das Dachdecker-gewerbe und der Garten- und Landschaftsbau. Im Zuge des Klimawandels werden sich die Schlechtwetterzeiten tendenziell reduzieren, umgekehrt kann es durch sommerliche Hitzespitzen zu hinderlichen Witterungseinflüssen kommen, aus denen nicht zuletzt aus Gesundheitsgründen eine Unterbrechung der Arbeiten erforderlich sein kann. Es sollte darauf hingewirkt werden, dass das Saison-Kurzarbeitergeld auch für diese sommerlichen Ausfallzeiten beantragt werden kann (Bundesebene).</p> <p>Einer Anpassung bedürfen auch die Regelungen zur Gestaltung von Bauausführungsfristen. Die „Allgemeinen Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen“ (VOB/B) halten in § 6 Abs. 2 Nr. 2 fest: „Witterungseinflüsse während der Ausführungszeit, mit denen bei Abgabe des Angebots normalerweise gerechnet werden musste, gelten nicht als Behinderung.“ Es gehört zum Charakteristikum des Klimawandels, dass er die Annahmen darüber ändert, womit „normalerweise gerechnet werden muss“ (<i>shifting baseline</i>). Auch hier ist eine Anpassung erforderlich (Bundesebene).</p>			
Wirkung	<p>Anpassung der Bau- und Gartenbauarbeiten an den veränderten Witterungsverlauf, Absicherung von Auftragserfüllung und Beschäftigung, Verbesserung der Vertragssicherheit für Auftraggeber und Auftragnehmer. Verbesserter Gesundheitsschutz für die Beschäftigten.</p> <p>Im Jahr 2014 gab es in Berlin rd. 3.300 im Handelsregister eingetragene Unternehmen des Baugewerbes. Diese können durch diese Maßnahme ihre Arbeitsproduktivität steigern, d.h. weniger hitzebedingte Gesundheitsprobleme und somit verbesserte Arbeitsbedingungen für die Beschäftigten. Dies gilt insgesamt für rd. 12.000 im Jahresdurchschnitt im Baugewerbe beschäftigte Personen in Berlin und weitere rd. 13.500 tätige Personen im Ausbaugewerbe wie bspw. Haustechniker/innen, Maler- und Tapezierer/innen, Schreiner/innen etc. (IHK/ HWK 2015; AfS 2015). Letztere können ebenfalls von dieser Maßnahme profitieren.</p>			

Nebeneffekte	Verbesserung des allgemeinen Bewusstseins der Unternehmen und Beschäftigten im Baugewerbe und weiteren Branchen für das Thema Klimaanpassung und eine Veränderung von Wetterereignissen. Eng daran geknüpft ist die grundsätzliche Anpassung und Verbesserung des Arbeitsschutzes → vgl. <i>Handlungsfeld Menschliche Gesundheit und Bevölkerungsschutz</i> . Flankierende Absicherung des Berliner Stadtwachstums.
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	Die folgenden Schritte sind kurz- bis mittelfristig umzusetzen: <ul style="list-style-type: none"> – Bestandsaufnahme der Inanspruchnahme von Saison-Kurzarbeitergeld in Berlin bei der Bundesagentur für Arbeit und Verknüpfung mit den Berliner Wetterdaten zur Ermittlung der Relevanz – Ausarbeitung von Vorschlägen zur Neuregelung beim Saison-Kurzarbeitergeld und der VOB/B; Einbringen entsprechender Vorschläge auf Bundesebene – Parallel: Überprüfung der Möglichkeit, die Bauausführungsfristen in Berlin auch unter geltendem Recht den sich ändernden Klimabedingungen anzupassen. .
Akteure	Unternehmen im Bau- und Ausbaugewerbe, Garten- und Landschaftsbau, Dachdeckergewerbe, Bauindustrieverband Berlin-Brandenburg e.V., Gewerkschaften (IG Bau), Land Berlin (Justiz, Verbraucherschutz, Umwelt), Landesamt für Arbeitsschutz, Gesundheitsschutz und technische Sicherheit (LAGetSi).
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Förderung ggf. für Analyse und Bewertung der bisherigen Bauförderung und Ausführungsfristen sowie die Sensibilisierung der Unternehmen im Bau- und Ausbaugewerbe.
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	keine
Kommentare	Literatur: AfS [Amt für Statistik Berlin-Brandenburg] (2015): <i>Baugewerbe. Basisdaten</i> (Online: https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/BasisZeitreiheGrafik/Bas-Baugewerbe.asp?Ptyp=300&Sageb=44000&creg=BBB&anzwer=5 ; Zugriff: 09.12.2015). IHK [Industrie- und Handelskammer Berlin]/ HWK [Handwerkskammer Berlin] (2015): <i>Berliner Wirtschaft in Zahlen 2015</i> ; (Online: http://www.businesslocationcenter.de/imperia/md/blc/wirtschaftsstandort/standort/content/berliner_wirtschaft_in_zahlen.pdf ; Zugriff: 09.12.2015).

IGF-5	ERSTELLUNG UND UMSETZUNG BETRIEBLICHER KLIMAAANPASSUNGSKONZEPTE			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Das Auftreten von Wetterextremen und eine zukünftige Veränderungen der klimatischen Bedingungen bezogen v.a. auf Hitze und Niederschlag kann in den Unternehmen der Berliner Wirtschaft verstärkt zu Beeinträchtigungen führen. Eine Maßnahme zur Vorbeugung ist die Erstellung und Umsetzung betrieblicher Klimaanpassungskonzepte. Diese ist auch als Teil des betrieblichen Risiko-/Kontinuitätsmanagements und unternehmerischer Nachhaltigkeitsstrategien zu verstehen, ebenso auch als Sensibilisierungs- und Kommunikationsmedium.</p> <p>Bei der Erstellung der Konzepte sollte die Eigentümerstruktur der Unternehmen in Zusammenhang mit der unternehmensbezogenen Nutzung von Flächen, Gebäuden und Gebäudeteilen (wie z.B. Dä-</p>			

	<p>chern) berücksichtigt werden. Dies ist bspw. entscheidend für die Anlage von extensiven Begrünungen und die Installation von Regenwasserauffangsystemen; ebenso wie für die steuerliche Entlastung bei der Regenwasserabgabe bzw. die Inanspruchnahme von Förderung. Impulse für betriebliche Klimaanpassungskonzepte können die Berliner Beispiele rund um die Aktivitäten zum Stadtentwicklungskonzept <i>Green-Moabit</i> (mit der KfW-Förderung eines Sanierungsmanagers) sowie erste Abstimmungsaktivitäten auf der Mierendorff-Insel geben. Gleiches gilt für das Projekt „Naturnahe Gestaltung von Firmengeländen“, koordiniert durch die <i>Heinz Sielmann Stiftung</i> (siehe auch: http://www.naturnahefirmengelaende.de/). Weitere Impulse bieten auch Gewerbegebiete wie bspw. die Aktivitäten rund um das Netzwerk Großbeerenstraße und das Projekt NEMO „Null Emissionen Motzener Straße (vgl. u.a. SENSTADT 2011: 77).</p>
Wirkung	<p>Die Erstellung und Umsetzung betrieblicher Klimaanpassungskonzepte dient der Reduktion der Klimasensitivität (z.B. über Maßnahmen der Flexibilisierung von Arbeitszeiten und -orten sowie bauliche Maßnahmen, wie z.B. im Bereich der aktiven bzw. passiven Kühlung) sowie dem Aufbau eines ausreichenden Reaktionspotenzials. Weiterhin können betriebliche Anpassungskonzepte einzelner Unternehmen wichtige Impulse für klimaangepasste Veränderungen in weiteren Unternehmen aufzeigen und damit die Sensibilisierung für Anpassungsaktivitäten flächendeckend vorantreiben. Außerdem anzumerken sind auch betriebliche Chancen, z.B. über die Generierung von zusätzlicher Wertschöpfung und Beschäftigung, d.h. im Fall der Bereitstellung von nachgefragten Anpassungstechnologien und/oder -dienstleistungen.</p>
Nebeneffekte	<p>Verbesserung des Bewusstseins für das Thema Klimaanpassung bei unterschiedlichen Akteuren in der Berliner Wirtschaft; inkl. zunehmende Vernetzung bezogen auf die Umsetzung von einzelnen Aktivitäten der einzelnen betrieblichen Klimaanpassungskonzepte. Dabei ergeben sich auch mögliche Synergien mit folgenden AFOK-Maßnahmen aus dem Handlungsfeld (vgl. IGF-2/ -3 und IGF-6).</p>
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<p>Die folgenden Schritte sind kurz- bis mittelfristig umzusetzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Informieren und sensibilisieren der Unternehmen für die Erstellung von betrieblichen Klimaanpassungskonzepten - Einbinden der Konzepte in das betriebliche Risiko-/ Kontinuitätsmanagement und in unternehmensbezogene Nachhaltigkeitsstrategien, bspw. über die Formulierung von entsprechenden Leitlinien - Abstimmung von zentralen Themen und Inhalten für die Erstellung der Konzepte (entsprechend der Bedarfe der Unternehmen und der gegebenen Herausforderungen) - Hierzu nutzen von bestehenden Klimaanpassungskonzepten als Impulsgeber.
Akteure	<p>IHK und weitere Branchenverbände; Unternehmen (unterteilt ggf. in Branchen (vgl. IGF-6) bzw. nach Unternehmensgröße); Land Berlin (Wirtschaft, BerlinPartner)</p>
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	<p>Die Förderung sollte für den Anschub und erste Schritte der Maßnahme bereitgestellt werden, bspw. für die Information und Sensibilisierung der Unternehmen bzw. die Erarbeitung von Leitlinien. Darüber hinaus sollten Fördermittel über die Bekanntmachung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) zur Förderung von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel in Anspruch genommen werden.</p>
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	<p>keine</p>
Kommentare	<p>Literatur: <i>SenStadt [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung] (2011): Stadtentwicklungsplan Klima. Urbane Lebensqualität im Klimawandel sichern;</i> http://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/stadtentwicklungsplanung/download/klima/step_klima_broschuere.pdf; Zugriff: 12.01.2016.</p>

IGF-6	ERSTELLUNG VON BRANCHENSPEZIFISCHEN KLIMAANPASSUNGSKONZEPTEN			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Verschiedene klimabedingte Wetterveränderungen können in der Vielfalt der Branchen der Berliner Wirtschaft zu unterschiedlichen Beeinträchtigungen des wirtschaftlichen Handelns führen und Schäden (Umsatzeinbußen) hervorrufen, in Teilen gleichzeitig aber auch Handlungsoptionen eröffnen. Mit der Erstellung von branchenspezifischen Klimaanpassungskonzepten kann diesen gezielt vorgebeugt bzw. Entwicklungsstrategien dargestellt werden. Dies gilt insbesondere für besonders betroffene Branchen wie das Baugewerbe, die Logistik und Lagerhaltung oder die Versicherungswirtschaft. Dabei soll auf spezifische Herausforderungen sowie Möglichkeiten der Vorsorge eingegangen werden.</p>			
Wirkung	<p>Durch die Erstellung von branchenspezifischen Klimaanpassungskonzepten und die Identifizierung von entsprechenden Anpassungsmaßnahmen können gezielt wetterbedingte Beeinträchtigungen auf einzelne Teile der Berliner Wirtschaft gemindert werden. Wird an dieser Stelle nicht gehandelt, so ist unter Betrachtung aktueller Klimaprojektionen (mit einer Reichweite bis zum Jahr 2080) aufgrund von Extremereignissen allein für das Baugewerbe eine Schadenssumme von rund 0,1 Prozent des BIPs für Europa vorstellbar (UBA 2011). Diese Summe gilt es durch gezielte Vorsorge zu begrenzen.</p>			
Nebeneffekte	<p>Intensivierung der Vernetzung und des Austausches von Branchenvertreter/innen zum Thema Klimaanpassung. Dadurch generelle Erhöhung der Sensibilisierung und des Bewusstseins, ggf. mit der Wirkung weiterer gemeinsamer (Modell-)Vorhaben. Eng daran geknüpft sind mögliche Synergien mit weiteren AFOK-Maßnahmen im Handlungsfeld (vgl. IGF-2/ -3 und IGF-5).</p>			
Notwendige Schritte/ Fris-tigkeit	<p>Die folgenden Schritte sind kurz- bis mittelfristig umzusetzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analyse und Bewertung der Beeinträchtigungen auf einzelne besonders betroffene Branchen sowie bereits stattfindende Vorsorgemaßnahmen - Identifizierung von relevanten Akteuren einzelner Branchen - Klärung der Struktur der jeweiligen Anpassungskonzepte <ul style="list-style-type: none"> • Zielsetzung • Verantwortliche Akteure • Reichweite des Konzepts - Etablieren einer kontinuierlichen Vernetzung und Austausch der Akteure der einzelnen Branchen 			
Akteure	<p>IHK & weitere Branchenverbände; Land Berlin (Wirtschaft/ BerlinPartner); Vorreiterakteure einzelner Branchen (z.B. einzelne Unternehmen); weitere Akteure wie Gewerkschaften, Berufsgenossenschaft (z.B. BG BAU).</p>			
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	<p>Förderung sollte für den Anschub und erste Schritte der Maßnahme bereitgestellt werden, bspw. für Status-quo Analyse und Bewertung sowie ggf. für Vernetzung und Austausch. Darüber hinaus sollte geprüft werden, inwiefern Fördermitteln über die Bekanntmachung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) zur Förderung von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel in Anspruch genommen werden können.</p>			
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	<p>keine</p>			

Kommentare	<p>Ein Beispiel für eine Checkliste der Risiken auf Baustellen an heißen Tagen zusammen mit Anpassungstipps findet sich bei der Schweizerischen Unfallversicherungsanstalt (SUVA o.J.): Eine Checkliste für die deutsche Wirtschaft, die nicht auf die Branchenstruktur, sondern auf den Typus des Unternehmens (z.B. Massenmarkt, Spezialmarkt, lange vs. kurze Lieferketten) abstellt, bietet BMWi 2014.</p> <p>Literatur:</p> <p>BMWi [Bundesministerium für Wirtschaft und Energie] (2014): Klimacheck. Leitfaden zum Management von Klimarisiken im industriellen Mittelstand. http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/klimacheck,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf; Zugriff: 20.08.2015.</p> <p>SUVA [Schweizerischen Unfallversicherungsanstalt] (o.J.): Checkliste Arbeiten an heißen Tagen auf Baustellen im Freien. Luzern: SUVA. https://extra.suva.ch/suvalb2c/b2c/start.do;jsessionid=6tSEja7Ne16mdMmG-dlu9XRc580tUwFykRoe_SAPmXn9HGDIOqH0aB-T6D-uFqj;saplb_*=%28J2EE505057620%29505057650#.</p> <p>UBA [Umweltbundesamt] (2011): Ökonomische Aspekte der Anpassung an den Klimawandel. Literaturobwertung zu Kosten und Nutzen von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel; https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4185.pdf; Zugriff: 09.12.2015.</p>
-------------------	--

IGF-7	FLEXIBILISIERUNG VON ARBEITS- UND ÖFFNUNGSZEITEN			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Zunehmende Hitzeereignisse wie Hitzewellen/ -tage beeinträchtigen das Wohlbefinden und die Gesundheit und somit auch die Produktivität der sowohl in Räumen als auch im Freien Beschäftigten. Eine Raumtemperatur von 27,5°C führt zu Produktivitätseinbußen von 4 Prozent bzw. von 32,5°C zu Produktionseinbußen bis zu 9 Prozent (ECOLOGIC 2011). Zudem ist für Arbeiten unter freiem Himmel (wie z.B. im Baugewerbe) bei Hitze von besonderen Belastungen und Gesundheitsgefahren auszugehen. Flexibilisierung von Arbeits- und Öffnungszeiten kann diesen Gesundheitsschäden und Produktivitätseinbußen vorbeugen. Bspw. können längere Mittagspausen sowie Früh- und Spätschichten eingeführt werden. Hierzu bietet beispielsweise die BG BAU ihren Mitgliedsunternehmen spezielle Beratung an (www.bgbau.de). Ebenso sollte über die Einrichtung von Jahresarbeitszeitkonten nachgedacht werden, um gewisse Arbeiten an kühleren Tagen auszugleichen. Gleiches gilt für Öffnungszeiten von Geschäften. Diese sollten zum Wohle der Beschäftigten – insbesondere über die Mittagszeit – ebenso angepasst werden.</p>			
Wirkung	<p>Durch die Flexibilisierung der Arbeitszeiten, u.a. über die Verlagerung von Arbeiten in kühlere Tageszeiten sowie auf kühlere Tage der heißen Monate, besteht die Möglichkeit auftretende Belastungen (wie z.B. Schwindel, Übelkeit und Bewusstseinsstörung bis hin zum Hitzschlag) der Beschäftigten zu reduzieren. Für das Jahr 2012 wurden durch die gewerbliche Berufsgenossenschaft allein 90 Fälle von Hitzschlag registriert (BG Bau 2014). Solche gesundheitlichen Belastungen und die darauf zurückzuführenden Produktivitätseinbußen gilt es zu vermeiden.</p>			
Nebeneffekte	<p>Verbesserung der Motivation und Effektivität im Arbeitsablauf der Beschäftigten aufgrund von gesteigertem Wohlbefinden, ebenso wie stärkere Sensibilisierung und Verbesserung des öffentlichen Bewusstseins der Stadtgesellschaft für das Thema Klimaanpassung. Dabei ergeben sich mögliche Synergien mit weiteren AFOK-Maßnahmen im Handlungsfeld (vgl. IGF-5/ -6 und IGF-9) sowie anderer Handlungsfelder:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Anpassung und Verbesserung des Arbeitsschutzes → HF Menschliche Gesundheit und Bevölkerungsschutz 			

	<ul style="list-style-type: none"> - Ermöglichung der Zugänglichkeit kühlerer Räume in Hitzeperioden → HF Gebäude, Stadtentwicklung und Grün- und Freiflächen
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<p>Die folgenden Schritte sind kurz- bis mittelfristig umzusetzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Status-quo Analyse unter Berücksichtigung des gesetzlichen Rahmens und bereits praktizierter Ansätze (Selbstverpflichtungen!) - Sensibilisierung wichtiger Multiplikatoren der Berliner Wirtschaft - Aufzeigen von Handlungsoptionen, inkl. (Weiter-)Entwicklung von Beratungsangeboten - Ggf. Realisierung von Pilotvorhaben
Akteure	Land Berlin, u.a. über Landesamt für Arbeitsschutz, Gesundheitsschutz und technische Sicherheit Berlin (LAGetSi); Berufsgenossenschaften (z.B. BG BAU); Gewerkschaften und Kammern (IHK/ HWK); Branchenverbände, inkl. Vorreiterunternehmen einzelner Branchen
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Förderung sollte für den Anschub und erste Schritte der Maßnahme bereitgestellt werden, bspw. für Status-quo Analyse und Sensibilisierung wichtiger Multiplikatoren. Darüber hinaus sollten weitere Fördermöglichkeiten des Bundes geprüft werden, ggf. verfügbar über das Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS).
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	keine
Kommentare	<p>Literatur:</p> <p>BG Bau [Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft] (2014): <i>Hitze darf Arbeitnehmer nicht untätig und Arbeitgeber nicht kalt lassen</i> (Online: http://www.bgbau.de/presse/pressemeldungen/pressemeldungen-2014/hitze-auf-der-baustelle; Zugriff: 11.01.2016).</p> <p>Ecologic (2011): <i>Beispiel Kosten-Nutzen-Analyse. „Vermeidung hitzebedingter Produktivitätseinbußen“; Expertenworkshop 01.03.2011; Umweltbundesamt Dessau</i> (Online: http://ecologic-events.eu/loekonomie_klimawandel/documents/06_Sartorius_Hitzeschutz.pdf; Zugriff: 17.12.2015).</p>

IGF-8	VERBESSERUNG DES SOMMERLICHEN WÄRMESCHUTZES BEI GEWERBLICHEN (NEU-) BAUTEN, INKL. BERATUNG UND BEGLEITUNG VON UNTERNEHMEN			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Aufgrund des zu erwartenden Anstiegs der Anzahl an Hitzeereignissen ist der sommerliche Wärmeschutz bei gewerblichen (Neu-)Bauten zu verbessern. Zielrichtung sollte dabei die Intensivierung der klimaneutralen Kühlung von Gebäuden sein (gemäß/ über bestehenden Standards der EnEV), bspw. über objektbezogene Fassaden-/ Dachbegrünungen, inkl. Optionen der aktiven Förderung der Verdunstung von Regenwasser sowie über Möglichkeiten der Verschattung und der solaren Kühlung.</p> <p>Dies erfordert die Beratung und Begleitung von Unternehmen im Bereich der bestehenden Gewerbeimmobilien. Hierzu sollte eine Intensivierung und verbesserte Koordination von Beratung, v.a. speziell für kleine und mittlere Unternehmen (KMU), gefördert werden (siehe z.B. Aktivitäten zum Gebäudeenergiepass).</p> <p>Mögliche Handlungsoptionen sind die Erstellung von Beraterpools (z.B. zu erfahrenen Architekten) sowie die Bereitstellung von Förderprogrammen (u.a. im Bereich der (Dach-)Begrünung, wie aktuell</p>			

	in Berlin diskutiert). Gleiches gilt für den Bereich sonstiger baulicher Maßnahmen (ggf. zu realisieren über KfW/BAFA-Förderung), ebenso wie die Einrichtung von Betreibermodellen (z.B. zur Bewirtschaftung der Dächer). Ein denkbare Referenzprojekt für einen verbesserten sommerlichen Wärmeschutz könnte hierzu die Planung zur „Tegel Urban Tech Republic“ am Standort des Flughafen Berlin Tegel sein (siehe auch: http://www.berlintxl.de/).
Wirkung	Zunehmende Hitzeereignisse wie Hitzewellen/ -tage beeinträchtigen die Aufenthaltsqualität in Gebäuden. Eine Raumtemperatur von 27,5°C verursacht bspw. Produktivitätseinbußen von 4 Prozent bzw. von 32,5°C Produktionseinbußen von bis zu 9 Prozent (ECOLOGIC 2011). Zudem können bei einer aktiven Kühlung der Gebäude und damit verbunden einem erhöhten Energieverbrauch auch die Energiekosten weiter steigen. Werden die Kühlbedarfe im Industrie- und Dienstleistungssektor in Deutschland bis 2050 bspw. über die Installation von Klimaanlage abgedeckt, ergeben sich jährliche Energiekosten von rd. 1,145 Mrd. €. Dieser Betrag entspricht 0,03 Prozent des für 2050 erwarteten BIPs (UBA 2012). Mit der Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes können diese Produktivitätseinbußen und steigenden Energiekosten deutlich verringert werden.
Nebeneffekte	Schaffung von innovativen klimaangepassten Nutzungsmöglichkeiten von Gebäuden wie bspw. Regenwasserretentions- und Erholungsflächen auf begrünten Dachflächen; ebenso wie Verbesserung des Bewusstseins für alternative Kühlmethoden und im Allgemeinen der Sensibilisierung für das Thema Klimaanpassung. Darüber hinaus ergeben sich mögliche Synergien mit folgenden AFOK-Maßnahmen anderer Handlungsfelder: <ul style="list-style-type: none"> - Verbesserung Information über gebäudebezogene Maßnahmen der Klimaanpassung für Private – Sensibilisierung für privaten Objektschutz für Mieter/- u. Eigentümer/innen -> <i>HF Gebäude, Stadtentwicklung und Grün- und Freiflächen</i> - Initiierung Stadtdebatte zum Paradigmenwechsel Regenwassermanagement „Schwammstadt“ -> <i>HF Gebäude, Stadtentwicklung und Grün- und Freifläche</i> - Förderung energieeffizienter Kühlsysteme in Neubau und Bestand durch Modellvorhaben, zzgl. Information und Beratung von Immobilieneigentümern -> <i>HF Energie- und Abfallwirtschaft</i>
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	Die folgenden Schritte sind kurz- bis mittelfristig umzusetzen: <ul style="list-style-type: none"> - Bereitstellen von Informationen über bestehende Möglichkeiten zum sommerlichen Wärmeschutz (u.a. mit Fokus klimaneutrale Kühlung) - Intensivierung von Beratung und verbesserte Koordination von Beratung; inkl. der Begleitung von Unternehmen (Fokus KMUs) - Erstellung von Beraterpools - Bereitstellung von (Informationen zu) Förderprogrammen (u.a. im Bereich der (Dach-)Begrünung/ baulicher Maßnahmen) - Identifizierung von möglichen Referenzprojekten/ Modellvorhaben
Akteure	Land Berlin (Umwelt, Wirtschaft); Berater/ Dienstleister (z.B. Architekten, Planer, Ingenieure, etc.); Bauindustrieverband Berlin-Brandenburg e.V.; IHK und Branchenverbände; KMUs
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Förderung sollte für die Bereitstellung von übergreifenden Strukturen zur Verfügung gestellt werden, wie bspw. die Erstellung und Verbreitung von entsprechenden Informationen sowie die Erstellung von Beraterpools. Ebenso sollten passende Förderprogramme entwickelt werden (vgl. ANSEL o. J.). Dies kann ggf. auch in Kombination mit bestehenden Förderprogrammen auf Bundesebene erfolgen, wie z.B. für bauliche Maßnahmen durch das KfW-Energieeffizienzprogramm für Unternehmen (KfW 2015) vorgesehen.
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Synergie durch Minderungswirkung auf Stromverbrauch bei der Gebäudekühlung.

Kommentare	<p>Literatur:</p> <p>Ansel, W. (o.J.): <i>Finanzielle Zuschüsse für die Dachbegrünung</i>; http://www.oekologisch-bauen.info/baustoffe/dach/foerderung-dachbegruenung.html; Zugriff: 17.12.2015.</p> <p>Ecologic (2011): <i>Beispiel Kosten-Nutzen-Analyse. „Vermeidung hitzebedingter Produktivitätseinbußen“</i>; <i>Expertenworkshop 01.03.2011</i>; Umweltbundesamt Dessau; http://ecologic-events.eu/oekonomie_klimawandel/documents/06_Sartorius_Hitzeschutz.pdf; Zugriff: 17.12.2015.</p> <p>KfW [Kreditanstalt für Wiederaufbau] (2015): <i>KfW-Energieeffizienzprogramm - Energieeffizient Bauen und Sanieren (276, 277, 278)</i>; https://www.kfw.de/KfW-Konzern/Service/Download-Center/IF%C3%B6rderprogramme-%28Inlandsf.%29-%28D-EN%29/Barrierefreie-Dokumente/KfW-Energieeffizienzprogramm-Energieeffizient-Bauen-und-Sanieren-%28276-277-278%29/; Zugriff: 17.12.2015.</p> <p>UBA [Umweltbundesamt] (2012): <i>Kosten und Nutzen von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel. Analyse von 28 Anpassungsmaßnahmen in Deutschland</i>; https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4298.pdf; Zugriff: 17.12.2015.</p>
-------------------	---

IGF-9	PHYSISCHE/ ORGANISATORISCHE VORSORGE BEI BAUAKTIVITÄTEN IM AUßENBEREICH			
Relevante Klimaände- rung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmen- beschreibung	<p>Durch das Auftreten von Hitze- und Kälteereignissen werden Bauaktivitäten im Außenbereich beeinträchtigt. Während Hitzewellen und -tagen können lebensgefährliche Hitzeschläge auftreten, die zu einem erhöhten Risiko von Arbeitsunfällen führen; ebenso ist ein gesteigertes Hautkrebsrisiko nachgewiesen (BG BAU 2014).</p> <p>Zum Schutz vor Gesundheitsgefährdungen sind daher physische und organisatorische Vorsorgemaßnahmen zu treffen. Die Reduktion von körperlichen Belastungen kann u.a. durch das Spannen von Planen (im Sommer) und die Installation von klimafreundlichen Heizungen (im Winter) erreicht werden. Angesichts milder werdender Winter sind vorhandene mobile Bauheizungssysteme hinsichtlich des Klimaschutzes zu überprüfen und durch klimafreundliche Alternativen (z.B. Latentwärmespeicher) möglichst zu ersetzen. Gleiches gilt für eine Neuregelung von Arbeitszeiten und Pausen (vgl. IGF-7). Parallel dazu ist die tarifliche Vorsorge im Bereich Arbeitsschutz zu stärken, z.B. durch die für das Baugewerbe zuständige Baugewerkschaft.</p>			
Wirkung	<p>Im Jahr 2014 gab es in Berlin rd. 3.300 im Handelsregister eingetragene Unternehmen des Baugewerbes. Diese können durch Vorsorgemaßnahmen ihre Arbeitsproduktivität beibehalten oder gar steigern. Gleichzusetzen sind verbesserte Arbeitsbedingungen mit weniger auftretenden hitze- bzw. kältebedingten Gesundheitsproblemen bei den Beschäftigten. In Berlin gilt dies insgesamt für rd. 12.000 im Jahresdurchschnitt im Baugewerbe beschäftigte Personen und weitere rd. 13.500 tätige Personen im Ausbaugewerbe, wie bspw. Haustechniker/innen, Maler- und Tapezierer/innen, Schreiner/innen etc. (IHK/ HWK 2015; AfS 2015). Mithilfe von physischer und organisatorischer Vorsorge kann körperlichen Belastungen der Beschäftigten im Bau- und auch Ausbaugewerbe vorgebeugt und damit Produktivitätseinbußen verhindert werden.</p>			
Nebeneffekte	<p>Verbesserung der Bewusstseinsbildung der Beschäftigten im Baugewerbe für das Thema Klimaanpassung. Eng daran geknüpft ist auch die Maßnahme zur Bereitstellung von verlässlichen Wetterprognosen (vgl. IGF-1) sowie mögliche Synergien mit den folgenden AFOK-Maßnahmen anderer Handlungsfelder:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Anpassung und Verbesserung des Arbeitsschutzes → HF <i>Menschliche Gesundheit und Bevölkerungsschutz</i> - Ermöglichung der Zugänglichkeit kühlerer Räume in Hitzeperioden → HF <i>Gebäude, Stadtentwick-</i> 			

	lung und Grün- und Freiflächen
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<p>Die folgenden Schritte sind kurz- bis mittelfristig umzusetzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analyse und Bewertung von physischen und organisatorischen Vorsorgemaßnahmen im Baugewerbe (sowohl für Hitze als auch für Kälte); kombiniert mit der Durchführung von Bedarfsanalysen - Integration geeigneter Maßnahmen in interne Betriebsabläufe der Unternehmen. Hierzu Information und Sensibilisierung über Multiplikatoren - Kontinuierliche Überprüfung und Verbesserung der Maßnahmen; inkl. Abstimmung mit damit vertrauten Interessensvertretungen - (Langfristige) Festschreibung geeigneter Maßnahmen im tariflicher Arbeitsschutz bei der für das Baugewerbe zuständigen Baugewerkschaft
Akteure	Bauindustrieverband Berlin-Brandenburg e.V.; Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft; IG Bau Bezirksverband Berlin; Unternehmen des Baugewerbes
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglich- keiten)	Förderung sollte für erste (Bedarfs-)Analysen und Bewertungen bereitgestellt werden. Darüber hinaus sollten weitere Fördermöglichkeiten des Bundes geprüft werden, ggf. verfügbar über das Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS).
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	keine
Kommentare	<p>Literatur:</p> <p>AfS [Amt für Statistik Berlin-Brandenburg] (2015): Baugewerbe. Basisdaten (Online: https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/BasisZeitreiheGrafik/Bas-Baugewerbe.asp?Ptyp=300&Sageb=44000&creg=BBB&anzwer=5; Zugriff: 09.12.2015).</p> <p>BAuA [Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin] (o.J.): Kälte. Art der Gefährdung und deren Wirkungen; (Online: http://www.gefaehrungsbeurteilung.de/de/gefaehrdungsfaktoren/arbeitsumgebungsbedingungen/klima/kaelte; Zugriff: 11.01.2016).</p> <p>BG Bau [Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft] (2014): Hitze darf Arbeitnehmer nicht untätig und Arbeitgeber nicht kalt lassen; (Online: http://www.bgbau.de/presse/pressemeldungen/pressemeldungen-2014/hitze-auf-der-baustelle; Zugriff: 11.01.2016).</p> <p>IHK [Industrie- und Handelskammer Berlin]/ HWK [Handwerkskammer Berlin] (2015): Berliner Wirtschaft in Zahlen 2015; (Online: http://www.businesslocationcenter.de/imperial/md/blc/wirtschaftsstandort/standort/content/berliner_wirtschaft_in_zahlen.pdf; Zugriff: 09.12.2015).</p>

10.1.7 Verkehr, Verkehrsinfrastruktur

VVI-I	AUFBRINGEN VON ANGEPASSTEM STRAßENBELAG			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Mittelfristig werden Berlins Straßen vermehrt hohen Temperaturen ausgesetzt sein. Der Belag von stark belasteten Berliner Straßen ohne angepassten Straßenbelag, wie bspw. Busspuren, verformt sich bei sehr hohen Außentemperaturen und direkter Sonneneinstrahlung. Bei Betonfahrbahndecken kann es zur Überschreitung der maximal aufnehmbaren Spannung kommen, was dann zum Aufplatzen führt. Da dieser Straßenbautyp jedoch in Berlin relativ selten ist (nur Bundesstraßen und Autobahnen, die von Berlin auftragsweise verwaltet werden), gilt das Hauptaugenmerk dem Asphalt im verzweigten Berliner Straßennetz. Forschungen des Bundesamts für Straßenwesen (BASt) haben ergeben, dass Asphaltbeläge, die eine Lebensdauer über das Jahr 2050 hinaus haben, angepasst werden müssen.</p> <p>Um die Gefahr von Hitzeschäden zu verringern, müssen andere Materialien und Schichtdicken für die Fahrbahndecke verwendet werden. Auch eine Abschattung des stark belasteten Straßenbereiches (z.B. an Bushaltestellen) kann Abhilfe schaffen.</p> <p>Für alle Neubauvorhaben sowie für Reparaturen und routinemäßigen Erneuerungen muss es daher zu einer Prüfung der (Rest-) Lebensdauer kommen, und bei Vorhaben, die das Jahr 2050 erreichen, müssen hitzeangepasste Materialien zum Einsatz gebracht werden. Dabei sind aktuelle Forschungsergebnisse zu berücksichtigen. Bei der Auswahl ist zudem zu prüfen, ob diese Materialien auch negative Effekte von regennassen Straßen mildern können. Insgesamt ist angesichts des Zeithorizonts bis 2050 auch zu prüfen, ob dort, wo ggf. ein Rückbau des Straßennetzes geplant ist, eine klimatische Ertüchtigung unterbleiben kann.</p>			
Wirkung	<p>Durch die Anpassungsmaßnahme wird die Lebensdauer von Asphaltdecken auf dem derzeitigen Stand gehalten (keine zusätzlichen Kosten durch frühere Neuinstallation) und es wird das häufigere Auftreten von Schäden (z.B. Verformungen) vermieden, die zu Unfällen führen können oder den Verkehrsfluss beeinträchtigen.</p>			
Nebeneffekte	<p>k. A.</p>			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<p>Bei der Sanierung oder dem Neubau von Straßenabschnitten sollte ab jetzt die Klimaverträglichkeit des Materials geprüft werden.</p>			
Akteure	<p>Land Berlin (Stadtentwicklung, Umwelt); Straßenbauämter; Straßenbaufirmen, Straßenbauforschung.</p>			
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	<p>Die aktuell schwer abschätzbaren Mehrkosten für hitzeangepasste Straßenbeläge müssen dem Nutzen vermiedener/ verminderter Reparaturkosten sowie vermiedener Verkehrsbehinderungen gegenüber gestellt werden.</p>			
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	<p>keine</p>			

VVI-2	ANPASSUNG DER STRAßENTWÄSSERUNG AN DAS ZU ERWARTENDE STARKNIEDERSCHLAGSAUFKOMMEN			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Die Stadtentwässerung ist auf die Häufigkeit und Stärke von Starkregenereignissen ausgelegt, die auf der Erfahrung der letzten Jahrzehnte basiert. Im Zuge des Klimawandels wird sich dieser Erwartungswert ändern (<i>shifting baseline</i>), eine deutliche Zunahme der Starkregenereignisse in Berlin ist schon bis 2050 zu erwarten. Daher muss die Straßenentwässerung an die zukünftige Starkregenstatistik angepasst werden, um Verkehrsstörungen zu vermeiden. Orientierung liefern die „Hamburger Regelwerke für Planung und Entwurf von Stadtstraßen“ (ReStra – BWVI 2010), die die zukünftige Erhöhung von Starkregeneinflüssen in das Planungsgeschehen einbeziehen.</p> <p>Ein leitender Gesichtspunkt muss dabei sein, dass extreme Starkregenabflüsse nur auf der Oberfläche abgeleitet und zurückgehalten werden können, dieser Abfluss jedoch kontrolliert erfolgen muss, um Schäden zu minimieren und Behinderungen zu vermeiden. Hierzu ist eine Neudefinition der Aufgabenteilung zwischen Stadtplanung und Stadtentwässerung notwendig. Diese Maßnahme setzt die Schwammstadt-Strategie im Verkehrssektor um.</p>			
Wirkung	<ul style="list-style-type: none"> - Einschränkungen für die kritische Infrastruktur Verkehr werden vermieden - Vermieden werden eventuelle Sperrungen von Straßenbereichen, die nicht nur den privaten, gewerblichen und öffentlichen Personen- und Gütertransport einschränken, sondern im Notfall auch die Durchfahrtmöglichkeiten der Katastrophenschutzinstitutionen folgenreich stören können. 			
Nebeneffekte	k.A.			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<p>Es bedarf neuer Dimensionierungsnormen basierend auf zukünftigen und nicht historischen Starkregenstatistiken. Eine Einigung auf diese benötigt möglicherweise einen längeren Prozess. Bauprojekte, welche in naher Zukunft durchgeführt werden, sollten jedoch trotzdem auf eine zukünftige Niederschlagsstatistik angepasst sein. Dafür könnten sogenannte Klimaänderungsfaktoren angewandt werden, welche z.B. bereits bei der Abschätzung von zukünftigen Hochwassern in Bayern und Baden-Württemberg zum Einsatz kommen (LAWA 2014). Als eine Datengrundlage für die geforderte Anpassung kann die räumlich fein aufgelöste Starkniederschlagsstatistik des Deutschen Wetterdienstes (DWD) dienen (vgl. Becker 2016).</p>			
Akteure	Land Berlin (Stadtentwicklung, Umwelt); Straßenbauämter; Berliner Wasserbetriebe			
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	<p>Im Jahr 2012 (letzter verfügbare Daten) wurden für Straßenentwässerung im Straßenneubaubereich 9 Mio. €, im Unterhaltungsbereich 104,9 Mio. € ausgegeben (SENSTADTUM 2013: 108). Die neue Dimensionierung wird im Rahmen von ohnehin anstehenden Sanierungs- oder Neubaumaßnahmen durchgeführt werden können. Dadurch sind die Mehrkosten überschaubar. Die vermiedenen Kosten durch Verkehrsstörungen, Unfälle und akute Schadensbegrenzungsmaßnahmen führen zu einer schnellen Amortisierung der Investition.</p>			
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	keine			
Kommentare	<p>Literatur:</p> <p>Becker, P. (2016): Deutscher Wetterdienst wertet kleinräumige extreme Niederschläge seit 2001 aus. Städte können Starkregenrisiko jetzt besser einschätzen und sich anpassen. Klimapressekonferenz des Deutschen Wetterdienstes (DWD) am 8. März 2016 in Berlin. http://www.dwd.de/DE/presse/pressekonferenzen/DE/2016/03/2016/rede_becker.pdf?__blob=p</p>			

ublicationFile&v=10; Zugriff: 22.03.2016.
 SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin] (2013): Berliner Verkehr in Zahlen 2013. Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin.
http://www.stadtentwicklung.berlin.de/verkehr/politik_planung/zahlen_fakten/download/Mobilitaet_dt_komplett.pdf; Zugriff: 12.10.2015.

VVI-3	TEILMAßNAHMEN RADVERKEHR			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Im Jahre 2013 wurden 13% aller Wege in Berlin mit dem Fahrrad zurückgelegt (AHRENS 2013; vgl. SENSTADTUM 2011b). Laut der Radverkehrsstrategie (SENSTADTUM 2013) ist es möglich, einen Teil der mit dem Auto zurückgelegten Strecken aufs Fahrrad zu verschieben (0,6 bis 0,9 Mio. Wege) und damit einen Anteil von 18 – 20% der Wege zu erreichen. Diese Steigerung im Modalsplit, sowie die Zielsetzung, sicheren, schnellen und komfortablen Radverkehr zu ermöglichen, muss durch folgende Teilmaßnahmen gewährleistet werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> (a) kreuzungsfreie (arme) Fahrradschnellwege; (b) Lichtsignalanlagen an Kreuzungen Rad/Auto; (c) Radwege ausbauen (mit hinreichender Kapazität); (d) Abstellanlagen (auch für Cargo-Bikes); (e) Sicherstellung hinreichender Verknüpfung zum ÖPNV. <p>Die Maßnahme schließt sich den Zielstellungen der Radverkehrsstrategie Berlins (SenStadtUm 2011b) bis 2025 an. Darüber hinausgehend ist das AFOK-Ziel, bis zur Mitte des Jahrhunderts mindestens eine Verdoppelung des Modalsplits des Radverkehrs zu erreichen. Dafür muss ein besonderes Augenmerk auf die Erhöhung der Streckenlänge der mit dem Fahrrad gefahrenen Wege und der Kombination mit dem ÖPNV gelegt werden. Nach Umsetzung der Radverkehrsstrategie bis 2025 muss ein mindestens gleichbleibender Förderaufwand für den Radverkehr im anschließenden Zeitraum gewährleistet sein.</p>			
Wirkung	<p>Um dem Ziel des Erhalts und der Verbesserung der Luftqualität in der Stadt gerecht zu werden, müssen die Emissionen der Ausgangsstoffe für Ozon minimiert werden. Diese führen sonst an den häufiger werdenden Hitzetagen zu einer Verschärfung der Sommersmoke-Belastung. Da der auf den Verbrennungsmotor-basierte Verkehr letztlich nicht von der Entstehung von NO_x zu trennen ist, zielt diese Maßnahme auf die Förderung von emissionsfreien Verkehrsmitteln ab.</p>			
Nebeneffekte	<ul style="list-style-type: none"> - Positiver Effekt für die Gesundheit der Nutzer/ -innen - Geringere Lärmbelastung - Geringerer Verkehrsraumbedarf - Geringere Unterhaltungskosten für die Infrastruktur 			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<p>Um die Zielvorgaben der Radverkehrsstrategie zu erreichen, müssen die Investitionen in den Radverkehr ab sofort intensiviert werden. Im Zuge von anstehenden Sanierungen im Straßenraum und von Neubauten (auch aufgrund der stetig wachsenden Stadt) muss diese Anpassungsmaßnahme beachtet werden.</p>			
Akteure	<p>Land Berlin (Stadtentwicklung, Umwelt); Straßenbauämter</p>			

Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Für die Umsetzung der Berliner Radverkehrswegestrategie wurden im Stadtentwicklungsplan Verkehr Berlin von 2011 150 Mio. € bis zum Jahre 2025 veranschlagt (SENSTADT 2011). Diesem Finanzierungsplan folgend müssten, um eine gleichbleibende Förderung des Radverkehrs zu gewährleisten, bis zur Mitte des Jahrhunderts bei gleichbleibenden Grenzkosten weitere 300 Mio. € investiert werden (geschätzte 450 Mio. € bei höheren Grenzkosten durch beispielsweise zunehmende Verkehrsraumkonkurrenz).
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Synergien mit dem Klimaschutz, da der Radverkehr nicht nur NO _x -frei sondern auch CO ₂ -frei ist. Die Verwendung von CO ₂ -armen Elektrofahrrädern kann als Einstieg in einen elektrobasierten urbanen Verkehr fungieren. Die hier vorgeschlagene Maßnahme weist große Überschneidungen mit der Maßnahme V-3 („Förderung der Radverkehrsinfrastruktur, Förderung von E-Bikes“) des BEK auf (HIRSCHL/ REUSSWIG/ WEIß et al. 2015a: 318 f.).
Kommentare	<p>Literatur:</p> <p>Ahrens, G.A. (2013): <i>Mobilitätssteckbrief für Berlin (Wohnbevölkerung). Forschungsprojekt Mobilität in Städten – SrV 2013. Dresden: TU Dresden.</i> http://www.stadtentwicklung.berlin.de/verkehr/politik_planung/zahlen_fakten/download/SrV_2013_Berlin_Steckbrief.pdf; Zugriff 22.11.2015.</p> <p>Hirschl, B.; Reusswig, F./ Weiß, J. et al. (2015a): <i>Für ein klimaneutrales Berlin. Entwurf für ein Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm (BEK). Endbericht. Berlin, November 2015;</i> http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/klimaschutz/bek_berlin/download/BEK-Endbericht-und-AnhangA.pdf; Zugriff: 09.12.2015.</p> <p>SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2013): <i>Radverkehrsstrategie für Berlin. Ziele, Maßnahmen, Modellprojekte. Berlin: SenStadtUm.</i> http://www.stadtentwicklung.berlin.de/verkehr/politik_planung/rad/strategie/download/Fahrradstrategie.pdf; Zugriff: 13.11.2015.</p>

VVI-4	REGELUNG ZUR KÜHLUNG IM ÖPNV			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	Die Attraktivitätssteigerung des ÖPNV ist auch unter Klimawandelbedingungen sehr wichtig. Mittelfristig erfordert das die Installierung von neuen und möglichst klimafreundlichen Systemen der Kühlung von Fahrzeugen und gegebenenfalls auch von Haltestellen (z.B. durch Verschattung). Für die Wagen der Berliner U-Bahn müssen hier aufgrund der Begrenzungen der Fahrzeuggröße ggf. Modellprojekte durchgeführt werden.			
Wirkung	Um schädliche Auswirkungen auf das Klima durch einen Mehrverbrauch an Energie zu vermeiden, sollte auf passive Kühlung in Fahrzeugen gesetzt werden. Bei der passiven Kühlung wird lediglich auf zirkulierende Außenluft gesetzt. Sollten energieintensivere Klimaanlagen zum Einsatz kommen, sollten diese mit einem festgesetzten Abstandswert zur Außentemperatur betrieben werden. Diese Anpassungsmaßnahme sollte zur Erhöhung der Akzeptanz mit entsprechenden Infokampagnen zu den Nachteilen unterkühlter Räume kombiniert werden.			
Nebeneffekte	<ul style="list-style-type: none"> - Geringere Installationskosten - Geringere Energiekosten und damit bessere Klimabilanz - Ausbleiben von zu großen Temperaturunterschieden – welche eine gesundheitliche Belastung darstellen können 			
Notwendige Schritte/	Bei der Neuanschaffung oder Umrüstung von Fahrzeugen des ÖPNV sollte diese Maßnahme umgesetzt werden. Die Stadt könnte die Maßnahme mit passenden Regelungen untermauern.			

Fristigkeit	
Akteure	Betreiber des ÖPNV; Land Berlin (Verkehr)
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Die Maßnahme wird im Zuge von ohnehin anstehenden Investitionen umgesetzt. Es entstehen keine Zusatzkosten, bzw. im Vergleich zur Installation von Klimaanlage werden sehr wahrscheinlich Kosten eingespart werden können.
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Konflikt: erhöhte Kühlung steigert auch den Energiebedarf. Synergie: Attraktivitätssteigerung des ÖPNV mindert die Emissionen aus dem motorisierten Individualverkehr

VVI-5	SICHERHEIT UND ANNEHMLICHKEIT DES FUßVERKEHRS AUFRECHTERHALTEN			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Mit 31% aller zurückgelegten Wege stellt der Fußverkehr eine wichtige Komponente im Umweltverbund dar. Dieser hat in Berlin einen Anteil von 70% und soll bis zum Jahr 2025 auf 75% steigen (SENSTADT 2011). Um dieses Ziel zu erreichen muss die Attraktivität des Fußverkehrs gesteigert werden. Im Zuge des Klimawandels werden jedoch zunehmend Extremereignisse wie Starkregen oder Hitzetage Fußwege unattraktiver (insbesondere für Gruppen mit Einschränkungen) machen. Um dieser Entwicklung entgegenzuwirken müssen folgende Maßnahmen umgesetzt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Installation sicherer Trockenpfade, ggf. mit Überwegungen; - schattenspendende Strukturen für den Schutz vor direkter Sonnenstrahlung (z.B. Arkaden) realisieren; - die Stadt der kurzen Wege umsetzen; - vor allem in Schwerpunktregionen wie Haupteinkaufsstraßen, wichtigen Zuwegungen zu öffentlichen Einrichtungen oder zum ÖPNV den Fußverkehr aufwerten; - Ausbau strategischer Fußwege über Bezirksgrenzen hinweg. <p>Ein Großteil dieser Maßnahmen ist im Stadtentwicklungsplan Verkehr Berlin bis zum Jahre 2025 festgeschrieben. Eine Aufrechterhaltung der Förderung des Fußverkehrs über den Zeitraum hinaus ist notwendig, um die notwendige Klimaanpassung zu gewährleisten.</p>			
Wirkung	<ul style="list-style-type: none"> - Attraktivität des Fußverkehrs wird bei Extremwetter erhalten - Gesundheitliche Belastung (z.B. bei Hitze) wird verringert - Fußverkehr als NO_x-freien und klimafreundlichen Verkehr wird gefördert 			
Nebeneffekte	<ul style="list-style-type: none"> - Positiver Gesundheitseffekt auf Nutzer der Fußwege - Geringer Lärmbelastung im Vergleich zu anderen Verkehrsmodi - Attraktivere urbane Umwelt (z.B. Entschleunigung) - Geringeres Unfallrisiko da ausbleibender Kontakt zum Fahrzeugverkehr - In Verbindung mit Anpflanzungen – positive Wirkung auf lokales Klima - Geringere Unterhaltskosten im Vergleich zum MIV-genutzten Straßenraum 			

<p>Notwendige Schritte/ Fristigkeit</p>	<p>Es sollten spätestens bei anstehenden Sanierungen/ Umbau von entsprechenden städtischen Zonen die Möglichkeiten der Umsetzung dieser Maßnahme berücksichtigt werden. Idealerweise sollte proaktiv die Einschränkung des motorisierten Verkehrs zu Gunsten der Umsetzung dieser Maßnahme vorangetrieben werden. Die Maßnahme sollte von Seiten der Stadt mit entsprechenden Infokampagnen zu Nutzen und Vorteilen dieses Vorgehens unterstützt werden. Da die Maßnahme längerfristig auf den Wandel von Gewohnheiten der Bewohner aufbaut, sollte, um der zu erwartenden Trägheit dieses Wandels Rechnung zu tragen, auf eine schnellstmögliche Umsetzung der Maßnahme gesetzt werden.</p>
<p>Akteure</p>	<p>Stadtplaner; ÖPNV-Betreiber; Land Berlin (Verkehr); usw.</p>
<p>Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)</p>	<p>Sollten die Bewohner einer Stadt vermehrt diesen Verkehrsmodus nutzen, würden andere Verkehrsmodi entsprechend weniger frequentiert. Da der Unterhalt der Fußgängerverkehrswege günstiger ist, würde dies Kosten einsparen. Kurz- und mittelfristig wären jedoch Investitionen nötig, welche erst langfristig durch eine gesteigerte Lebensqualität, geringere Kosten durch Luftverschmutzung und Klimaschäden amortisiert werden.</p> <p>Für die Umsetzung der Konzeption zur Förderung des Fußgängerverkehrs wurden im Stadtentwicklungsplan Verkehr Berlin von 2011 50 Mio. € bis 2025 veranschlagt (SENSTADT 2011). Für die notwendige, andauernde Förderung in gleicher Größenordnung bis zur Mitte des Jahrhunderts wären noch einmal rund 100 Mio. € notwendig.</p>
<p>Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz</p>	<p>Wie beim Fahrradverkehr handelt es sich beim Fußgängerverkehr um eine klimaneutrale Art der Fortbewegung. Die hier vorgeschlagene Maßnahme deckt sich inhaltlich weitgehend mit der Maßnahme V-1 („Attraktivierung des Fußverkehrs“) des BEK (HIRSCHL/ REUSSWIG/ WEIß et al. (2015a): 314 f.).</p>
<p>Kommentare</p>	<p>Literatur:</p> <p>Hirschl, B.; Reusswig, F./ Weiß, J. et al. (2015a): Für ein klimaneutrales Berlin. Entwurf für ein Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm (BEK). Endbericht. Berlin, November 2015; http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/klimaschutz/bek_berlin/download/BEK-Endbericht-und-AnhangA.pdf; Zugriff: 09.12.2015.</p> <p>SenStadt [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung] (2011). Stadtentwicklungsplan Verkehr Berlin. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/verkehr/politik_planung/step_verkehr/download/Stadtentwicklungsplan_Verkehr_Berlin_gesamt.pdf; Zugriff: 20.03.2015.</p>

<p>VVI- 6</p>	<p>TASK FORCE VERKEHRINFRASTRUKTUR-CHECK EINFÜHREN</p>			
<p>Relevante Klimaänderung</p>	<p>Temperatur</p>	<p>Niederschlag</p>	<p>Wind</p>	<p>Übergreifend</p>
<p>Maßnahmenbeschreibung</p>	<p>Eigentümer und Träger der Verkehrsinfrastrukturen in Berlin (Straße, Schiene, Wasserstraßen, Flughäfen) sollen die jeweiligen Infrastrukturen auf deren Klimasensitivität hin beobachten und gegebenenfalls Strategien zur Erhöhung der Resilienz diskutieren/entwickeln. Externe Expertise sowie Best-Practice-Beispiele aus der eigenen Branche sind einzubeziehen. Die Task-Force soll in regelmäßigen Abständen (etwa alle 5 Jahre) erneuert werden, um auf laufende Änderungen reagieren zu können. Eine verkehrsträgerübergreifende Task-Force ist anzustreben.</p>			
<p>Wirkung</p>	<p>Die Witterungsbedingungen haben starke Auswirkungen auf die Funktionalität von Verkehrsinfrastrukturen und Fahrzeugen. Im Zuge des Klimawandels werden sich die Häufigkeiten und Ausprägungen dieser Witterungsverhältnisse ändern. Mit entsprechenden Anpassungen an Material, Bauart, Organisation, Sicherheitsnormen u.a., muss die kritische Infrastruktur letztlich von den Betrei-</p>			

	bern auf diese neuen Bedingungen eingestellt werden, um einen reibungslosen und schadensfreien Ablauf zu gewährleisten.
Nebeneffekte	<ul style="list-style-type: none"> – Austausch mit anderen Regionen zu Best-Practice ermöglicht auch Erfahrungsaustausch auf anderen Gebieten
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> – Aufbau einer Task-Force, bestehend aus Vertretern aller Verkehrsbereiche der Stadt – im Idealfall aufbauend auf existierenden Gremien – Netzwerkaufbau zu anderen Kommunen und deren Verkehrsinfrastrukturbetreibern – Sammlung existierender Witterungs- und Klimawirkungen auf die Verkehrsinfrastruktur – Austausch bzw. Evaluierung durchgeführter und angestrebter Anpassungsmaßnahmen
Akteure	Kommunale und private Verkehrsinfrastrukturbetreiber; Land Berlin (Umwelt, Verkehr)
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Der Aufbau und die Aufrechterhaltung dieses Gremiums erfordern Mittel in mittlerer Größenordnung. Der Bund regelt aktuell seine Vergabep Praxis nebst Vergabekriterien für die Infrastrukturförderung neu (als Diskussionsgrundlage vgl. Expertenkommission 2015). Die Förderfähigkeit einer solchen Task Force durch den Bund sollte vom Land Berlin in Abstimmung mit den Infrastrukturbetreibern geprüft werden.
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	keine
Kommentare	<p>Literatur</p> <p><i>Expertenkommission (2015): Stärkung von Investitionen in Deutschland. Bericht der Expertenkommission im Auftrag des Bundesministers für Wirtschaft und Energie, Sigmar Gabriel. Berlin.</i> http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF//investitionskongress-report-gesamtbericht-deutsch-barrierefrei,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf</p>

10.1.8 Tourismus, Kultur, Sport

TKS- I	ANPASSUNG VON ANGEBOTEN IM KULTUR- UND SPORTBEREICH			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Das sich ändernde Klima verlangt ein Überdenken der bisherigen Angebote im Bereich Kultur und Sport in der Stadt Berlin. Gleichzeitig werden neue Perspektiven eröffnet, die durchaus positiv auf das Sport-, Freizeit- und Kulturangebot wirken.</p> <p>Beispiele sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Angesichts der zu erwartenden Sommerhitze sollten Veranstaltungen/Sporttrainings in die Morgen- oder Abendstunden verlegt werden. In nicht-klimatisierten Räumen, sollte eine längere Mittagspause eingeführt werden. - In warmen Wintern ist es möglich, einen Teil der sportlichen Aktivitäten aus den Hallen in den Außenraum zu verlagern, was die Auslastung der Sporthallen und Veranstaltungsräume minimiert. - Eine grundsätzliche Verlängerung der Saison für eine kulturelle Nutzung des Außenraums führt langfristig zu einer Verbesserung und Erweiterung des Angebotes, verbunden mit einer entsprechend gesteigerten Inanspruchnahme des Angebotes, sowohl durch Berliner Bürger/-innen, als auch durch Berlin-Besucher/-innen. 			
Wirkung	<ul style="list-style-type: none"> - Gesundheitliche Schäden durch Hitze werden vermindert - Saisonverlängerung bei Outdoor-Sport - Erweiterung und Ergänzung des Kulturangebotes im Außenraum 			
Nebeneffekte	<p>Überlastung der Sporthallen wird reduziert</p>			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Überprüfung von Angebot und Nachfrage - Überprüfung von arbeitsschutzrechtlichen Belangen - Schrittweise Umsetzung 			
Akteure	<ul style="list-style-type: none"> - VisitBerlin, Kulturprojekte Berlin GmbH, u.a. - Land Berlin (Kultur, Sport) - Landessportbund Berlin 			
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	<p>Keine zusätzlichen Kosten</p>			
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	<p>keine</p>			

TKS- 2	FESTSETZUNG EINER VERBINDLICHEN REGELUNG ZUR KOSTENLOSEN AUSGABE VON TRINKWASSER UND FÜR DIE EINRICHTUNG VON ERFRISCHUNGSANLAGEN BEI (GROß-)VERANSTALTUNGEN			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Die Maßnahme bezieht sich hauptsächlich auf Open-Air-Veranstaltungen im Sommer. Die Zunahme von anhaltend hohen Temperaturen und Hitzewellen birgt bei diesen Veranstaltungen besonders die Gefahr von Herz-/Kreislaufbelastungen bei Besucher/-innen und/oder Teilnehmer/-innen, aber auch das Wegbleiben der Besucher/-innen aus den genannten Gründen. Eine kostenlose Trinkwasserversorgung und Einrichtungen wie z.B. Sprühelemente oder mobile Wasserbecken haben einen positiven Effekt auf die Besucher/-innen und gleichermaßen auf die Veranstalter/-innen.</p> <p>Daher wird empfohlen, im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für (Groß-) Veranstaltungen, z.B. bei der Risikobeurteilung im Rahmen des nach § 43 MVStättV (Muster-Versammlungsstättenverordnung) vorgeschriebenen Sicherheitskonzeptes, einen Temperaturschwellenwert einzuführen, ab dem bestimmte Maßnahmen wie z.B. eine kostenlose Trinkwasserversorgung oder die Bereitstellung von Erfrischungsanlagen durchzuführen sind. Das Trinkwasser könnte beispielsweise von den Berliner Wasserbetrieben zur Verfügung gestellt werden.</p> <p>Als gutes Beispiel soll das Helene Fischer Konzert in der Berliner Waldbühne Anfang Juli 2015 dienen, dass bei Temperaturen von über 35 °C stattfand: Die Veranstalter haben darauf reagiert, indem die begrenzte Mitnahme von Wasser erlaubt, der Verkaufspreis für Wasser reduziert sowie Sprinkleranlagen aufgebaut wurden (BM 2015).</p> <p>Zur Versorgung mit kostenlosem Trinkwasser können auch die Berliner Trinkbrunnen beitragen (BWB 2015, → WW-7).</p>			
Wirkung	<ul style="list-style-type: none"> - Sicherstellung der Gesundheit der Besucher/-innen / Teilnehmer/-innen - Kein Abbruch der Veranstaltung bzw. Besucherverlust 			
Nebeneffekte	<ul style="list-style-type: none"> - Reduzierung der Kosten für Rettungsdiensteinsätze - Kein Attraktivitätsverlust der Veranstaltung durch die Hitze, was auch zusätzliche Einnahme durch den Verkauf von Essen/Trinken/Sonstigem impliziert 			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	Festlegung einer Regelung (z.B. Schwellenwert) im Genehmigungsverfahren			
Akteure	Veranstalter, Bezirksämter, Berliner Wasserbetriebe, Berliner Feuerwehr			
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	<ul style="list-style-type: none"> - Keine zusätzlichen Kosten für Bezirksämter - Kosten für Trinkwasser und entgangene Kosten für Trinkwasserverkauf 			
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	keine			
Kommentare	Literatur: BM [Berliner Morgenpost] (2015): Hitze bei Helene: Spezielle Wasser-Regeln bei Helene Fischers Berlin-Konzerten; in: Berliner Morgenpost vom 03.07.2015; http://www.morgenpost.de/berlin/article205438179/Spezielle-Wasser-Regeln-bei-Helene-Fischers-Berlin			

	<p><i>Konzerten.html; Zugriff: 17.12.2015.</i> <i>BWB [Berliner Wasserbetriebe] (2015): Trinkbrunnen in Berlin; http://www.bwb.de/content/language1/html/7673.php; Zugriff: 16.12.2015.</i></p>			
TKS- 3	MARKETINGKONZEPT: KLIMAANGEPASSTER STÄDTETOURISMUS IN BERLIN			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Die touristische Hauptsaison wird sich in Berlin zukünftig klimabedingt noch weiter verlängern. Hitzeperioden können die Aufenthaltsqualität in der Stadt aber auch für Tourist_innen beeinträchtigen.</p> <p>Um die Chancen des Klimawandels für Berlin zu nutzen ist ein Marketingkonzept erforderlich, das die touristisch relevanten Anpassungsmaßnahmen Berlins herausstellt (z.B. Stadtbäder, kühle Räume, Trinkbrunnen, Schwammstadt....) und die Vorteile Berlins gegenüber anderen Metropolen betont.</p> <p>Gleichzeitig sollte das Konzept Rücksicht auf bisherige Schwierigkeiten mit Touristen wie Lärm, Müll usw. nehmen und eine Lösungsstrategien vorschlagen.</p> <p>Gegenwärtig wird an einer neuen Tourismuskonzeption für Berlin gearbeitet. Die hier vorgeschlagene Maßnahme könnte dabei bereits eingebracht werden.</p>			
Wirkung	Dämpfung der negativen Folgewirkungen vermehrter sommerlicher Hitzespitzen auf den Berlin-Tourismus, Stabilisierung/ Steigerung der Touristenzahlen für eine verlängerte Saison.			
Nebeneffekte	Image einer klimaangepassten Stadt (z.B. kann mit bestehenden Trinkbrunnen, vielen kühlenden Grünflächen, einem Flussbad in der City, fahrradfreundlichen Straßen, Schatten durch Straßenbäume usw. geworben werden). Diese Maßnahme bezieht sich vermehrt auf die Bedürfnisse der Berliner Tourist/-innen, von denen jedoch auch die Bürger/-innen profitieren können.			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	Konzepterstellung und Klärung der Maßnahmenumsetzung			
Akteure	<ul style="list-style-type: none"> - VisitBerlin, Tourismusverband, - Land Berlin (Wirtschaft, Umwelt) 			
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Möglich wäre ein Wettbewerb ähnlich „Start Tourism UP!“ durch Senatsverwaltung für Wirtschaft, Technologie und Forschung (SENWTF 2015)			
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	keine			
Kommentare	<p>Literatur:</p> <p><i>SenWTF [Senatsverwaltung für Wirtschaft, Technologie und Forschung] (2015): START TOURISM UP! Berliner Startup-Preis für digitale Tourismuslösungen; (Online: http://www.start-tourism-up.de/index.php?id=1&L=1); Zugriff: 17.12.2015).</i></p>			

TKS- 4 BERÜCKSICHTIGUNG DER TOURIST/-INNEN ALS VULNERABLE GRUPPE IM KATASTROPHENSCHUTZ				
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	Durch den Klimawandel werden Extremereignisse wie Starkregen und Hitzewellen voraussichtlich zunehmen. Neben dem Schutz der (vulnerablen) Berliner Bevölkerung vor Ereignissen wie z.B. Hochwasser ist eine explizite konzeptionelle Berücksichtigung von Tourist/-innen als eigenständige verwundbare Gruppe für Katastrophenschutzbelange bisher vernachlässigt worden. Berlin als Hauptstadt hat im Katastrophenfall dafür Sorge zu tragen, dass Warnmeldungen und Informationen rechtzeitig und für jedermann verständlich (multilingual) auch bei den Tourist/-innen ankommen. Das kann zusätzliche Kanäle und Maßnahmen erfordern, wie z.B. eine Mehrsprachigkeit der Warnmeldungen oder präventive Informationswege für Besucher/-innen (Infoboxen an Bahnhöfen und am Flughafen).			
Wirkung	Schäden der menschlichen Gesundheit werden verringert			
Nebeneffekte	k. A.			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Überprüfen der Mehrsprachigkeit von den Katastrophenschutz betreffenden Informationen (Schilder, Durchsagen usw). - Personal wie z.B. Einsatzkräfte sollten als Mindestanforderung die englische Sprache beherrschen 			
Akteure	Land Berlin (Stadtentwicklung, Umwelt, Wirtschaft)			
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Kosten für Schilder und Durchsagen: hoch			
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	keine			
Kommentare	Überschneidung mit dem HF Gesundheit- & Bevölkerungsschutz			

TKS- 5 EMPFEHLUNG ZUR EINRICHTUNG BZW. NACHRÜSTUNG VON DRAINAGESYSTEMEN ZUR OBERFLÄCHENENTWÄSSERUNG BEI AUßENSORTANLAGEN				
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	Die Berliner Sportvereine zählten Mitte 2015 einen Mitgliederrekord. Fußball gehört zu den beliebtesten Sportarten und zählt auch die meisten Mitglieder (Interview Hahn, AFOK-Endbericht teil II,			

	<p>Kap. 14; LSB 2015). Gerade die Rasensportarten werden im künftigen Berliner Klima unter Druck geraten. Im Sommer droht den Rasenflächen zwar auch vermehrte Trockenheit, doch die Betroffenheit liegt vor allem bei Starkregenereignissen, denn jene können zum Aufweichen des Sportrasens führen, besonders wenn der Boden verdichtet oder die Grasnarbe verfilzt ist (RKS o. J.). In diesen Fällen drohen Zerstörungen der Grasnarbe und Sperrungen der Plätze.</p> <p>Die daraus resultierenden Spielausfälle bzw. Wiederherstellungen sind zeit- und kostenaufwändig. Eine mögliche Lösung könnte Kunstrasen sein, der wetterunabhängiger und nutzungsgerechter ist. Aber auch er hat Nachteile, v.a. aufgrund der Verletzungsgefahr, und könnte daher auf Akzeptanzprobleme der Sportler/-innen treffen.</p> <p>Besser, allerdings auch teurer, wäre ein Drainagesystem, das das Wasser ablaufen lässt und auf diese Weise ein Aufweichen verhindert. In Berlin gibt es bisher nur einige wenige Anlagen, die mit solch einem System ausgestattet sind, z.B. in Reinickendorf (persönl. Information Hahn 2015; siehe Anlage I 1.5 Interviews).</p> <p>Um auch langfristig den Rasensport möglich zu machen und der großen Nachfrage gerecht zu werden, müssten Empfehlungen zum Nachrüsten ausgesprochen, möglicherweise auch Förderungen angeboten werden. Zumindest für geplante Rasensportanlagen sollte der Einbau eines Drainagesystems verbindlich sein und auch in den Kosten berücksichtigt werden.</p>
Wirkung	Beispielbarkeit des Sportrasens wird gesichert; Rasenflächen als Kaltluftentstehungsgebiete werden gesichert
Nebeneffekte	Vereinskultur bleibt erhalten; Sport wichtig für Jugend und Integration
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	Standortanalyse (welche Rasensportplätze leiden besonders unter Starkregen), Kosten-Nutzen-Abschätzung,
Akteure	Land Berlin (Sport), Landessportbund
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Mind. 20.000-50.000 € pro Anlage (je nach Art und Umfang des Umbaus; vgl. NDR 2015 und VESPERMANN 2012), Zuschüsse vom Landessportbund verfügbar
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	keine
Kommentare	<p>Literatur:</p> <p>LSB [Landessportbund Berlin] (2015): Verbandsstatistik nach Altersgruppen und Geschlecht für 2014 (Online: http://www.lsb-berlin.net/uploads/media/Verbaende_nach_Altersgruppen_und_Geschlecht_zum_01.01.2014.pdf; Zugriff: 17.12.2015).</p> <p>NDR [Norddeutscher Rundfunk] (2015): Sportplatz-Sanierung mit Wurmkur gescheitert; (Online: http://www.ndr.de/nachrichten/mecklenburg-vorpommern/Sportplatz-Sanierung-mit-Wurmkur-gescheitert,regenwurm104.html; Zugriff: 17.12.2015).</p> <p>RKS [Rasen-Komplett-System] (o. J.): Wenn der Sportplatz Hilfe braucht; http://www.rasen-komplett-system.de/sanierung.html; Zugriff: 17.12.2015.</p> <p>VESPERMANN, A. (2012): Kostenabrechnung nach DIN 276/Bauvorhaben: 201 I-050B; Sportzentrum Dohlberg, Büdingen; (Online: https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&ved=0CEAQFjAFahUKEwiTqOPZiOjIAhUFtRoKHYdCCM8&url=http%3A%2F%2Fwww.stadt-buedingen.de%2Fde%2Fwipo%2Fwirtschaft%2Fwas-ist-der-</p>

stadtumbau%2Fdownloads%2Fcategory%2F101-planungen-sportplatz-
dohlberg%3Fdownload%3D620%3Astadt-buedingen-k120131&usg=AFQjCNEHI__-
aS4bdcl4ajPfsu0icGDxKw&cad=rja; Zugriff: 17.12.2015).

10.1.9 Bildung

BIL-I	BILDUNGSEINRICHTUNGEN FÜR DEN KLIMAWANDEL BAULICH ERTÜCHTIGEN.			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmen- beschreibung	<p>Der Anpassungsbedarf bei Gebäuden und Infrastrukturen des Bildungssystems soll durch die Aufgabenerweiterung der AG „Statuserhebung/ Sanierungsbedarf“ überprüft und mittels eines „Aktionsprotokolls Klimaanpassung Bildungsinfrastruktur“ abgearbeitet werden. Wichtige Themen sind Hitzeschutz/ Verschattungen, (natürliche) Kühlung, Trinkbrunnen sowie Überflutungsschutz. Das Potenzial der Außenanlagen ist dabei unverzichtbar und systematisch zu erschließen. Basisanforderungen (z.B. kühle/ verschattete Räume in Schulen) werden in die Musterraumprogramme für Schulen integriert. Die regelmäßige Schulinspektion nimmt den Aspekt „Klimaanpassung“ in ihre Prüfkriterien auf. Für Neubauten und Modulare Ergänzungsbauten werden die Kriterien einer klimawandelangepassten Schule von vornherein berücksichtigt.</p> <p>Seit 2015 bestehen einheitliche Kriterien für die Ermittlung des Sanierungsbedarfs der Schulen in den Bezirken. Die dafür zuständige AG „Statuserhebung/ Sanierungsbedarf“ wird mit der zusätzlichen Aufgabe betraut, vergleichbare Kriterien für klimaangepasste Schulen zu entwickeln. Die Bezirke erheben auf dieser Grundlage zusammen mit den Schulen den Anpassungsbedarf („Gebäudescan“) und melden diesen im Zuge der Meldung des generellen Sanierungsbedarfs an den Senat. Die Schulen stellen sicher, dass die Anpassungsthematik einen „Kümmerer“ bekommt (z.B. den/ die Beauftragte/n für Sicherheit und Brandschutz, Hausmeister, Schulleitung). Im Zuge der Mittelverwendungsnachweise berichten die Schulen auch über ihre Anpassungsaktivitäten (Aktionsprotokoll). Die Schulinspektion nimmt das Thema Anpassung in ihre Prüfkriterien auf; bereits heute werden die Aspekte „Schulzufriedenheit“, „Gestaltung der Schule als Lebensraum“ und „Schulleitungshandeln und Qualitätsmanagement“ geprüft, an die Anpassung anschließbar wäre (SENBJW 2014).</p>			
Wirkung	<p>Durch AG-Arbeit und Aktionsprotokoll werden schrittweise die Klimafolgen-Schwachpunkte und der Handlungsbedarf der Gebäude und Außenanlagen des Bildungssektors erfasst und durch die Aufnahme ins Schulsanierungsprogramm schrittweise behoben.</p>			
Nebeneffekte	<p>k.A.</p>			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<p>Integration von Anpassungsmaßnahmen ins Schulsanierungsprogramm Aufgabenerweiterung der AG „Statuserhebung/ Sanierungsbedarf“ Schulen bestimmen „Kümmerer“ Schulinspektion legt Anpassungskriterien fest</p>			
Akteure	<p>Schul- und Bauämter der Bezirke, Land Berlin (Bildung, Umwelt), Schulinspektion, Fachleute aus dem Gesundheits-, Architektur- und Landschaftsplanungsbereich, Schulleitungen.</p>			
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglich- keiten)	<p>In das Schul- und Sportanlagensanierungsprogramm (SSSP) werden die Kriterien der Klimaanpassung als förderfähig integriert. Eine zeitliche Verknüpfung baulicher Maßnahmen mit der energetischen Sanierung ist als kostengünstige Option zu bevorzugen. Falls erforderlich werden zusätzliche Mittel für Anpassungsmaßnahmen bereitgestellt (entweder über die Ausstattung des Sondervermögens Infrastruktur für die wachsende Stadt (SIVA) oder über Zuweisungen aus dem Programm Stadttumbau Ost). Auch die Bezirke beachten bei der Zuweisung ihrer Eigenmittel den Anpassungsbedarf.</p>			
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	<p>Die Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes mindert in der Regel den Energiebedarf und trägt damit zum Klimaschutz bei.</p> <p>Mögliche Konkurrenz evtl. dadurch, dass die Anpassung auf Kosten der energetischen Sanierung finanziert wird. Dieser Konflikt kann durch Mittelaufstockung und/ oder zeitliche Koordinierung der Maßnahmen entschärft/ aufgehoben werden.</p>			

Kommentare	Literatur: SenBJW (2014): <i>7 Jahre Schulinspektion in Berlin</i> . Berlin: SenBJW. http://www.berlin.de/imperia/md/content/sen-bildung/schulqualitaet/schulinspektion/7_jahre_schulinspektion.pdf?start&ts=1432036476&file=7_jahre_schulinspektion.pdf ; Zugriff: 12.01.2016.
-------------------	---

BIL-2	FÖRDERUNG VON SCHULGÄRTEN UND ANDERER LERN- UND ERFAHRUNGSSORTE DES KLIMAWANDELS.			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	Naturnahe Lern- und Erfahrungsorte wie Schulgärten, Kitagärten oder phänologische Gärten haben neben ihrer Anpassungs- auch eine Bildungswirkung (JAHNKE/ FOOS/ AENIS 2015) und sollen deshalb stärker gefördert werden. Dafür wird ein Leitfaden erstellt, der die klimagerechte Gestaltung dieser Anlagen im Grundsatz erläutert und sich an den Prinzipien einer guten Kühl- und Verdunstungswirkung sowie der Regenwasserrückhaltung („Schwammstadt“) orientiert.			
Wirkung	Verbesserung der klimatischen Situation in den Schulen, besserer Gesundheitsschutz der Kinder. Naturnähere Lernorte zur Unterstützung bestimmter Fächer (z.B. Biologie, Geographie) werden geschaffen. Beitrag zum fächerübergreifenden Lernen bzw. Lernen in globalen Zusammenhängen gemäß Rahmenlehrplan Berlin-Brandenburg.			
Nebeneffekte	Erhöhung der Aufenthaltsqualität im Außenbereich, Beitrag der Schulen zur „Schwammstadt“-Strategie. Beitrag zur Bildung für Nachhaltigkeit.			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	Workshop Schulgärten (1-2 im ersten Jahr); Leitfaden: 2 Jahre; Umstellung Förderung: maximal 2 Jahre.			
Akteure	Das Land Berlin (Bildung) führt zusammen mit dem Projekt „Grün macht Schule“ der Stiftung Naturschutz sowie ausgewiesenen Experten/-innen (z.B. vom <i>Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften</i> der HU) einen Workshop durch, der in einem Leitfaden münden soll. Dieser wird den Schulämtern der Bezirke sowie den Schulen zur Verfügung gestellt. SIWA- und SSSP-Verantwortliche.			
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Schulgärten besitzen neben ihrer pädagogischen auch eine positive stadtklimatologische Funktion. Ihre Anlage kann daher zukünftig auch durch Mittel des Sondervermögens Infrastruktur für die wachsende Stadt (SIWA) sowie durch das Schul- und Sportanlagenanierungsprogramm (SSSP) gefördert werden.			
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	keine			
Kommentare	Literatur: Jahnke, J.; Foos, E., Aenis, T. (Hrsg.) (2015): <i>Klima-Bildungsgärten. Klimawandel & Anpassung 1. Praxisleitfäden zur Kommunikation und Bildung für eine nachhaltige Entwicklung</i> . Weikersheim: Margraf. http://edoc.hu-berlin.de/oa/books/regOtLlqGhyhs/PDF/21gWNQtw3rFe2.pdf ; Zugriff: 22.12.2015.			

BIL-3	ANPASSUNG DER (VOR-) SCHULORGANISATION			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Wenn es vor allem in den Sommermonaten in Zukunft merklich heißer wird, muss die Organisation des Bildungsablaufs vor allem in Schulen und Vorschuleinrichtungen überprüft werden, weil hier besonders vulnerable Gruppen längere Zeit verbringen. Der Begriff der Schulorganisation bezieht sich hier auf die räumliche und zeitliche Durchführung des Unterrichts bzw. der Betreuung (Speise- und Trinkpläne, etc.). Mittels Leitlinien als Handreichung und Notfallplänen soll sich auf zu erwartende klimatische Extremereignisse eingestellt werden. Trinken soll auch während des Unterrichts grundsätzlich erlaubt sein.</p>			
Wirkung	Verbesserung der Gesundheit der Schüler/-innen.			
Nebeneffekte	Erlernen von Gestaltungs-/ Handlungskompetenz im Anpassungsbereich.			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	<p>Die für Bildung und Umwelt zuständigen Senatsverwaltungen koordinieren sich mit der Gesundheitsverwaltung über den erforderlichen Rahmen und Sachstand des gesundheitlichen (verhaltensbezogenen) Hitzeschutzes und stimmt sich mit den Schulämtern der Bezirke über ein gemeinsames Vorgehen ab (1 Jahr). Die Erarbeitung der Leitlinien/ Notfallpläne dauert ein weiteres Jahr.</p>			
Akteure	Land Berlin (Bildung, Gesundheit). Bildungsverwaltung zusammen mit den Schulämtern der Bezirke lassen Leitlinien und Notfallpläne für extreme Hitze erstellen und verteilen sie.			
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Bildungsverwaltung übernimmt die Kosten der Erstellung der Leitlinien und Notfallpläne, die mit maximal ca. 10.000,- € veranschlagt werden.			
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	keine			

BIL-4	SCHULEN ALS ORGANISATIONSKERNE DES ERFAHRUNGSUSTAUSCHS ZU ANPASSUNGSMABNAHMEN IM KIEZ.			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Verbunden mit Maßnahme BIL-3 sollten Schulen insgesamt zu „Brückenorten“ zwischen Bildung und Stadtentwicklung werden. Sie liegen in ihren Kiezen und haben aufgrund des hohen Anteils einer lokalen Schülerschaft gleichsam natürliche Verbindungen, und sie können umgekehrt Impulse geben, um das Gelernte auch ansatzweise in die nahe Fläche zu bringen. Formate wie Einschulungsfeiern, Elternabende, Schulausflüge oder Tage der offenen Tür bieten sich an, um damit zu beginnen. Lokale Klimaschutzinitiativen, aber auch Organisationen des Naturschutzes könnten angesprochen werden, um die Austauschbeziehungen zu stärken.</p>			

Wirkung	Ausstrahlung der Bildungsinhalte zum Anpassungsthema in den Kiez
Nebeneffekte	Schulen/ Kinder werden zu Multiplikatoren des Themas.
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	Kurzfristig: Aktivierung der Schulen durch gemeinsame Initiative der betroffenen Senatsverwaltungen (SenStadtUm, SenBJW), Einbeziehung des Kompetenznetzwerkes (vgl. Maßnahme BIL-6); mittelfristig: Verstetigung.
Akteure	Schulen in Zusammenarbeit mit Akteuren im Kiez
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Kein zusätzlicher Mittelbedarf
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	keine

BIL-5	EINBINDUNG DER KLIMAAANPASSUNG IN BESTEHENDE KLIMABILDUNGSANGEBOTE			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	<p>Die für Bildung zuständige Senatsverwaltung wirkt darauf hin, dass der Klimawandel sowie die Maßnahmen zu Klimaschutz und Klimaanpassung – auch und besonders im Land Berlin – in den Jahrgangsstufen 1-10 besser verankert werden, etwa durch Verbreitung von Bildungsmaterialien. Die neuen Rahmenlehrpläne für Berlin und Brandenburg geben bereits ab dem Schuljahr 2017/18 Gelegenheit dazu, insbesondere in Teil B, der sich u.a. mit fächerübergreifendem Lernen und Lernen in globalen Zusammenhängen befasst.</p> <p>Eine Anbindung an den schon länger und besser etablierten Diskurs über Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE) wird als strategisch sinnvoll erachtet. Zusammen mit der Umweltverwaltung wird die Bildungsverwaltung eine Veranstaltung zum Thema „Klimabildung als Bildung für Nachhaltigkeit an Berliner Schulen“ durch, auf der u.a. Best-Practice-Beispiele einer fächerbezogenen Verankerung dieser Themen im Unterricht vorgestellt und mögliche Schritte der konkreten Förderung diskutiert werden. Die Anregungen aus der Netzwerkbildung/ Verstetigung (vgl. BIL-6) gehen ebenfalls ein.</p>			
Wirkung	Bessere Verankerung des Themas Klimawandel in den Lehrplänen und damit in den übergreifenden wie Fachkompetenzen der Schüler/-innen.			
Nebeneffekte	k.A.			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	– Nutzung der verwaltungsinternen Vernetzung (Bildung, Umwelt) zur Klimabildung zum Einbringen der Thematik Klimaanpassung (vgl. BEK Maßnahme PHK-12 („Verwaltungsinterne Vernetzung zur Klimabildung Berlin“))			

	<ul style="list-style-type: none"> – Einspeisung von Fachdiskursen (Klimabildung, BNE) in die Rahmenlehrpläne – Fachtagung „Klimabildung als Bildung für Nachhaltigkeit an Berliner Schulen“ (mit Formaten für Praxisbeispiele) – Kontinuierliches Aufgreifen von Fachdiskursen und guten Praxisbeispielen durch begleitendes Netzwerk (vgl. BIL-6). Kurz- bis mittelfristig
Akteure	Land Berlin (Bildung, Umwelt), Klimabildungs-Netzwerke; Wissenschaft, Lehrkräfte
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Die Aufarbeitung und Verbreitung von Bildungsmaterialien für die fächerübergreifende Verankerung wird als kostenneutral eingeschätzt. Für die Veranstaltung „Klimabildung im Fächerkanon Berliner Schulen“ und deren Auswertung wird ein Mittelbedarf von 10.000,- € bei SenBJW angesetzt.
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Keine
Kommentare	Literatur: <i>RLP (2015): Rahmenlehrplan Online. Bildungsserver Berlin-Brandenburg. http://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/rlp-online/startseite/; Zugriff: 12.01.2016.</i>

BIL-6	EINBINDUNG DER KLIMAAANPASSUNG IN NETZWERKE UND VERSTETIGUNGSPROGRAMME ZUR KLIMANEUTRALITÄT (→ BEK)			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	Im Rahmen des Berliner Energie- und Klimaschutzprogramms (BEK) wurden Maßnahmen zum „Aufbau Kompetenznetzwerk Klimabildung Berlin (PHK-13) sowie zur „Verstetigung erfolgreicher Klimabildungs-Pilotvorhaben“ (PHK-14) vorgeschlagen. Sie sind um das Thema „Anpassung“ zu ergänzen und können die Synergien zwischen Klimaschutz und Klimaanpassung herausstellen. In Ergänzung zum Vorschlag, Klimabildung an die entwicklungspolitische Bildungsarbeit anzuschließen (vgl. BEK, PHK-14) wird hier vorgeschlagen, eine stärkere Anbindung an Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) und speziell das 2015 verabschiedete Weltaktionsprogramm BNE zu suchen.			
Wirkung	Klimaanpassung wird besser im Berliner Bildungssystem, speziell bei innovativen Projekten verankert.			
Nebeneffekte	Positive Bezüge zum BNE-Prozess (Bildung für nachhaltige Entwicklung)			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	Berücksichtigung von Klimaanpassung im BEK-Bildungsnetzwerk, z.B. durch die Ansprache geeigneter Personen sowie die Kriteriengestaltung bei der Projektförderung. Beginn sofort; Entwicklung ansonsten parallel zu den BEK-Maßnahmen			
Akteure	Land Berlin (Umwelt) sorgt dafür, dass das Thema Anpassung in das vom BEK vorgeschlagene Netzwerk Klimabildung eingebracht und auch im Rahmen der Mittelvergabe für Projektverstetigung berücksichtigt wird.			

Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Maßnahme bedarf keiner zusätzlichen, über das BEK-Netzwerk hinaus gehenden Mittel (PHK-13 und 14 dort zusammen: 280.000-350.000 € pro Jahr bis 2020)
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	Synergien durch gemeinsame Verankerung mit Klimaschutz im BEK-Netzwerk

BIL-7	VERANKERUNG VON KLIMAAANPASSUNG IM UNTERRICHT			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	Die Themen Klimaanpassung und Klimaschutz sollten vermehrt auf den Stundenplan der Berliner Schulen stehen und in Fächern mit naturwissenschaftlichem, aber auch sozialem, ethnischem oder ökonomischem Hintergrund behandelt werden. Der Berliner Senat als Landeseinrichtung sollte seine Möglichkeiten nutzen, um beide Themen (speziell erneut ihre Synergien) in die Hochschul-Ausbildung sowie in Fort- und Weiterbildungsprogramme von Erziehungs- und Lehrkräften aufzunehmen. Auch in die Lehrpläne der Bildungseinrichtungen sollten diese Themen aufgenommen werden. Ansatzpunkt dafür sind die neuen Rahmenlehrpläne, insbesondere die dort geforderte Berufsorientierung und das Querschnittsthema Nachhaltigkeit. Mittelfristig muss es darum gehen, Klimabildung auch stärker in den Fachunterricht einzubringen.			
Wirkung	Nachhaltige Verankerung des Klimathemas im Berliner Bildungssystem			
Nebeneffekte	k.A.			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	Die Bildungsverwaltung prüft, ob und wie in den Angeboten des Landesinstituts für Schule und Medien Berlin-Brandenburg (LISUM) Klimawandel als Thema verankert werden kann. Darüber hinaus prüft sie auch andere Formate der Lehrer/-innen-Fortbildung in Berlin (kurzfristig). Mittelfristig ist auf eine Aufnahme von Klimabildung in die Fachlehrpläne zu achten.			
Akteure	Land Berlin (Bildung), Landesinstitut für Schule und Medien Berlin-Brandenburg (LISUM); Umweltverwaltung als Fachberatung.			
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Land Berlin (Bildung). Kosten werden als niedrig eingeschätzt, da kein zusätzliches Personal und auch kaum zusätzlicher Verwaltungsaufwand erfordert wird.			
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	keine			

BIL-8	EINBINDUNG DER VOLKSHOCHSCHULEN ALS ORTE DER KLIMA-AUFKLÄRUNG			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	Die Volkshochschule ist als Ort der Weiter- und Erwachsenenbildung optimal geeignet, interessierten Bürger/-innen das Know-how in Sachen Klimaanpassung in themenbezogenen Kursen näherzubringen.			
Wirkung	Nutzung der Erwachsenenbildung für die Klimaanpassung. Kompetenzsteigerung bei Einwohnerschaft.			
Nebeneffekte	k.A.			
Notwendige Schritte/ Fristigkeit	SenBJW fördert eine thematische Tagung der Gesellschaft zur Förderung der Volkshochschulen in Berlin e.V. (1 Jahr). SenBJW moderiert danach Leiter/-innen-Treffen der 12 Volkshochschulen. Ziel: Memorandum der VHS zum Klimawandel in der Erwachsenenbildung (2 Jahre).			
Akteure	Land Berlin (Bildung), Gesellschaft zur Förderung der Volkshochschulen in Berlin e.V., Leitung der 12 VHS			
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Land Berlin (Bildung), Mittelaufwand Tagung ca. 10.000,-€.			
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	k.A.			

BIL-9	FÖRDERUNG VON BILDUNGS-AKTIONEN MIT EXTERNEN PARTNER/-INNEN			
Relevante Klimaänderung	Temperatur	Niederschlag	Wind	Übergreifend
Maßnahmenbeschreibung	Schon heute kooperieren externe Partner wie Unternehmen oder Umweltverbände in Projekten der Berliner Klimabildung. Sie tun dies zum einen durch finanzielle Unterstützung, zum anderen auch durch inhaltliche Angebote. Die verstärkte Verankerung von Klimaanpassung im Bildungssystem sollte einhergehen mit der Suche nach neuen Partnern und neuen Formen der Institutionalisierung dieser Zusammenarbeit. Zu prüfen ist dabei auch, ob sich das Instrument der öffentlich-privaten Partnerschaft (ÖPP) hier übernehmen lässt.			
Wirkung	Stärkung der Verbindungen zwischen Bildungssektor und Stadtgesellschaft zum Themenfeld Klimawandel.			
Nebeneffekte	k.A.			

Notwendige Schritte/ Fristigkeit	SenStadtUm nutzt seine Kontakte und Instrumente (z.B. die Klimaschutzvereinbarungen mit Unternehmen), um Partner aus Wirtschaft und Gesellschaft für Bildungsprojekte zu gewinnen. Außerdem prüfen SenStadtUm und SenBJW, ob sich ÖPP-Modelle oder andere Formen der gemischten Finanzierung öffentlicher Vorhaben im Bildungsbereich anwenden lassen.
Akteure	Land Berlin (Umwelt, Bildung), Unternehmen, Umweltverbände und andere NROs
Finanzierung (Mittelbedarf/ Fördermöglichkeiten)	Externe Partner.
Konflikte/ Synergien mit Klimaschutz	keine

10.2 Glossar

- ▶ **Albedo:** (lateinisch von *albus*, „weiß“) ist ein Maß für das Rückstrahlvermögen (Reflexionsstrahlung) von nicht selbst leuchtenden Oberflächen. Je höher die Albedo, desto stärker ist die Rückstrahlung, desto weniger Strahlung wird absorbiert und desto geringer tritt ein Aufheizen der Oberfläche auf.
- ▶ **Algenblüte:** Plötzliche, massenhafte Vermehrung von Algen oder Cyanobakterien (Blaualgen) in einem Gewässer. Meist bedingt durch erhöhten Nährstoffeintrag, mindert die A. den Lichteinfall und verbraucht mehr Sauerstoff im Gewässer.
- ▶ **Anpassungsfähigkeit:** Fähigkeit eines Systems oder Akteurs, auf geänderte Klima- und Umweltbedingungen durch System- oder Verhaltensänderungen zu reagieren und dadurch die ▶ Vulnerabilität herabzusetzen. A. kann bewusst/ gezielt oder auch unbewusst/ spontan erfolgen.
- ▶ **Anpassungskosten:** Monetäre und nicht-monetäre Kosten, die durch die Ergreifung von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel entstehen.
- ▶ **AOSIS:** (engl.: *Alliance of Small Island States*), Bündnis von ca. 40 kleiner Insel- und niedrig liegender Küstenstaaten auf der ganzen Welt, die ähnlich Entwicklungsaufgaben haben und sich ähnlichen Klimafolgen ausgesetzt sehen, insbesondere dem Anstieg des Meeresspiegels.
- ▶ **Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen:** Gemäß BNatSchG hat der Verursacher von Eingriffen in Natur und Landschaft unvermeidbare Beeinträchtigungen durch Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege auszugleichen (*Ausgleichsmaßnahmen*) oder in sonstiger Weise zu kompensieren (*Ersatzmaßnahmen*).
- ▶ **Bias:** Ein Ausdruck aus der Statistik, der die Differenz (Verzerrung) zwischen dem Erwartungswert und dem zu schätzenden Objekt bezeichnet.
- ▶ **Biodiversität:** (auch: Biologische Vielfalt): Bezeichnet die Vielfalt des Lebens auf drei verschiedenen Ebenen: (1) innerhalb von Arten (genetische Vielfalt), (2) zwischen den Arten (Artenvielfalt) und (3) zwischen den Lebensräumen (Ökosysteme) der Arten. Ein Leitbegriff der Biologie und des Naturschutzes.
- ▶ **Biotopverbund:** Schaffung eines Netzes von (Einzel-)Biotopen, durch das das Überleben bestimmter Arten gesichert werden kann. Beitrag zum Erhalt der ▶ Biodiversität unter Bedingungen einschränkender Landnutzung bzw. Klimawandel.
- ▶ **Bodendegradierung:** Dauerhafte oder irreversible Veränderung der Strukturen und Funktionen von Böden, die durch physikalische und chemische oder biotische Belastungen entstehen. Bei landwirtschaftlichen Böden ist Ertragsverlust die Folge, bei anderen die Einschränkung von ▶ Ökosystemdienstleistungen.
- ▶ **Citizen Science-Projekt:** Wissenschaftsvorhaben mit Bevölkerungsbeteiligung.
- ▶ **Dehydrierung:** In der Humanmedizin bezeichnet Dehydrierung einen Flüssigkeitsmangel, der auftritt, wenn der menschliche Körper vermehrt Flüssigkeit verliert, ohne ausgleichend Flüssigkeit aufzunehmen. Das Durstgefühl ist bereits als körperliches Signal einer negativen Wasserbilanz zu interpretieren.
- ▶ **Entsiegelung:** Rückgängigmachung der ▶ Versiegelung.
- ▶ **Erosion:** Der Prozess des Entfernens und des Transports von Boden und Gestein durch Verwitterung, Massenabnutzung und unter Einwirkung von Fließgewässern, Gletschern, Wellen, Wind und Grundwasser.
- ▶ **Eutrophierung:** Die Zunahme an Nährstoffen, besonders an Phosphor- und Stickstoffverbindungen in einem Gewässer und damit verbundenes übermäßiges Wachstum von Wasserpflanzen (z. B. Algen, Laichkraut).
- ▶ **Evapotranspiration:** Evapotranspiration setzt sich – sprachlich und inhaltlich – zusammen aus den Kategorien *Evaporation* (= Verdunstung von Boden- oder Wasseroberflächen) und *Transpiration* (= Verdunstung von Pflanzen).
- ▶ **Exposition:** Die Exposition z.B. eines Sektors in Bezug auf den Klimawandel/ ein bestimmtes Klimasignal beschreibt, wie stark der Sektor dem Klimawandel ausgesetzt ist.
- ▶ **Extensive Dachbegrünung.** Naturnahe Begrünungen mit geringem/ keinem Pflegebedarf (aus Moosen, Gräsern u.ä.).
- ▶ **Extinktion.** Biolog. Fachbegriff für das Aussterben einer Art; der Zustand, in dem die Population einer Art durch das Aussterben aller Nachkommen Null beträgt.

- ▶ **Flächenpool:** Sammlung von potenziellen Ausgleichsflächen, auf denen zukünftige Eingriffe durch geeignete Maßnahmen kompensiert werden können.
- ▶ **Graue Infrastruktur:** Bezeichnung für die herkömmliche, funktionsgebundene Infrastruktur (z.B. Regenwasserkanäle), die in verschiedenen Bereichen gegenwärtig durch die leistungsfähigere, kostengünstigere
 - ▶ Grüne Infrastruktur ergänzt bzw. ersetzt wird.
- ▶ **Grundwasserneubildung:** Beschreibt den Zugang von infiltriertem Wasser (z.B. aus Niederschlag) zum Grundwasser und ist ein wichtiges Maß für die natürliche Regenerationsfähigkeit der Grundwasserressourcen.
- ▶ **Grüne Infrastruktur** (auch: blau-grüne Infrastruktur): ein Netzwerk natürlicher und naturnaher Flächen mit unterschiedlichen Umweltmerkmalen, das mit Blick auf die Bereitstellung eines breiten Spektrums an Ökosystemdienstleistungen angelegt ist und bewirtschaftet wird, z.B. begrünte, dezentrale Versickerungsmulden; siehe auch ▶ Graue Infrastruktur.
- ▶ **Hitzestress.** „Durch Hitze bedingte Belastung des menschlichen, tierischen oder pflanzlichen Organismus mit negativem Einfluss auf den Stoffwechsel, insbesondere auf den Wasserhaushalt (Gefahr der Austrocknung). Bei Menschen und Tieren ist zudem das Herz-Kreislaufsystem betroffen. Hitzestress stellt vor allem für Risikogruppen wie ältere Menschen oder Kinder eine ernste gesundheitliche Gefahr dar und vermindert allgemein die Leistungsfähigkeit.“ Quelle: UBA, KomPass.
- ▶ **Humanbioklimatischer Ansatz.** Analyse der Wirkungen des Wetters auf das Wohlbefinden und die Gesundheit des Menschen.
- ▶ **Inhalationsallergen:** (auch: *Aeroallergene*), natürlich vorkommende Stoffe (wie Pollen, Hausstaubmilben etc.) die bei immer mehr Menschen durch Abwehrreaktionen ihres Immunsystems allergische Beschwerden hervorrufen.
- ▶ **Intensive Dachbegrünung** (auch: „Dachgarten“): eine tendenziell aufwendige Begrünung (wie Stauden, Sträucher, Bäume), die vielfältige Nutzungen erlaubt und einen relativ hohem Pflegeaufwand (Wasser, Nährstoffe) aufweist.
- ▶ **Invasive Arten:** Im Naturschutz werden die gebietsfremden Arten als invasiv bezeichnet, die unerwünschte Auswirkungen auf andere Arten, Lebensgemeinschaften oder Biotope haben.
- ▶ **Jährlichkeit:** die Wiederkehrwahrscheinlichkeit von Naturereignissen bezogen auf ein Jahr, gemessen wird in $1/a$ („pro Jahr“). Werden andere Zeiteinheiten zugrunde gelegt, dann spricht man von „Wiederkehrintervall“.
- ▶ **Klimasignal:** Der Anteil einer Klimaänderung, der sich aufgrund von Klimamodellrechnungen einer bestimmten Ursache zuordnen lässt. Klimasignale müssen sich signifikant genug von den natürlichen Klimaschwankungen unterscheiden.
- ▶ **Klimaplastischer Wald:** Leitbild, das die kleinräumige Vielfalt der standörtlichen Bedingungen nutzt, um Baumarten unterschiedlicher waldgeografischer und damit klimatischer Herkunft miteinander in Wechselwirkung zu bringen und so nachhaltige Wälder zu entwickeln. Ökologische Plastizität bezeichnet dabei die Eigenschaft von Wäldern, sich angesichts von sich dauerhaft verändernden klimatischen Bedingungen (aufgrund des Klimawandels) strukturell selbst zu organisieren (JENSSEN/ HOFMANN/ POMMER et al. 2007).
- ▶ **Level-II-Dauerbeobachtung:** EU-weite ökologische Dauerbeobachtung von Umwelt- und Waldzustandskenngrößen im Waldökosystem.
- ▶ **Makrophyten:** Botanischer Begriff für Pflanzen, die mit dem bloßen Auge sichtbar sind (Gegenbegriff: *Mikrophyt*).
- ▶ **Monitoring:** Überbegriff für die (Dauer-)Beobachtung, Überwachung, systematische Erfassung bestimmter Systeme oder Prozesse mittels verschiedener Methoden.
- ▶ **Morbidität:** Epidemiologischer Begriff für die Krankheitshäufigkeit bezogen auf eine bestimmte Bevölkerungsgruppe.
- ▶ **Mortalität** (auch: Sterblichkeitsrate): Demographischer Begriff für die Anzahl der Todesfälle in einem bestimmten Zeitraum bezogen auf 1.000 Individuen einer Population.
- ▶ **Naturverjüngung:** Forstwirtschaftlicher Begriff, der die Entwicklung eines neuen jungen Baumbestands durch selbständige Saat der Bäume beschreibt.

- ▶ **Neobiota:** Nicht-heimische Tier- (*Neozoen*) oder Pflanzenarten (*Neophyten*), die erst durch den Einfluss des Menschen in ihre derzeitigen Ausbreitungsgebiete gelang sind (z.B. Götterbaum, Riesenbärenklau).
- ▶ **Ökokonto:** Instrument aus dem Naturschutz, das einen Pool zu Kompensationszwecken geeigneter Maßnahmen beschreibt, die bereits vor einem Eingriff durchgeführt werden.
- ▶ **Ökologische Amplitude:** Wirkungsbreite eines Umweltfaktors, innerhalb dessen ein Organismus gedeihen kann.
- ▶ **Ökosystemdienstleistung** (engl.: *Ecosystem Services*): Direkter und indirekter Nutzen, den der Mensch aus funktionierenden Ökosystemen zieht.
- ▶ **Pathogene.** Krankheitserreger mit negativen Einflüssen auf die menschliche Gesundheit (*Humanpathogene*) oder die heimischen Wild- und Nutztiere (*Tierpathogene*).
- ▶ **PM₁₀:** Feinstaub (Englisch: *Particulate Matter*), bei dem der Durchmesser der Staubpartikel kleiner ist als 10 µm (Mikrometer) (1 µm = 1/1000 mm). Feinstäube gelangen durch Nase und Mund in den Körper. Sie erhöhen das Risiko, an Husten, Bronchitis, Asthma und Herz-Kreislauf-Problemen zu erkranken. Bei Kindern können sie zudem das Wachstum der Lunge beeinträchtigen.
- ▶ **Potenzielle Schäden:** monetäre und nicht-monetäre Verluste, die durch den Klimawandel auftreten würden, wenn es zu keiner Anpassung käme.
- ▶ **RCPs:** Im 5. Sachstandsbericht des IPCC kamen die „Repräsentativen Konzentrationspfade“ (engl.: *Representative Concentration Pathways - RCPs*) zur Anwendung. Repräsentativ sind die Pfade, weil sie für eine größere Menge von konkreten Emissionspfaden (Szenarien) stehen. Die Zusatzangabe der Zahl verweist auf eine gegenüber früheren Sachstandsberichten neu in die Pfadbezeichnung aufgenommene Metrik, die den anthropogenen Strahlungsantrieb (gemessen in Watt pro m²) des Jahres 2100 im Vergleich zu dem vorindustriellen Antrieb von 1850 benennt. RCP8.5 steht z.B. für einen Strahlungsantrieb von 8,5 W/m² im Jahre 2100.
- ▶ **REMO:** Dynamisches regionales Klimamodell. Weiterentwicklung des für Wettervorhersagen verwendeten Modells des DWD.
- ▶ **Resilienz:** Die Fähigkeit eines Sozial- oder Ökosystems, externen Störungen oder Schocks zu widerstehen, also z.B. nach kürzerer oder längerer Zeit seine Funktionen wieder aufzunehmen und seine Struktur zu erhalten.
- ▶ **Rückversicherer:** Versicherungsorganisationen, die die sog. Erstversicherer (Versicherer für Unternehmen und private Haushalte) gegen große Risiken (z.B. Naturkatastrophen) absichern. Rückversicherer sind damit die „Versicherungen der Versicherungen“.
- ▶ **Sensitivität.** Die Sensitivität eines Systems (z.B. eines Sektors, eines Organismus) gegenüber einem
 - ▶ Klimasignal bezeichnet seine Empfindlichkeit; zusammen mit der ▶ Exposition und in Abhängigkeit von der
 - ▶ Anpassungskapazität beeinflusst dieser Faktor Art und Höhe der ▶ Vulnerabilität des betrachteten Systems.
- ▶ **Solar Reflectance Index (SRI):** (deutsch: Solarer Reflexionsindex oder alternativ: *Total Solar Reflectance (TSR)*): Maß für den Beitrag einer Oberfläche (z.B. einem Baustoff) zum ▶ städtischen Wärmeinsel-Effekt. In den SRI geht nicht nur die Reflexion der Solarstrahlung (▶ Albedo) ein, sondern auch die Wärmeaufnahme und –abstrahlung einer Oberfläche bzw. eines Körpers.
- ▶ **Sommersmog.** Als Sommersmog (auch *Photosmog*, *Ozonsmog* oder *LA-Smog*) bezeichnet man die Belastung der bodennahen Luft (Smog) durch eine hohe Konzentration von Ozon und Photooxidantien.
- ▶ **Städtischer Wärmeinsel-Effekt:** bezeichnet die durchschnittlich höhere Temperatur in einer Stadt gegenüber dem Umland, bedingt hauptsächlich durch die höhere Aufwärmung der Gebäude und die geringere Luftzirkulation in der Stadt. Kann durch die Wahl der verbauten Oberflächen, die Verdunstung und den Luftaustausch beeinflusst werden.
- ▶ **Treibhausgas, Treibhausgaskonzentration:** Treibhausgase sind strahlungsbeeinflussende gasförmige Stoffe in der Luft, die zum Treibhauseffekt beitragen und sowohl einen natürlichen (natürlicher Treibhauseffekt) als auch einen anthropogenen Ursprung (anthropogene globale Erwärmung) haben können. Neben Wasserdampf sind Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Distickstoffmonoxid (N₂O) sowie Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) die wichtigsten Treibhausgase.
- ▶ **Urban Heat Island-Effekt:** Engl. für ▶ Städtischer Wärmeinsel-Effekt.

- ▶ **Vegetationsperiode:** Auch Wachstumszeit, ist diejenige Zeitspanne des Jahres, während der die klimatischen Gegebenheiten Pflanzenwachstum zulassen.
- ▶ **Versiegelung:** Luft- und wasserdichte Bedeckung des natürlichen Bodens durch Bauwerke des Menschen, wodurch Niederschlag nicht oder nur noch unter erschwerten Bedingungen versickern kann. Natürliche Prozesse im Boden können so nicht mehr ungestört ablaufen. Je höher der Versiegelungsgrad, desto höher der Oberflächenabfluss.
- ▶ **Vulnerabilität.** Verwundbarkeit eines Systems oder einer Person für die ▶ potenziellen Schäden des Klimawandels. Die Vulnerabilität wird in einem Abschätzungsvorgang ermittelt, der neben der ▶ Exposition und der ▶ Sensitivität auch die ▶ Anpassungsfähigkeit berücksichtigt.
- ▶ **Waldumbau:** Forstwirtschaftliche Maßnahme, die auf eine schnelle Veränderung der Baumartenzusammensetzung und Altersverhältnisse hin zu mehr Naturnähe abzielt.
- ▶ **Wasserrahmenrichtlinie (WRRL):** Europäische Richtlinie, die zum Ziel hat, die europäischen Oberflächengewässer in einen guten chemischen und ökologischen Zustand zu bringen.
- ▶ **WETTREG:** Von der Firma *Climate & Environment Consulting Potsdam GmbH* entwickelte Wetterlagenbasierte Regionalisierungsmethode, bzw. statistisches regionales Klimamodell.

10.3 Literatur

I Einleitung

1.1 Klimawandel und Anpassung als Herausforderung für Berlin

- AfS [Amt für Statistik Berlin Brandenburg] (2015): Energie- und CO₂-Bilanz in Berlin 2012. Statistischer Bericht E IV 4 – j / 12. https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/publikationen/stat_berichte/2015/SB_E04-04-00_2012j01_BE.pdf; Zugriff: 12.12.2015.
- Barriopedro, D.; Fischer, E.M.; Luterbacher, J.; Trigo, R.M.; Garcia-Herrera, R. (2011): The Hot Summer of 2010: Redrawing the Temperature Record Map of Europe. *Science* 332: 220-224.
- Behringer, W. (2009): *Kulturgeschichte des Klimas. Von der Eiszeit bis zur globalen Erwärmung*. München: C.H. Beck.
- DWD [Deutscher Wetterdienst] (2010): Berlin im Klimawandel - Eine Untersuchung zum Bioklima. Eine Kooperation mit der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung von Berlin. Potsdam: Deutscher Wetterdienst, Abteilung Klima- und Umweltberatung. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/download/Berlin_Waermebelastung_der_Zukunft_Projektbericht.pdf; Zugriff: 20.07.2015.
- DWD [Deutscher Wetterdienst] (2015): Deutschlandwetter im Jahr 2015. Aktuelle Pressemitteilung des DWD; http://www.dwd.de/DE/presse/presseseite_node.html; Zugriff: 05.01.2016.
- Endlicher, W.; Harms-Zwingenberger, G.; Müschen, K.; Pekdeger, A.; Zeitz, J. (2008): Anpassung an den Klimawandel in der Metropolregion Berlin – Vom Wissen zum Handeln. Beschlussvorlage für den Klimaschutzrat bei der Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz. Berlin: Klimaschutzrat. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/klimaschutz/klimaschutzrat/download/080121_BeschlussV_Fragen-Aufgabenkatalog_Themenfeld_Anpassung_Klimawandel.pdf; Zugriff: 05.12.2015.
- GCP [Global Carbon Project] (2015): Global Carbon Budget 2015. Canberra: GCP. <http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/15/presentation.htm>; Zugriff: 20.12.2015.
- Hirschl, B.; Reusswig, F.; Weiß, J.; Bölling, L.; Bost, M.; Flecken, U.; Haag, L.; Heiduk, P.; Klemm, P.; Lange, C.; Lass, W.; Richter, P.-M.; Rupp, J.; Salecki, S.; Schwarz, U.; Voigt, R.; Weyer, G. (2015a): Entwurf für ein Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm (BEK), Endbericht, November 2015; im Auftrag des Landes Berlin, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/klimaschutz/bek_berlin/download/BEK-Endbericht-und-AnhangA.pdf; Zugriff: 20.12.2015.
- Hirschl, B.; Reusswig, F.; Weiß, J.; Bölling, L.; Bost, M.; Flecken, U.; Haag, L.; Heiduk, P.; Klemm, P.; Lange, C.; Lass, W.; Richter, P.-M.; Rupp, J.; Salecki, S.; Schwarz, U.; Voigt, R.; Weyer, G. (2015b): Für ein klimaneutrales Berlin. Entwurf für ein Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm (BEK). Endbericht. Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt. Anhang B: Ergänzende methodische Erläuterungen. Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/klimaschutz/bek_berlin/download/AnhangB-BEK-Endbericht.pdf; Zugriff: 04.01.2016.
- Jeffery, L.; Fyson, C.; Alexander, R.; Gütschow, J. et al. (2015): 2.7 °C is not enough – we can get lower. Climate Action Tracker Update, 8 December 2015. Berlin: Climate Action Tracker, http://climateactiontracker.org/assets/publications/briefing_papers/CAT_Temp_Update_COP21.pdf; Zugriff: 19.12.2015.
- Klein, R.J.T.; Midgley, G.F.; Preston, B.L. et al. (2014): Adaptation Opportunities, Constraints, and Limits. Chapter 16, IPCC, 5th Assessment Report. Geneva: IPCC. https://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WGIIAR5-Chap16_FINAL.pdf; Zugriff: 12.12.2015.
- Kovats, R.S.; Valentini, R. et al. (2014): Europe. In: Barros, V.R. et al. (Eds.): *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge (UK), New York (NY): Cambridge University Press: 1267-1326.
- Moss, T. (2014): Socio-technical Change and the Politics of Urban Infrastructure: Managing Energy in Berlin between Dictatorship and Democracy. *Urban Studies* 51 (7): 1432-1448.
- Polizei Berlin, Unfallstatistik; Online: <https://www.berlin.de/polizei/aufgaben/verkehrssicherheit/verkehrsunfallstatistik/>; Zugriff: 04.01.2016.
- Reusswig, F., Hirschl, B.; Lass, W. et al. (2014): Machbarkeitsstudie Klimaneutrales Berlin 2050. Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/klimaschutz/studie_klimaneutrales_berlin/download/Machbarkeitsstudie_Berlin2050_Hauptbericht.pdf; Zugriff: 02.05.2014.
- Rost, D. (2014): Wandel (v)erkennen. Shifting Baselines und die Wahrnehmung umweltrelevanter Veränderungen aus wissenssoziologischer Sicht. Wiesbaden: Springer VS.
- Schellhuber, H.J. (2015): *Selbstverbrennung. Die fatale Dreiecksbeziehung zwischen Klima, Mensch und Kohlenstoff*. München: C. Bertelsmann.

- Scherer, D.; Fehrenbach, U.; Lakes, T.; Lauf, S.; Meier, F.; Schuster, C. (2013): Quantification of heat-stress related mortality hazard, vulnerability and risk in Berlin, Germany. *DIE ERDE* 144 (3-4): 238-259.
- SenGUV [Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz] (2009): Erster Bericht zum Klimawandel in Berlin. Auswirkungen und Anpassung; Berlin: Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz; http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/klimaschutz/klimawandel/download/klimawandel_bericht.pdf; Zugriff: 01.12.2012.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2004): 04.11 Klimamodell Berlin - Bewertungskarten (Ausgabe 2004). http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/e_text/k411.pdf; Zugriff: 22.01.2016.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2011): Stadtentwicklungsplan Klima. Urbane Lebensqualität im Klimawandel sichern. Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt; http://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/stadtentwicklungsplanung/download/klima/step_klima_broschuere.pdf; Zugriff: 01.12.2012.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin] (2015a): Entwurf eines Gesetzes zur Umsetzung der Energiewende und zur Förderung des Klimaschutzes in Berlin (Berliner Energiewendegesetz – EWG Bln); http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/klimaschutz/energiewendegesetz/download/EnergiewendeG_Bln_GESZESTEXT.pdf; Zugriff: 01.12.2015.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin] (2015b): Klimamodell Berlin: Planungshinweise Stadtklima 2015. Begleitdokument zur Online-Version; (Online: http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/download/Planungshinweise_StadtklimaBerlin_2015.pdf); Zugriff: 07.12.2015.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin] (o.J. a): No Regrets Charta - Prinzipien für die Anpassung an den Klimawandel in Städten; http://www.stadtentwicklung.berlin.de/internationales_eu/staedte_regionen/download/projekte/metropolis/no_regrets_charter_dt.pdf; Zugriff: 02.01.2015.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin] (o.J. b): Metropolis - Berliner Initiative 2015-2017; http://www.stadtentwicklung.berlin.de/internationales_eu/staedte_regionen/de/metropolis/berliner_initiative.shtml; Zugriff: 31.12.2015.
- Stern, N. (2006): Stern Review: Der wirtschaftliche Aspekt des Klimawandels; Deutsche Zusammenfassung; http://www.dnr.de/publikationen/eur/archiv/Stern_Review_148906b_LONG_Executive_Summary_GERMAN.pdf; Zugriff: 28.10.2015; Original: Stern, N. et al. (2006): Stern Review on the Economics of Climate Change; Cambridge University Press; Cambridge.
- UNFCCC [United Nations Framework Convention on Climate Change] (2015): Adoption of the Paris Agreement. Paris: UNFCCC; <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09.pdf>; Zugriff: 04.01.2016.
- Welzer, H. (2008): Klimakriege. Wofür im 21. Jahrhundert getötet wird. Frankfurt a. M.: S. Fischer.
- White, S.; Sylvester, K.M.; Tucker, R. (2015): North American Climate History. In: B. Sommer (Ed.): Cultural Dynamics of Climate Change and the Environment in Northern America. Leiden/ Boston, MA: Brill, pp. 109-136.
- Wikipedia (2016): History of Phoenix, Arizona. https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_Phoenix,_Arizona; Zugriff: 04.01.2016.
- WMO [World Meteorological Organization] (2015): WMO: 2015 likely to be Warmest on Record, 2011-2015 Warmest Five Year Period. WMO Press Release No. 13. Geneva: WMO; <https://www.wmo.int/media/content/wmo-2015-likely-be-warmest-record-2011-2015-warmest-five-year-period>; Zugriff: 17.12.2015.

1.2 Das AFOK im Kontext der Berliner Klimapolitik

- KURAS [Konzepte für urbane Regenwasserbewirtschaftung und Abwassersysteme] (o.J.): KURAS Projektseite, <http://www.kuras-projekt.de>; Zugriff: 04.01.2016.
- L.I.S.T. (o.J.): KiezKlima - Partizipative Entwicklung von Klimaanpassungsmaßnahmen im Berliner-Brunnenviertel. <http://www.list-gmbh.de/partizipation/kiezklima>; Zugriff: 12.12.2015.
- Lotze-Campen, H.; Claussen, L.; Dosch, A.; Noleppa, S.; Rock, J.; Schuler, J.; Uckert, G. (2009): Klimawandel und Kulturlandschaft Berlin. Potsdam (Bericht im Auftrag: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Abteilung I, Gemeinsame Landesplanung Berlin-Brandenburg, Berliner Forsten, Berliner Stadtgüter GmbH); http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/landschaftsplanung/klimawandel/download/klimawandel_kulturlandschaft_kurzfassung.pdf; Zugriff: 05.01.2016
- NACLIM [North Atlantic Climate] (o.J.): NACLIM Projektseite; <http://www.naclim.eu>; Zugriff: 04.01.2016.
- UCaHS [Urban Climate and Heat Stress] (o.J.): Urban Climate and Heat Stress in mid-latitude cities in view of climate change; <http://www.ucahs.org/?lan=>; Zugriff: 04.01.2016.

- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (o.J.): Stadtteilentwicklungskonzept Green Moabit; <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/staedtebau/foerderprogramme/stadtumbau/D6-Green-Moabit.6368.0.html>; Zugriff: 04.01.2016.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (o.J. a): No Regrets Charta - Prinzipien für die Anpassung an den Klimawandel in Städten; http://www.stadtentwicklung.berlin.de/internationales_eu/staedte_regionen/download/projekte/metropolis/no_regrets_charter_dt.pdf; Zugriff: 02.01.2015.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (o.J. b): Metropolis - Berliner Initiative 2015-2017; http://www.stadtentwicklung.berlin.de/internationales_eu/staedte_regionen/de/metropolis/berliner_initiative.shtml; Zugriff: 31.12.2015.
- Umweltbundesamt, KomPass (o.J.): Aktion „Schattenspender“; (Online: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/anpassung-auf-kommunaler-ebene/kommunikation-von-extremereignissen/aktion-schattenspender>); Zugriff: 11.11.2015.

1.3 Methodisches Vorgehen bei der Erarbeitung des AFOK

- Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Berlin: Die Bundesregierung. http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf; Zugriff: 17.12.2009.
- Buth, M.; Kahlenborn, W.; Savelsberg, J.; Becker, N.; Bubeck, P.; Kabisch, S.; Kind, C.; Tempel, A.; Tucci, F. (2015). Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Jasanoff, S. (Ed.) (2004): States of Knowledge. The co-production of science and social order. London/New York, NY: Routledge.
- Jasanoff, S. (2010): A New Climate for Society. *Theory, Culture & Society* 27(2–3): 233–253.
- Zebisch, M.; Grothmann, T.; Schröter, D.; Hasse, C.; Fritsch, U.; Cramer, W. (2005): Klimawandel in Deutschland Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. *Climate Change* 08/05. <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/2947.pdf>; Zugriff: 02.02.2015.

2 Klimawandel und Klimaszenarien

- BBC News. (2015). Warming set to breach 1C threshold. <http://www.bbc.com/news/science-environment-34763036>. Zugriff: 27.01.2016.
- DWD. (2016). Datensätze auf der Basis der RCP-Szenarien. http://www.dwd.de/DE/forschung/klima_umwelt/klimaprojektionen/fuer_deutschland/fuer_dtstl_rcp-datensatz_node.html; Zugriff: 07.01.2016.
- IPCC (2013). Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report, Climate Change 2013: The Physical Science Basis. (D. L. Hartmann, A. M. G. K. Tank, M. Rusticucci, Eds.) IPCC (Vol. AR5). Cambridge, New York, NY: Cambridge University Press.
- Levermann, A.; Bamber, J.L.; Driifhout, S. et al. (2012): Potential climatic transitions with profound impact on Europe. Review of the current state of six 'tipping elements of the climate system'. *Climatic Change* 110 (2012): 845–878.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2015): EFRE Projekt 027 Stadtklima Abschlussbericht.
- Wilcke, R.A.I.; Mendlik, T.; Gobiet, A. (2013): Multi-variable error correction of regional climate models. *Climatic Change* 120(4): 871–887.

3 Regionalisierte Klimaszenarien für Berlin 2050 und 2100

- Behrens, U.; Grätz, A. (2010). Berlin im Klimawandel - Eine Untersuchung zum Bioklima. DWD in Kooperation Mit Der Senatsverwaltung Für Stadtentwicklung Berlin. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/download/Berlin_Waermebelastung_der_Zukunft_Projektbericht.pdf; Zugriff: 20.07.2015.
- DWD. (2016). Datensätze auf der Basis der RCP-Szenarien. http://www.dwd.de/DE/forschung/klima_umwelt/klimaprojektionen/fuer_deutschland/fuer_dtstl_rcp-datensatz_node.html; Zugriff: 07.01.2016.
- Flyvbjerg, B. (2006): Five Misunderstandings About Case-Study Research. *Qualitative Inquiry* 12(2): 219-245.
- Gedney, N.; Cox, P. M.; Betts, R. A.; Boucher, O.; Huntingford, C.; Stott, P. A. (2006): Detection of a direct carbon dioxide effect in continental river runoff records. *Nature* 439(7078): 835–838.
- Gerstengarbe, F.-W.; Badeck, F.; Hattermann, F.; Krysanova, V.; Lahmer, W.; Lasch, P.; Stock, M.; Suckow, F.; Wechsung, F.; Werner, P. (2003): Studie zur klimatischen Entwicklung im Land Brandenburg bis 2055 und deren Auswirkungen

- auf den Wasserhaushalt, die Forst- und Landwirtschaft sowie die Ableitung erster Perspektiven. Potsdam: PIK Report No. 83. https://www.pik-potsdam.de/4c/web_4c/publications/pik_report_83.pdf; Zugriff: 07.09.2015.
- Giorgi, F.; Jones, C.; Asrar, G. R. (2009): Addressing climate information needs at the regional level: the CORDEX framework. *Bulletin - World Meteorological Organization* 58(3): 175–183.
- Hallegatte, S.; Hourcade, J.-C.; Ambrosi, P. (2007): Using climate analogues for assessing climate change economic impacts in urban areas. *Climatic Change* 82(1-2): 47–60.
- IPCC (2013). Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report, Climate Change 2013: The Physical Science Basis. (D. L. Hartmann, A. M. G. K. Tank, M. Rusticucci, Eds.) IPCC (Vol. AR5). Cambridge, New York, NY: Cambridge University Press.
- IPCC (2014). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, L. L. White, Eds.); Cambridge, New York, NY: Cambridge University Press.
- Krysanova, V.; Vetter, T.; Hattermann, F. (2008): Detection of change in drought frequency in the Elbe basin: comparison of three methods. *Hydrological Sciences Journal* 53(3): 519–537.
- Labat, D.; Godderis, Y.; Probst, J.; Guyot, J. (2004): Evidence for global runoff increase related to climate warming. *Advances in Water Resources* 27(6): 631–642.
- Moss, T. (2014): Socio-technical Change and the Politics of Urban Infrastructure: Managing Energy in Berlin between Dictatorship and Democracy. *Urban Studies* 51(7): 1432-1448.
- Parzen, E. (1962): On Estimation of a Probability Density Function and Mode. *The Annals of Mathematical Statistics* 33(3): 1065–1076.
- Reusswig, F.; Weyer, G.; Haag, L.; Hagenau, C.; Knorr, A.; Lass, W.; Lüdeke, M.; Pankoke, C.; Rohrbacher, C.; Walther, C. (2015): Anpassung an den Klimawandel in der Landeshauptstadt Potsdam. Klimaschutzteilkonzept, Gutachten im Auftrag der Stadtverwaltung der Landeshauptstadt Potsdam, Koordinierungsstelle Klimaschutz, Potsdam Juni 2015. https://www.potsdam.de/sites/default/files/documents/klimaanpassung_lhp_160615.pdf; Zugriff: 24.10.2015.
- Roeckner, E.; Brokopf, R.; Esch, M.; Giorgetta, M.A.; Hagemann, S.; Kornblueh, L.; Schulzweida, U. (2006): Sensitivity of simulated climate to horizontal and vertical resolution in the ECHAM5 atmosphere model. *Journal of Climate* 19(16): 3771–3791.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2015): EFRE Projekt 027 Stadtklima Abschlussbericht.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2016): Umweltatlas Berlin. <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/>; Zugriff: 17.01.2016.
- Wilcke, R.A.I.; Mendlik, T.; Gobiet, A. (2013): Multi-variable error correction of regional climate models. *Climatic Change* 120(4): 871–887.
- WMO [World Meteorological Organization] (2016): Climate Models (nesting approach). http://www.wmo.int/pages/themes/climate/climate_models.php; Zugriff: 04.01.2016.

4 Sektorale Sensitivitäten und Vulnerabilitäten

4.1. Einführung

- IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change] (2007): Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, New York, NY: Cambridge University Press.
- Jendritzky, G. (2007): Die Folgen des Klimawandels für die Gesundheit. In: W. Endlicher, F.-W. Gerstengarbe: Der Klimawandel – Einblicke, Rückblicke und Ausblicke, 108-118. https://www.pik-potsdam.de/services/infothek/buecher_broschueren/images/broschuere_cms_100.pdf; Zugriff: 22.05.2015.
- Kovats, R.S.; Hajat, S. (2007): Heat Stress and Public Health: A Critical Review, *Annual Review of Public Health* 29, 41-55; IPCC (2007): Climate Change 2007, Working Group II: Impacts, Adaptation and Vulnerability, 8.2.1.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin] (o.J. c): Klimaanpassung für Berlin. Maßnahmen und Beispiele; http://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/stadtentwicklungsplanung/download/klima/klimaanpassung_broschuere.pdf; Zugriffsdatum: 02.01.2015.

4.2 Vulnerabilitäten und Maßnahmen in den Handlungsfeldern

4.2.1 Menschliche Gesundheit, Bevölkerungsschutz

- AfS [Amt für Statistik Berlin-Brandenburg] (2015d): Zahl der Einwohnerinnen und Einwohner stieg 2014 in Berlin um 44.700; Pressemitteilung Nr. 30 vom 12. Februar 2015; <https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/pms/2015/15-02-12a.pdf>; Zugriff: 29.10.2015.
- Arnfield, A.J. (2003): Two decades of urban climate research: A review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *International Journal of Climatology* 23: 1-26.
- Backes, J.; Klemm, B. (2015): Kein Geld für Bewässerung: Berlin verwüstet. In: BZ vom 9.6.2015. Online-Ausgabe: <http://www.bz-berlin.de/berlin/kein-geld-fuer-bewaesserung-berlin-verwuestet>; Zugriff: 11.11.2015.
- BBSR [Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung] (2015a): Klimaangepasstes Bauen bei Gebäuden. Bonn: BBSR. http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/AnalysenKompakt/2015/DL_02_2015.pdf?__blob=publicationFile&v=3; Zugriff: 19.01.2016.
- BBSR [Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung] (2015b): Überflutungs- und Hitzevorsorge durch die Stadtentwicklung. Bonn: BBSR. http://www.bgmr.de/downloads/Ueberflutungs_und_Hitzevorsorge_durch_die_Stadtentwicklung-barrierearme-Pdf.pdf; Zugriff: 22.12.2015.
- Bender, S. (2015): Neues Luxusgut der Zukunft: Fließend kaltes Wasser in Großstädten? Climate Service Center Germany (GERICS) – Hintergrund. Hamburg. http://www.climate-service-center.de/012542/index_0012542.html.de; Zugriff: 02.02.2016.
- Bräsicke, N. (2013): Die Prozessionsspinner Mitteleuropas - Ein Überblick. Julius-Kühn-Archiv. <http://pub.jki.bund.de/index.php/JKA/article/view/2240/2639>; Zugriff: 12.01.2016.
- Bräsicke, N.; Stein, B. (2014): Eichenprozessionsspinner: Die Ausbreitung eines Schmetterlings und seine Folgen. In: Forschungsreport Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz 1(2014): 12-15. http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Ministerium/Forschung/Forschungsreport/Forschungsreport1-2014.pdf;jsessionid=A4105282E1E024384B42CA018EF5E707.2_cid376?__blob=publicationFile; Zugriff: 12.12.2015.
- Capellaro, M.; Sturm, D. (2015 a): Evaluation von Informationssystemen zu Klimawandel und Gesundheit. Band 1: Anpassung an den Klimawandel: Evaluation bestehender nationaler Informationssysteme (UVIndex, Hitzewarnsystem, Pollenflug- und Ozonvorhersage) aus gesundheitlicher Sicht – Wie erreichen wir die empfindlichen Bevölkerungsgruppen? Hrsg. vom Umweltbundesamt (Umwelt & Gesundheit 03/2015), Dessau-Roßlau. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/umwelt_und_gesundheit_03_2015_evaluation_von_informationssystemen_band_1_0.pdf; Zugriff: 03.01.2016.
- Capellaro, M.; Sturm, D. (2015 b) Evaluation von Informationssystemen zu Klimawandel und Gesundheit. Band 2: Anpassung an den Klimawandel: Strategie für die Versorgung bei Extremwetterereignissen, Hrsg. vom Umweltbundesamt (Umwelt & Gesundheit 04/2015), Dessau-Roßlau. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/umwelt_und_gesundheit_04_2015_evaluation_von_informationssystemen_band_2_0.pdf; Zugriff: 03.01.2016.
- Cheung S.L.K.; Robine J.M.; van Oyen, H.; Griffiths, C.; Herrmann, F. (2007): The 2003 Heat wave in Europe, a review of the literature. Montpellier, The 2003 Heat Wave Project (EU Community Action Programme for Public Health, Grant Agreement 2005114).
- Chmielewski, F.M. (2013): Phenology in Agriculture and Horticulture. In: Schwartz, M.D. (Ed): Phenology: An Integrative Environmental Science. Dordrecht: Springer, pp. 539-561.
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (2015): Bei Sommerhitze verderben Lebensmittel schneller. DGE aktuell 08/2015 vom 16. Juli.
- Díaz, J.; Linares, C.; Tobías, A. (2006): Impact of extreme temperatures on daily mortality in Madrid (Spain) among 45-64 age-group. *International Journal of Biometeorology* 50: 342-348.
- Dümmel, T.; Kannabei, S. (2009): Klimawandel und der Pollenflug in Berlin. <http://www.met.fu-berlin.de/de/wetter/service/pollenflugkalender/PK2011/ZusammenfassungKlimawandel.pdf>; Zugriff: 15.5.2015.
- Dümmel, T.; Schubert, A. (2016): Die hochallergene Ambrosia in Adlershof. Eine Bestandsaufnahme im Ambrosia Hot Spot von Berlin. <http://ambrosia.met.fu-berlin.de/ambrosia/downloads/Adlershof-Ambrosia-Doku.pdf>; Zugriff: 10.07.2016.
- Engel, H. (1956): Mitteleuropäische Insekten. Hamburg: Kronen-Verlag Erich Cramer.
- Fouillet, A.; Rey, G.; Laurent, F.; Pavillon, G.; Bellec, S.; Ghihenneuc-Jouyeux, C.; Clavel, J.; Jouglu, E.; Hémon, D. (2006): Excess mortality related to the August 2003 heat wave in France. *International Archive of Occupational and Environmental Health* 80(1): 16-24; http://www.uniklinik-ulm.de/fileadmin/Kliniken/Innere_Medizin/Sektion_Sportmedizin/Dokumente/Lehre/SS_2011/Umweltmedizin/Artikel_Hitzewellen.pdf; Zugriff: 12.12.2015.

- Gabriel, K. (2009): Gesundheitsrisiken durch Wärmebelastung in Ballungsräumen. Eine Analyse von Hitzewellen. Ereignissen hinsichtlich der Mortalität im Raum Berlin-Brandenburg. Dissertation, Geographisches Institut, Humboldt-Universität zu Berlin. Dissertation im Fach Geographie. Humboldt-Universität zu Berlin. <http://edoc.hu-berlin.de/dissertationen/gabriel-katharina-2009-11-20/PDF/gabriel.pdf>; Zugriff: 05.05.2015.
- Gabriel, K. (2011): Gesundheitsrisiken durch Wärmebelastung in Ballungsräumen. Eine Analyse von Hitzewellen-Ereignissen hinsichtlich der Mortalität im Raum Berlin-Brandenburg. Dissertation im Fach Geographie, Humboldt-Universität zu Berlin. <http://edoc.hu-berlin.de/dissertationen/gabriel-katharina-2009-11-20/PDF/gabriel.pdf>; Zugriff: 31.12.2015.
- Gabriel, K. (2014): On a hot summer night... IPP-Info 10 (12): 6-7.
- Gabriel, K.; Endlicher, W. (2011): Urban and rural mortality rates during heat waves in Berlin and Brandenburg, Germany. *Environmental Pollution* (8-9) 159: 2044-2055.
- Gartland, L. (2008): Heat Islands. Understanding and Mitigating Heat in Urban Areas. London/ Sterling, VA: Earthscan.
- GDV [Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft] (o.J.) <http://www.gdv.de/zahlen-fakten/schaden-undunfallversicherung/elementarschadenversicherung/>; Zugriffsdatum: 07.12.2015.
- Gosling, S.N.; Lowe, J.A.; McGregor, G.R.; Pelling, M.; Malamud, B.D. (2009): Associations between elevated atmospheric temperature and human mortality: a critical review of the literature. *Climatic Change* 92(3-4): 299-341.
- Gräber, B. (2013): Kühlung in der Wohnung: Die besten Tipps gegen Hitze in den eigenen vier Wänden. Focus Online, 26.07.2013. http://www.focus.de/immobilien/mieten/tid-23388/kuehlung-in-der-wohnung-die-besten-tipps-gegen-hitze-in-den-eigenen-vier-waenden_aid_658036.html; Zugriff: 12.12.2015.
- Hamaoui-Laguel, L.; Vautard, R.; Liu, L. et al. (2015): Effects of climate change and seed dispersal on airborne ragweed pollen loads in Europe, *Nature Climate Change* 5, 766–771.
- Hemmer, C.J.; Frimmel, S.; Kinzelbach, R.; Gürtler, L.; Reisinger, E.C. (2007): Global warming: trailblazer for tropical infections in Germany? In: *Deutsche Medizinische Wochenschrift* 132: 2583-2589.
- Hoffmann, C., Funk, R., Reimer, E. (2012): Bestimmung der Feinstaubemissionen von Ackerflächen. Berlin. Poster. Müncheberg: Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF). http://project2.zalf.de/inkabb/projekte/teilprojekt-10-1/ergebnisse_feinstaub; Zugriff: 13.12.2015.
- Hübler, M.; Klepper, G. (2007): Kosten des Klimawandels - Die Wirkung steigender Temperaturen auf Gesundheit und Leistungsfähigkeit. Aktualisierte Fassung 07/2007. Kiel: Institut für Weltwirtschaft.
- Hupfer, P.; Kuttler, W. (Hrsg.) (2006): Witterung und Klima. Eine Einführung in die Meteorologie und Klimatologie. 12., überarb. Aufl. Stuttgart/ Leipzig: Teubner.
- Hydrotec/ FH Aachen/ DWD (2008): Vorhersage und Management von Sturzfluten in urbanen Gebieten (URBAS). Ergebnisse des Forschungsvorhabens. Abschnitt E: Fallstudien und Untersuchungsschwerpunkte. Aachen. <http://www.urbanesturzfluten.de/schlussbericht/fallstudien%20Aachen%20bis%20Gehren/view>; Zugriff: 22.02.2016.
- Ingendahl, B. (2010): Die gesundheitlichen Folgen des Klimawandels und die deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS). In: Umweltbundesamt (2010): Klimawandel und Gesundheit - Welche Probleme verursachen wärmeliebende Schadorganismen? Abschlussbericht. Dessau-Roßlau: UBA. 11-14. <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3925.pdf>; Zugriff: 10.10.2015.
- Jankiewicz, P.; Myrcik, G.; Wehry, W. (2006): Starkregen in Berlin am 7. und 8. Juli 2006. Beiträge des Instituts für Meteorologie der Freien Universität Berlin zur Berliner Wetterkarte. <http://www.met.fu-berlin.de/~stefan/starkregenFarb.pdf>; Zugriff: 22.02.2016.
- JKI [Julius Kühn-Institut](2015): Hintergrundinformation zur Ambrosia-Pflanze. Dossier zu PI Nr. 16 /2015, 23. Juni 2015. Berlin.
- Joswig, K. (2009): Misch- und Regenwasserbehandlung in Berlin. Ein wesentlicher Beitrag zur Gewässerentwicklung. Vortrag am 02.06.2009, Infotag Wasserrahmenrichtlinie. <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/wasser/download/panke-misch-regenwasserbehandlung.pdf>; Zugriff: 25.09.2015.
- Kampen, H.; Werner, D. (2014): Out of the bush: the Asian bush mosquito *Aedes japonicus japonicus* (Theobald, 1901) (Diptera, Culicidae) becomes invasive. *Parasites & Vectors* 7(2014):59-67.
- Kannabei, S. (2008): Untersuchungen ausgewählter Klimatelemente auf den Blühbeginn der Birke in Berlin. FU Berlin, Diplomarbeit Fachbereich Geowissenschaften. http://www.geo.fu-berlin.de/met/service/pollenflugkalender/Medien_pollen/SandraKannabei_Diplomarbeit.pdf; Zugriff: 02.02.2015.
- Koppe, C.; Jendritzky, G. (2008): Die Auswirkungen von thermischen Belastungen auf die Mortalität. In: Lozán, J.L.; Graßl, H.; et. al. (Hrsg.): Warnsignal Klima: Gesundheitsrisiken. Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen. Hamburg.
- Kuttler, W. (2004): Stadtklima, Teil I: Grundzüge und Ursachen. *Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie* 16(3): 187- 199.
- LAGeSo (Hrsg.) (2012): Lyme-Borreliose: Aktuelle Entwicklungen bei den nach Landesrecht in Berlin gemeldeten Fällen im Vergleich mit anderen Bundesländern Epidemiologische Informationen Deutschland für das Land Berlin

- herausgegeben am 20.01.2012. Berlin. https://www.berlin.de/lageso/_assets/.../info_lyme_borreliose.pdf; Zugriff: 22.12.2015.
- LAGeSo (2016): Epi-Info. Epidemiologischer Wochenbericht für die Meldeweche 10/2016. Berlin. Zugänglich unter: <http://www.berlin.de/lageso/gesundheit/gesundheitschutz/infektionsepidemiologie-infektionsschutz/berichterstattung/epidemiologische-wochenberichte-2016/> Zugriff: 12.06.2016.
- Lampert, T.; Kroll, L.E.; von der Lippe, E.; Müters, S.; Stolzenberg, H. (2013): Sozioökonomischer Status und Gesundheit. Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). Bundesgesundheitsblatt 2013 · 56: 814–821. <http://edoc.rki.de/oa/articles/reLuDm5PVIZY/PDF/26HkqtdFJnlbw.pdf>; Zugriff: 11.10.2015.
- Langner, M.; Scherber, K.; Endlicher, W.R. (2014): Indoor heat stress: An assessment of human bioclimate using the UTCI in different buildings in Berlin. *Die Erde* 144(3-4): 260-273.
- Larsen J. (2006): Setting the Record Straight: More than 52,000 Europeans Died from Heat in Summer 2003. Earth Policy Institute, http://www.earth-policy.org/plan_b_updates/2006/update56; Zugriff: 22.12.2014.
- Lass, W.; Haas, A.; Hinkel, J.; Jaeger, C. (2011): Avoiding the Avoidable: Towards a European Heat Waves Risk Governance. *International Journal Disaster Risk Science* 2(1): 1–14.
- Lehmann, M. (2015): Reaktion lästiger und humanhygienisch bedenklicher Organismen an Pflanzen des urbanen Raumes auf Klimaerwärmung. In: Umweltbundesamt (2010): Klimawandel und Gesundheit - Welche Probleme verursachen wärmeliebende Schadorganismen? Abschlussbericht. Dessau-Roßlau: UBA.
- Leitz, N. (2003): Raupendermatis durch Eichen-Prozessionsspinner. *Der deutsche Dermatologe* 9:684-685.
- Matthes, F.C.; Busche, J.; Döring, U. et al. (2013): Politiksznarien für den Klimaschutz VI – Treibhausgas-Emissionsszenarien bis zum Jahr 2030; Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4412.pdf>; Zugriff: 22.04.2015.
- Oke, T.R. (2011): Urban Heat Islands. In: Douglas, I. et al. (Eds) (2011): *The Routledge Handbook of Urban Ecology*, Milton Park, New York, N.Y.: Routledge, pp. 120-131.
- Olonschek, M.; Holsten, A.; Kropp, J. P. (2011): Heating and cooling energy demand and related emissions of the German residential building stock under climate change. *Energy Policy* 39(9): 4795-4806.
- RKI [Robert Koch Institut] (Hrsg.) (2012): Daten und Fakten: Ergebnisse der Studie ‚Gesundheit in Deutschland 2010‘. Beiträge zur Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Berlin: RKI. http://edoc.rki.de/documents/rki_fv/remDCCtjOJxl/PDF/21TgKGZEOOWNCY.pdf; Zugriff: 12.03.2015.
- RKI [Robert-Koch-Institut] (2011): Klimawandel und Gesundheit - Ein Sachstandsbericht. Berlin: RKI. http://www.rki.de/DE/Content/Gesund/Umwelteinfluesse/Klimawandel/Klimawandel-Gesundheit-Sachstandsbericht.pdf?__blob=publicationFile; Zugriff: 12.09.2015.
- RKI [Robert Koch-Institut] (2015): FSME: Risikogebiete in Deutschland (Stand: Mai 2015). Bewertung des örtlichen Erkrankungsrisikos. *Epidemiologisches Bulletin* 21 2015: 175-186. https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2015/Ausgaben/21_15.pdf;jsessionid=085B7CE53B5A2BA75200959509C60EB6.2_cid372?__blob=publicationFile; Zugriff: 17.09.2015.
- Robine, J.M.; Cheung, S.L.; Le Roy, S.; Van Oyen, H.; Herrmann, F.R. (2007): Report on excess mortality in Europe in Summer 2003. EU Community Action Programme for Public Health, Grant Agreement 2005114. http://ec.europa.eu/health/ph_projects/2005/action1/docs/action1_2005_a2_15_en.pdf; Zugriff: 12.01.2015.
- Scherber, K. (2009): Hitzewellen in Berlin und Auswirkungen auf Herz-Kreislauf- und Atmungssystemerkrankungen. Masterarbeit, Geographisches Institut, Humboldt-Universität zu Berlin.
- Scherber, K. (2014): Auswirkungen von Wärme- und Luftschadstoffbelastungen auf vollstationäre Patientenaufnahmen und Sterbefälle im Krankenhaus während Sommermonaten in Berlin und Brandenburg. Dissertation im Fach Geographie eingereicht an der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät II der Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin.
- SenFin [Senatsverwaltung für Finanzen] (2014): Haushaltsplan von Berlin für die Haushaltsjahre 2014/2015, Band 9, Einzelplan 12: Stadtentwicklung und Umwelt. Berlin: SenFin.
- SenGesSoz [Senatsverwaltung für Gesundheit und Soziales] (2013a): Handlungsorientierter Sozialstrukturatlas Berlin 2013. <https://www.berlin.de/sen/gessoz/gesundheits-und-sozialberichterstattung/gesundheitsberichterstattung-epidemiologie/spezialberichte/>; Zugriff: 20.09.2015.
- SenGesSoz [Senatsverwaltung für Gesundheit und Soziales] (2013b): Basisbericht 2012/2013. Daten des Gesundheits- und Sozialwesens. Über: <https://www.berlin.de/sen/gessoz/gesundheits-und-sozialberichterstattung/gesundheitsberichterstattung-epidemiologie/basisberichte/>; Zugriff: 20.09.2015.
- SenGesSoz [Senatsverwaltung für Gesundheit und Soziales] (2015): Gesundheits- und Sozialstrukturatlas für die Bundesrepublik Deutschland. <https://www.berlin.de/sen/gessoz/gesundheits-und-sozialberichterstattung/gesundheitsberichterstattung-epidemiologie/spezialberichte/>; Zugriffsdatum: 17.12.2015.
- SenGUV [Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz] (2007): Gesundheitsrisiken bei Sommerhitze für ältere und pflegebedürftige Menschen. Hinweise für Pflegekräfte, Heimleitungen und Hausärzte.

- <https://www.berlin.de/ba-steglitz-zehlendorf/politik-und-verwaltung/aemter/gesundheitsamt/artikel.29780.php>;
Zugriff: 22.01.2016.
- SenStadt [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung]: Fachbeitrag Stadtklima zum landschaftsplanerischen Wettbewerb ‚Parklandschaft Tempelhof‘ in Berlin, Geo-Net Umweltconsulting 2009.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2014a): Stadtentwicklungsplan Wohnen 2025. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/stadtentwicklungsplanung/de/wohnen/download/step_wohnen_2025_bericht.pdf; Zugriff: 22.01.2015.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2014b): Bündnis für Wohnungsneubau in Berlin. <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/wohnen/neubaubundnis/verbaendebundnis.pdf>; Zugriff: 30.11.2015.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2015a): Berlin Strategie – Stadtentwicklungskonzept-Berlin 2030, Berlin. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/stadtentwicklungsplanung/de/wohnen/download/step_wohnen_2025_bericht.pdf; Zugriffsdatum: 24.03.2015.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2015b): Klimamodell Berlin: Planungshinweise Stadtklima 2015 – Hauptkarte (Umweltatlas); http://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp?loginkey=showMap&mapId=wmsk_0411021_planungshin_haupt@senstadt; Zugriff: 07.12.2015.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2015c): Umweltatlas Berlin 09.01 Umweltgerechtigkeit (Ausgabe 2015); <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/i901.htm>; Zugriff: 07.12.2015.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2015d): Umweltatlas, Erläuterungen 06.01 (Flächennutzung); http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/e_text/kd601.pdf; Zugriff: 07.01.2016.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2015e): Anteil öffentlicher Grünflächen in Berlin. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/stadtgruen/gruenanlagen/de/daten_fakten/downloads/ausw_5.pdf; Zugriff: 15.10.2015.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2015f): Aktuelles zum Eichenprozessionsspinner vom 18.11.2015. Information des Pflanzenschutzamtes. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/pflanzenschutz/eps/download/eps_20151118.pdf; Zugriff: 05.01.2016.
- Sobczyk, T. (2014): Der Eichenprozessionsspinner in Deutschland: Historie – Biologie – Gefahren – Bekämpfung. Hrsg. v. Bundesamt für Naturschutz (BfN), Bonn.
- Sofiev, M., Bergmann, K.-C. (Eds.) (2013): Allergenic Pollen. A Review of the Production, Release, Distribution and Health Impacts. Dordrecht etc.: Springer.
- Süss, J. (2008): Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME) - Zunahme der Inzidenz in Europa und der Klimawandel. In: Lozán, J.L.; Grassl, H.; Jendritzky, G.; Karbe, L.; Reise, K. (Hrsg.): Warnsignal Klima. Gesundheitsrisiken; Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen. Hamburg: GEO S. 106-110.
- Von Wichert, P. (2008): Hitzewellen und thermophysiologische Effekte bei geschwächten bzw. vorgeschädigten Personen. In: Lozán, J.L.; Grassl, H.; Jendritzky, G.; Karbe, L.; Reise, K. (Hrsg.): Warnsignal Klima. Gesundheitsrisiken; Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen. Hamburg: GEO S. 154-158.
- Werner, D.; Kronefeld, M.; Schaffner, F.; Kampen, H. (2012): Two invasive mosquito species, *Aedes albopictus* and *Aedes japonicus japonicus*, trapped in south-west Germany, July to August 2011. *Euro Surveillance* 17(4); Online: <http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=20067>. Zugriff: 01.02.2015.
- Werner, D., Grunewald, J. (2014): Kriebelmücken (Diptera: Simuliidae) als Überträger von Krankheitserregern unter Berücksichtigung sich verändernder Umweltbedingungen in Europa. In: Lozán, J. L., Grassl, H., Karbe, L.; Jendritzky, G. (Hrsg.). Warnsignal Klima: Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen. 2. Auflage. Elektron. Veröffentl. (Kap. 3.2.10) (Online: http://www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de/wp-content/uploads/2014/06/werner_grunewald.pdf); Zugriff: 20.10.2015.
- WHO [World Health Organization] (2010): Environment and health risks: a review of the influence and effects of social inequalities. Copenhagen: WHO Europe. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0003/78069/E93670.pdf; Zugriff: 20.02.2015.
- WHO [World Health Organization] (2014): Quantitative risk assessment of the effects of climate change on selected causes of death, 2030s and 2050s. Geneva: WHO. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/134014/1/9789241507691_eng.pdf; Zugriff: 12.03.2015.
- Witt, C. (2011): Impact of Climate Change on patients with lung diseases. Lung health protection by adaptation to Climate Change. Vortrag akademie der Wissenschaften Berlin/Brandenburg Sept. 2011. http://pulmologie.charite.de/fileadmin/user_upload/microsites/m_cc12/pulmologie/Downloads/Vortrag_Prof_Witt_Lungenkrankheit_und_Klimawandel.pdf; Zugriff: 07.04.2015.
- Witt, C.; Schubert, A.J.; Jehn, M.; Holzgreve, A.; Liebers, U.; Endlicher, W.; Scherer, D. (2015): Auswirkungen von Klimaveränderungen auf Patienten mit chronischen Lungenerkrankungen. Eine systematische Literaturrecherche. *Deutsches Ärzteblatt* 112(51-52): 878–883.

- Zacharias, S., Koppe, C. (2015): Einfluss des Klimawandels auf die Biotropie des Wetters und die Gesundheit bzw. die Leistungsfähigkeit der Bevölkerung in Deutschland. Dessau/Roßlau: Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/ug_06_2015_einfluss_des_klimawandels_auf_die_biotropie_des_wetters_0.pdf; Zugriff: 29.12.2015.
- Zielke, D.E.; Ibañez-Justicia, A.; Kalan, K.; Merdić, E.; Kampen, H.; Werner, D. (2015): Recently discovered *Aedes japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae) populations in The Netherlands and northern Germany resulted from a new introduction event and from a split from an existing population. *Parasites & Vectors* 8(40): 1-9.
- #### 4.2.2 Gebäude, Stadtentwicklung, Grün- und Freiflächen
- AGCCHM [Advisory Group on Climate Change and Human Mobility] (2015): Human Mobility in the Context of Climate Change UNFCCC-Paris COP 21. Recommendations from the Advisory Group on Climate Change and Human Mobility (November 2015). Geneva: UNHCR. <http://www.unhcr.org/565b21bd9.html>; Zugriff: 22.01.2016.
- Backes, J.; Klemm, B. (2015): Kein Geld für Bewässerung: Berlin verwüstet, in: BZ vom 9.6.2015 (online: <http://www.bz-berlin.de/berlin/kein-geld-fuer-bewaesserung-berlin-verwuestet>). Zugriff: 12.02.2016.
- BAMF [Bundesamt für Migration und Flüchtlinge] 2016a: Asylgeschäftsstatistik für den Monat Dezember 2015. Nürnberg: http://www.bamf.de/SharedDocs/Anlagen/DE/Downloads/Infothek/Statistik/Asyl/201512-statistik-anlage-asyl-geschaeftsbericht.pdf?__blob=publicationFile; Zugriff: 22.02.2016.
- BAMF [Bundesamt für Migration und Flüchtlinge] 2016b: Aktuelle Zahlen zu Asyl, Ausgabe Juni 2016. Nürnberg: http://www.bamf.de/SharedDocs/Anlagen/DE/Downloads/Infothek/Statistik/Asyl/aktuelle-zahlen-zu-asyl-juni-2016.pdf?__blob=publicationFile; Zugriff: 12.07.2016.
- BBSR [Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung] (2015a): Klimaangepasstes Bauen bei Gebäuden, Bonn.
- BBSR [Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung] (2015b): Überflutungs- und Hitzevorsorge durch die Stadtentwicklung. Bonn: BBSR. http://www.bgm.de/downloads/Ueberflutungs_und_Hitzevorsorge_durch_die_Stadtentwicklung-barrierearme-Pdf.pdf; Zugriff: 22.12.2015.
- Coniglio, N.D.; Pesce, G. (2011): Climate Variability, Extreme Weather Events and International Migration. COMCAD Arbeitspapiere – Working Papers No. 92, 2011. Universität Bielefeld. http://www.uni-bielefeld.de/tdrc/ag_comcad/downloads/workingpaper_92_coniglio_pesce.pdf; Zugriff: 22.02.2016.
- Fenner, D.; Meier, F.; Scherer, D.; Polze, A. (2014): Spatial and temporal air temperature variability in Berlin, Germany, during the years 2001–2010. *Urban Climate* 10(2): 308-331.
- Gartland, L. (2008): Heat Islands: Understanding and Mitigating Heat in Urban Areas. Milton Park: Routledge.
- GDV [Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft] (o.J.) <http://www.gdv.de/zahlen-fakten/schaden-undunfallversicherung/elementarschadenversicherung/>; Zugriff: 07.12.2015.
- Gräber, B. (2013): Kühlung in der Wohnung: Die besten Tipps gegen Hitze in den eigenen vier Wänden. Focus Online, 26.07.2013. http://www.focus.de/immobilien/mieten/tid-23388/kuehlung-in-der-wohnung-die-besten-tipps-gegen-hitze-in-den-eigenen-vier-waenden_aid_658036.html; Zugriff: 12.12.2015.
- Henning, A.; Limberg, A. (2012): Veränderung des oberflächennahen Temperaturfeldes von Berlin durch Klimawandel und Urbanisierung. *Brandenburgische geowissenschaftliche Beiträge* 19(1): 81-92.
- Hirschl, B.; Reusswig, F.; Weiß, J.; Bölling, L.; Bost, M.; Flecken, U.; Haag, L.; Heiduk, P.; Klemm, P.; Lange, C.; Lass, W.; Richter, P.-M.; Rupp, J.; Salecki, S.; Schwarz, U.; Voigt, R.; Weyer, G. (2015a): Entwurf für ein Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm (BEK), Endbericht, November 2015; im Auftrag des Landes Berlin, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/klimaschutz/bek_berlin/download/BEK-Endbericht-und-Anhang-A.pdf; Zugriff: 20.12.2015.
- IDMC [Internal Displacement Monitoring Centre] (2015): Global Estimates 2015. People displaced by disasters. Geneva: IDMC. <http://www.internal-displacement.org/assets/library/Media/201507-globalEstimates-2015/20150713-global-estimates-2015-en-v1.pdf>; Zugriff: 22.01.2016.
- Kelley, C.P.; Mohtadi, S.; Cabe, M.A.; Seager, R.; Kushmir, Y. (2015): Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought. *PNAS [Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America]* 112(11): 3241-3246. <http://www.pnas.org/content/112/11/3241.abstract>; Zugriff: 22.06.2015.
- Langner, M.; Scherber, K.; Endlicher, W.R. (2014): Indoor heat stress: An assessment of human bioclimate using the UTCI in different buildings in Berlin. *Die Erde* 144(3-4): 260-273.
- Matthes, F.C.; Busche, J.; Döring, U. et al. (2013): Politiksznarien für den Klimaschutz VI – Treibhausgas-Emissionsszenarien bis zum Jahr 2030; Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4412.pdf>; Zugriff: 22.04.2015.
- Menzel, H.-J. (2004): Wachsende Stadt — Nachhaltige Stadt; in: Altrock, U.; Schubert, D. (2004): Wachsende Stadt. Leitbild-Utopie-Vision). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften: S. 57-66.

- SenStadt[Senatsverwaltung für Stadtentwicklung] (2011): Konzepte der Regenwasserbewirtschaftung, Gebäudebegrünung, Gebäudekühlung; Leitfaden für Planung, Bau, Betrieb und Wartung, Berlin.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2011): Stadtentwicklungsplan Klima. Urbane Lebensqualität im Klimawandel sichern. Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt; http://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/stadtentwicklungsplanung/download/klima/step_klima_broschuere.pdf; Zugriff: 01.12.2012.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2012): Strategie Stadtlandschaft. natürlich urban produktiv, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Berlin.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2014a): Stadtentwicklungsplan Wohnen 2025. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/stadtentwicklungsplanung/de/wohnen/download/step_wohnen_2025_bericht.pdf; Zugriff: 12.03.2015.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2014b): Bündnis für Wohnungsneubau in Berlin Vereinbarung zwischen der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, dem BBU Verband Berlin-Brandenburgischer Wohnungsunternehmen e. V., dem BFW Landesverband Berlin / Brandenburg e. V. und den Unterstützern. <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/wohnen/neubaubueundnis/verbaendebueundnis.pdf>; Zugriff: 22.12.2015.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin] (2015b): Klimamodell Berlin: Planungshinweise Stadtklima 2015 – Hauptkarte (Umweltatlas); http://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp?&loginkey=showMap&mapId=wmsk_0411021_planungshin_haupt@senstadt; Zugriff: 07.12.2015.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2015c): Umweltatlas Berlin 09.01 Umweltgerechtigkeit (Ausgabe 2015); <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/i901.htm>; Zugriff: 07.12.2015.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2015d) Umweltatlas: 06.01 Reale Nutzung der bebauten Flächen / 06.02 Grün- und Freiflächenbestand (Ausgabe 2011) 06.01.1 Reale Nutzung /06.02.1 Reale Nutzung und Vegetationsbedeckung (Ausgabe 2015). http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/e_text/kd601.pdf; Zugriff: 12.12.2015.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2015e): Daten und Fakten: Anteil öffentlicher Grünflächen in Berlin. Stand: 31.12.2014. http://stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/stadtgruen/gruenanlagen/de/daten_fakten/downloads/ausw_5.pdf; Zugriff: 22.12.2015.
- Umweltbundesamt (2011): Klimaschutz durch Reduzierung des Energiebedarfs für Gebäudekühlung-Climate Change 10/2011; <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/3979.pdf>; Zugriff: 07.12.2015.
- Weber, N. (2009): Meso- und mikroskalige Untersuchungen der Landoberflächentemperaturen von Berlin. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades (Dr. rer. nat.) im Fach Geographie an der Humboldt Universität zu Berlin. Berlin: HU. <http://edoc.hu-berlin.de/dissertationen/weber-nadine-2009-04-24/PDF/weber.pdf>; Zugriff: 25.01.2015.

4.2.3 Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft

- BBSR [Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung] (2015b): Überflutungs- und Hitzevorsorge durch die Stadtentwicklung. Bonn: BBSR. http://www.bgmr.de/downloads/Ueberflutungs_und_Hitzevorsorge_durch_die_Stadtentwicklung-barrierearme-Pdf.pdf; Zugriff: 22.12.2015.
- Joswig, K. (2009): Misch- und Regenwasserbehandlung in Berlin. Ein wesentlicher Beitrag zur Gewässerentwicklung. Vortrag am 02.06.2009, Infotag Wasserrahmenrichtlinie. <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/wasser/download/panke-misch-regenwasserbehandlung.pdf>; Zugriff: 25.09.2015.
- Riechel, M.; Matzinger, A.; Pawlowsky-Reusing, E.; Sonnenberg, H.; Caradot, N.; Heinzmann, B.; Uldack, M.; von Seggern, D.; Rouault, P. (2013): An impact-based planning instrument for CSO control in Berlin. Präsentation auf der International Water Week, Amsterdam, 6th November 2013. http://www.kompetenz-wasser.de/fileadmin/user_upload/pdf/veranstaltungen/MIA-CSO_Amsterdam_2013/05_MathiasRiechel_CsoPlanningInstrument.pdf; Zugriff: 24.11.2015.
- Uldack, M.; Riechel, M.; Heinzmann, B.; Pawlowsky-Reusing, E.; Matzinger, A. (2013): Deliverable 1.3.2. Demonstration of a planning instrument for integrated and impact based CSO control under climate change conditions in Berlin. PREPARED Report 2013.015. http://www.kompetenz-wasser.de/fileadmin/user_upload/pdf/forschung/MIA-CSO/MIA-CSO_D41_Prepared_D132_Demonstration_of_planning_instrument_final.pdf; Zugriff: 24.11.2015.

4.2.4 Umwelt und Natur

- AfS [Amt für Statistik Berlin-Brandenburg] (2014): Statistisches Jahrbuch Berlin 2014; Land- und Forstwirtschaft, Fischerei; https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/produkte/Jahrbuch/jb2014/JB_201410_BE.pdf; Zugriff: 16.12.2015.
- Binot, M., Bless, R., Boye, P., Gruttke, H.; Pretschner, P. (Bearb.) (1998): Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 55. Münster: Landwirtschaftsverlag.
- B.Z. (2015): Großes Fischsterben: Drama in der Spree: Tausende tote Fische treiben im Wasser, in: bz online vom 16.06.2015; <http://www.bz-berlin.de/berlin/drama-in-der-spree-tausende-tote-fische-treiben-in-den-kanalen>; Zugriff: 16.12.2015.
- BDF [Bund Deutscher Forstleute] (o. J. a): Grunewald ist „Waldgebiet des Jahres 2015“; http://www.bdf-online.de/archiv/2014/141120_waldgebiet2015.html; Zugriff: 18.12.2015.
- BDF [Bund Deutscher Forstleute] (o. J. b): 2015 - Der Grunewald; <http://www.waldgebiet-des-jahres.de/index.php/2015-der-grunewald>; Zugriff: 30.12.2015.
- Böttcher, S. (2015): Ein Wald-Klimapfad für den Grunewald. <http://www.wildes-berlin.de/2015/10/08/wald-klimapfad/>; Zugriff: 30.12.2015.
- Butenschön, S. (2014): Parkbaumschulen – Zentren regional angepasster Gehölzvielfalt in Vergangenheit und Zukunft. In: Stiftung Preußische Schlösser und Gärten Berlin-Brandenburg (Hrsg.): Historische Gärten im Klimawandel – Empfehlungen zur Bewahrung. Edition Leipzig: S. 210-213.
- BWB (Berliner Wasserbetriebe (2015): Berliner Wasserwerke und Wasserschutzzonen (Online: <http://www.bwb.de/content/language1/html/941.php>; Zugriff: 03.12.2015
- Der Landesbeauftragte für Naturschutz und Landschaftspflege (2004): Beschluss-Beirat-NL-14-12-04b: Empfehlung zur Verwendung gebietseigener Gehölze zur Pflanzung in der freien Landschaft. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/natur_gruen/naturschutz/beirat/download/beschlusse/beschluss_2004_12_gebietseig_ghoelze.pdf; Zugriff: 20.12.2015.
- Eppel, J.; Sander, G. (2012): Projekt Stadtgrün 2021: Selektion, Anzucht und Verwendung von Gehölzen unter sich ändernden klimatischen Bedingungen. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben Nr.: KL/08/02; http://www.lwg.bayern.de/mam/cms06/landespflege/dateien/stadtgr%C3%BCn2021_abschlussbericht_2008_2012.pdf; Zugriff: 17.12.2015.
- Fellhölder, G.; Schreiner, M.; Zander, M.; Ulrichs, C. (2015): Stresstest an Straßenbäumen in Berlin-Neukölln. ProBaum 2: 22-24. https://www.berlin.de/ba-neukoelln/politik-und-verwaltung/aemter/strassen-und-gruenflaechenamt/gruenflaechen/gruenflaechen/stresstest_an_strassenbaeumen_in_berlin_neukoelln.pdf; Zugriff: 17.12.2015.
- Fischereiamt (2013): Fische in Berlin. Bilanz der Artenvielfalt. Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/fischerei/fischereiamt/download/Broschuere_Fische_A.pdf; Zugriff: 18.12.2015.
- Frick, A. (2006): Urban Monitoring with QUICKBIRD Imagery through a knowledge-based extraction of indices. ISPRS Workshop – Fifth International Symposium, Turkish German Joint Geodetic days, March 29 – 31, 2006, Berlin.
- GALK [Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz] (2015): GALK Straßenbaumliste; http://www.galk.de/arbeitskreise/ak_stadtbaeume/webprojekte/sbliste/; Zugriff: 17.12.2015.
- Gantner K., Barjenbruch M., Kober P., Schücke D. (2012): Reduzierung des Frachteintrags aus Mischwasserentlastungen. Abschlussbericht. Berlin: Technische Universität Berlin, FG Siedlungswasserwirtschaft. https://www.siwawi.tu-berlin.de/fileadmin/fg118/120326Abschlussbericht_Frachteintrag_downl.pdf; Zugriff: 09.02.2015.
- Haag, L.; Frick, A.; Weyer, G.; Kenneweg, H. (2011): Contributions of Satellite Remote Sensing to Specify Changes of the Ecological Situation: Monitoring of Urban Indices. Conference Proceedings. From Space to Earth. Venice, Italy 21-23. March 2011.
- Hansen, R.; Heidebach, M.; Kuchler, F.; Pauleit, S. (2012): Brachflächen im Spannungsfeld zwischen Naturschutz und (baulicher) Wiedernutzung. Bonn: Bundesamt für Naturschutz, BfN-Skripten 324. <https://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/service/skript324.pdf>; Zugriff: 12.01.2016.
- Holsten, A.; Vetter, T.; Vohland, K.; Krysanova, V. (2009): Impact of climate change on soil moisture dynamics in Brandenburg with a focus on nature conservation areas. Ecological Modelling 220(17): 2076-2087.
- HUB [Humboldt-Universität zu Berlin] (2015): Berliner Moorböden im Klimawandel. Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften der HUB; Department für Nutzpflanzen- und Tierwissenschaften; Fachgebiet Bodenkunde und Standortlehre; <http://www.berliner-moorboeden.hu-berlin.de/index.php>; Zugriff: 16.12.2015.
- Jenssen, M. (2009): Der klimaplastische Wald – ökologische Grundlagen einer forstlichen Anpassungsstrategie. Forst und Holz, Fachzeitschrift für Forstwirtschaft, Waldökologie, Holzwirtschaft, Umwelt- und Jagdmanagement 64(10): 14.21.

- Kaufmann-Boll, C.; Kappler, W.; Lazar, S.; Meiners, G.; Tischler, B.; Baritz, R.; Düwel, O.; Hoffmann, R.; Utemann, J.; Makeschin, F.; Abiy, M.; Rinklebe, J.; Prüß, A.; Schilli, C.; Beylich, A.; Graefe, U. (2011): BOKLIM - Anwendung von Bodendaten in der Klimaforschung. Umweltbundesamt (Hrsg.): UBA-Texte 65/2011; <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4187.pdf>; Zugriff: 17.12.2015.
- Keilani, F. (2015): Tote Fische werden aus Berlins Seen gefischt. Der Tagesspiegel vom 18.6.2015; Online-Ausgabe: <http://www.tagesspiegel.de/berlin/erstickt-im-regen-tote-fische-werden-aus-berlins-seen-gefischt/11931884.html>; Zugriff: 16.12.2015.
- Kögel, A. (2015): Der Berliner Grunewald ist der Wald des Jahres 2015: Der Tagesspiegel vom 22.03.2015; Online-Ausgabe: <http://www.tagesspiegel.de/berlin/ausgezeichnet-der-berliner-grunewald-ist-der-wald-des-jahres-2015/11538304.html>; Zugriff: 30.12.2015.
- Kowarik, I., 2010: Biologische Invasionen. Neophyten und Neozonen in Mitteleuropa. - 2. Aufl., mit Beiträgen von W. Rabitsch. Stuttgart: Ulmer.
- Lässig, R.; Motschalow, S.A. (2000): Vielfältige Strukturen nach Windwurf in Naturwäldern. Wald und Holz 12/2000: 39-43.
- Lotze-Campen, H.; Claussen, L.; Dosch, A.; Noleppa, S.; Rock, J.; Schuler, J.; Uckert, G. (2009): Klimawandel und Kulturlandschaft Berlin. Potsdam (Bericht im Auftrag: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Abteilung I, Gemeinsame Landesplanung Berlin-Brandenburg, Berliner Forsten, Berliner Stadtgüter GmbH); http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/landschaftsplanung/klimawandel/download/klimawandel_kulturlandschaft_kurzfassung.pdf; Zugriff: 05.01.2016
- LV Gartenfreunde [Landesverband Berlin der Gartenfreunde e. V] (2015): Termine Gartenseminare der Bezirksverbände 2015/16; <http://www.gartenfreunde-berlin.de/downloads/uebersichtgartenseminare.pdf>; Zugriff: 17.12.2015.
- LV Gartenfreunde [Landesverband Berlin der Gartenfreunde e. V] (o.J.): Herzlich Willkommen; <http://www.gartenfreunde-berlin.de/>; Zugriff: 17.12.2015.
- MEA [Millennium Ecosystem Assessment] (2005): Ecosystems and Human Well-Being. Synthesis. Washington, D.C.: Island Press.
- Meier, F.; Scherer, D. (2012): Spatial and temporal variability of urban tree canopy temperature during summer 2010 in Berlin, Germany. Theoretical and Applied Climatology 110(3): 373-384.
- Montgomery, D. R.: Dreck. Warum unsere Zivilisation den Boden unter den Füßen verliert. München: Oekom.
- OECD (2015) Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction, URL: http://www.oecd.org/document/11/0,3746,en_2649_37465_49036555_1_1_1_37465,00.html; Zugriff: 17.12.2015.
- Parmesan, C.; Yohe, G. (2003): A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. Nature 421: 37-42.
- Pompe, S.; Berger, S.; Bergmann, J.; Badeck, F.; Lübbert, J.; Klotz, S.; Rehse, A.-K.; Söhlke, G.; Sattler, S.; Walther, G.-R.; Kühn, I. (2011): Modellierung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Flora und Vegetation in Deutschland. BfN-Skripten 304; Bonn-Bad Godesberg.
- Pompe S.; Hanspach, J.; Badeck, F.; Klotz, S.; Thuiller, W.; Kühn, I. (2008): Climate and land use change impacts on plant distribution in Germany. Biology Letters 4: 564-567.
- Prochnow, A.; Risius, H.; Hoffmann, T.; Chmielewski, F.-M. (2015): Does climate change affect period, available field time and required capacities for grain harvesting in Brandenburg, Germany? Agricultural and Forest Meteorology 203: 43-53.
- rbb online (2015): Übergelaufene Kanalisation löst Fischsterben aus - Tote Fische aus der Spree geborgen; in: rbb online; <https://www.rbb-online.de/panorama/beitrag/2015/06/fischsterben-uebergelaufene-kanalisation-tote-fische-geborgen.html>; Zugriff: 16.12.2015.
- Reich, M.; Rüter, S.; Prasse, R.; Matthies, S; Wix, N.; Ullrich, K. (2012): Biotopverbund als Anpassungsstrategie für den Klimawandel? Naturschutz und Biologische Vielfalt 122. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
- Rittel, K.; Bredow, L.; Wanka, E.R.; Hokema, D.; Schuppe, G.; Wilke, T.; Nowak, D.; Heiland, S. 2014: Grün, natürlich, gesund: Die Potenziale multifunktionaler städtischer Räume. BfN-Skripten 371. Bonn: Bundesamt für Naturschutz. <http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/service/Skript371.pdf>; Zugriff: 17.12.2015.
- Roloff, A.; Bonn, S.; Gillner, S. (o.J.): Klimawandel und Baumartenwahl in der Stadt – Entscheidungsfindung mit der Klima-Arten-Matrix (KLAM); https://www.frankfurt.de/sixcms/media.php/738/klam_stadt.pdf; Zugriff: 17.12.2015
- Roßkopf, N.; Zeitz, J (2009): C-Speicherung und C-Freisetzungspotential der hydrologisch-genetischen Moortypen „Durchströmungsmoor“ und „Versumpfungsmoor“. http://eprints.dbges.de/207/2/DBG-Tagung_Bonn2009_Roskopf.pdf; Zugriff: 3.2.2015.
- Saure, C.; Kielhorn, K.-H. 2005: Rote Listen der gefährdeten Pflanzen und Tiere von Berlin – Zusammenfassung und Bilanz. In: Der Landesbeauftragte für Naturschutz und Landschaftspflege/ SenStadt (Hrsg.): Rote Listen der gefährdeten Pflanzen und Tiere von Berlin.

- Schulze, H.D.; Pohl, W.; Grossmann, M. (1984): Gutachten Werte für die Landschafts- und Bauleitplanung: Bodenfunktionszahl, Grünvolumenzahl. „Naturschutz und Landschaftspflege in Hamburg“, Bd. 9. Hamburg: Umweltbehörde – Landschaftsplanung.
- Schumacher, J.; Schumacher, A.; Krüsemann, E.; Rebsch, S.; Becker, R.; Niederstadt, F.; Konold, W.; Wattendorf, P. (2014): Analyse des Bundesnaturschutzgesetzes im Hinblick auf Anpassungsstrategien an den Klimawandel; in: Louis, H.; Schumacher, J. (Hrsg.): Naturschutzrecht im Klimawandel: Juristische Konzepte für naturschutzfachliche Anpassungsstrategien; Berlin, Heidelberg: Springer; S. 180-201.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2005): Umweltatlas / 05.04 Alters- und Bestandesstruktur der Wälder (Ausgabe 2005); <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ia504.htm>; Zugriff 16.12.2015.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2011): Stadtentwicklungsplan Klima; Urbane Lebensqualität im Klimawandel sichern; http://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/stadtentwicklungsplanung/download/klima/step_klima_broschuere.pdf; Zugriff: 16.12.2015.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2012a): Berliner Strategie zur Biologischen Vielfalt: Begründung, Themenfelder und Ziele; http://www.stadtentwicklung.berlin.de/natur_gruen/naturschutz/downloads/publikationen/biologische_vielfalt_strategie.pdf; Zugriff: 17.12.2015.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2012b): Umweltatlas / 02.09 Entsorgung von Regen- und Abwasser (Ausgabe 2012); <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ic209.htm>. Zugriffsdatum: 27.11.2015.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2012c): Strategie Stadtlandschaft Berlin: natürlich urban produktiv. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/landschaftsplanung/strategie_stadtlandschaft/download/Strategie-Stadtlandschaft-Berlin.pdf. Zugriff: 22.11.2015.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2013): Umweltatlas / 05.06 Schutzgebiete nach Naturschutzrecht (inklusive Natura 2000) (Ausgabe 2013). <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ib506.htm>; Zugriff: 10.06.2016.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2014a): Dokumentation des Expertenworkshops „Entsiegelungspotenziale in Berlin“, Finanzierungsinstrumente und Kostenschätzung für Entsiegelungsmaßnahmen; <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/bodenschutz/de/vorsorge/download/Dokumentation-Workshop-16-07-2014.pdf>; Zugriff: 18.12.2015.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2014b): Umweltatlas / 06.10 Gebäude- und Vegetationshöhen (Ausgabe 2014). <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/i610.htm>; Zugriff: 10.06.2016.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2015a): Umweltatlas / 01.16 Entsiegelungspotenziale (Ausgabe 2015); <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/i116.htm>. Zugriff: 27.11.2015.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2015b): Waldzustandsbericht 2015 des Landes Berlin; Berlin; <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/forsten/waldzustandsberichte/download/wzb2015.pdf>; Zugriff: 16.12.2015.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2015c): Umweltatlas / 01.13 Planungshinweise zum Bodenschutz (Ausgabe 2015). <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ib113.htm>. Zugriff: 27.11.2015.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2015d): Planungshinweise zum Bodenschutz: Leitbild und Maßnahmenkatalog für den vorsorgenden Bodenschutz in Berlin; http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/bodenschutz/de/vorsorge/download/Leitbild-Massnahmenkat_2015-07-21_mitAnhang.pdf; Zugriff: 17.12.2015.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2015e): Umweltatlas / 04.11 Klimamodell Berlin - Planungshinweise Stadtklima (Ausgabe 2016). <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ib411.htm>; Zugriff: 10.06.2016.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2015f): Umweltatlas / 01.19 Moore (Ausgabe 2015). <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/i119.htm>; Zugriff: 10.06.2016.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (o.J. a): Dauerbeobachtungsflächen Level II; <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/monitoring/de/dauerbeobachtung/flaechen.shtml>; Zugriff: 17.12.2015.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (o.J. b): Gesamtstädtische Ausgleichskonzeption; <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/landschaftsplanung/lapro/de/plaene/ausgk.shtml>; Zugriff: 18.12.2015.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (o.J. c): Größtes Waldweideprojekt Deutschlands wird erlebbar;

- http://www.stadtentwicklung.berlin.de/aktuell/pressebox/archiv_volltext.shtml?arch_1207/nachricht4729.html;
Zugriff: 17.12.2015.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (o.J. d): Kleingärten: Daten und Fakten;
http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/stadtgruen/kleingaerten/de/daten_fakten/index.shtml; Zugriff:
17.12.2015.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (o.J. e): Naturschutz in Berlin: Schutzgebiete;
http://www.stadtentwicklung.berlin.de/natur_gruen/naturschutz/schutzgebiete/index.shtml; Zugriff 18.12.2015.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (o.J. f): Schutzgebiete - Landschaftspflege durch
Beweidung: Rieselfeldlandschaft Hobrechtsfelde Erprobungs- und Entwicklungsvorhaben;
http://www.stadtentwicklung.berlin.de/natur_gruen/naturschutz/schutzgebiete/de/pflege_entwicklung/beweidung/hobrechtsfelde.shtml; Zugriff: 17.12.2015.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (o.J. g): Schutzgebiete: Landschaftspflege durch
Beweidung;
http://www.stadtentwicklung.berlin.de/natur_gruen/naturschutz/schutzgebiete/de/pflege_entwicklung/beweidung/index.shtml; Zugriff: 17.12.2015.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (o.J. h): Wasser und Geologie; Die europäische
Hochwasserrisikomanagementrichtlinie;
<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/wasser/hochwasser/de/hwrm-rl.shtml>; Zugriff: 16.12.2015.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (o.J. i): Wasser und Geologie; Maßnahmen: Panke
2015; <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/wasser/eg-wrrl/de/inberlin/panke2015.shtml#landunter>;
Zugriff: 16.12.2015.
- Stiftung Naturschutz Berlin (2013): Klimaschutzabgabe – Moornaturierung zur Kompensation von
Treibhausgasemissionen - Klimaentlastende Renaturierung der Kleinen Pelzlaake (Müggelheim);
http://www.stiftung-naturschutz.de/fileadmin/img/pdf/Foerderung/Klimaschutzabgabe/KlimaabgabeExpose_2013.pdf;
Zugriff: 20.10.2015.
- Stopka, I.; Rank, S. (2013): Naturerfahrungsräume in Großstädten. Wege zur Etablierung im öffentlichen Freiraum.
Abschlussbericht zur Voruntersuchung für das Erprobungs- und Entwicklungsvorhaben „Naturerfahrungsräume in
Großstädten am Beispiel Berlin“. Bonn: Bundesamt für Naturschutz. BfN-Skripten 345.
https://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/service/skript_345.pdf. Zugriff: 17.06.2105.
- Strauß, S. (2015): Berliner Kanalsystem wird ausgebaut: Die Spree soll sauberer werden; in: Berliner Zeitung;
<http://www.berliner-zeitung.de/berlin/berliner-kanalsystem-wird-ausgebaut-die-spree-soll-sauberer-werden,10809148,31378616.html#plx1633615330>; Zugriff: 16.12.2015.
- TEEB (2010): Mainstreaming the Economics of Nature: A Synthesis of the Approach, Conclusions and Recommendations
of TEEB. By Sukhdev P., Bishop J., Gundimeda H., Kumar P., Nesshöver C., Neuville A., Schröter-Schlaack C.,
Simmons B., ten Brink P., and Wittmer H.. Bonn/Brussels 2010.
- Tervooren, S. (2015): Potenziale von Grünvolumen und Entsiegelung zur Klimaanpassung am Beispiel der
Landeshauptstadt Potsdam. AGIT – Journal für Angewandte Geoinformatik 1/2015: 258-267.
- UBA [Umweltbundesamt] (2011): Anwendung von Bodendaten in der Klimaforschung.
<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4187.pdf>; Zugriffsdatum: 19.01.2016
- UBA [Umweltbundesamt] (2012): Bodendaten in Deutschland. <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4291.pdf>; Zugriffsdatum: 19.01.2016.
- Urban, M. C. (2015): Accelerating extinction risk from climate change. *Science* 348: 571-573.
- Vetter, S.G.; Ruf T.; Bieber, C.; Arnold, W. (2015): What Is a Mild Winter? Regional Differences in Within-Species
Responses to Climate Change. *PLoS ONE* 10(7): e0132178. doi:10.1371/journal.pone.0132178; Zugriff: 16.12.2015.
- Vohland, K.; Badeck, F. Böhning-Gaese, K.; Hanspach, J.; Klotz, S.; Kühn, I.; Laube, I.; Schwager, M.; Trautmann, S.;
Cramer, W. (2011): Schutzgebiete im Klimawandel – Risiken für Schutzgüter. *Natur und Landschaft* 5/2011: 204-
213.

4.2.5 Energie- und Abfallwirtschaft

- 50Hertz (o.J.): Die 380-kV-Diagonalverbindung Informationen zum Projekt.
<http://www.50hertz.com/de/Netzausbau/Projekte/380-kV-Kabeldiagonale-Berlin>; Zugriff: 20.02.2016.
- Abfallbilanz (2013)- Online abrufbar: <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/abfall/bilanzen/2013/bilanz2013.pdf>;
Zugriff: 22.01.2106.
- AfS [Amt für Statistik Berlin-Brandenburg] (2015): Energie- und CO2-Bilanz in Berlin 2012. Statistischer Bericht E IV – j /
12. https://www.destatis.de/GPStatistik/servlets/MCRFileNodeServlet/BBHeft_derivate_00007803/SB_E04-04-00_2012j01_BEa.pdf;jsessionid=54CC2E97700DAF43129316B9F8F5D217; Zugriff: 12.11.2015.

- BMI [Bundesministerium des Innern] (2009): Nationale Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen (KRITIS-Strategie). Berlin: BMI.
https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/2009/kritis.pdf?__blob=publicationFile; Zugriff: 02.09.2015.
- BSR [Berliner Stadtreinigungsbetriebe] (2013): BSR-Biogasanlage „Bioabfall wird Biogas“.
http://www.bsr.de/assets/downloads/Zusatzinfos_BSR-Biogasanlage_Kompatibilitaetsmodus.pdf; Zugriff: 22.12.2015.
- BSR [Berliner Stadtreinigungsbetriebe] (2015): Unterwegs in die Zukunft. 3. Bericht zur Nachhaltigkeit. Berlin: BSR.
http://www.bsr.de/assets/downloads/Nachhaltigkeitsbericht_3.pdf; Zugriff: 22.01.2016.
- BUND-Berlin (2013). BSR-Biogasanlage: Kein überzeugendes Leuchtturmprojekt. BUND fordert Nachweis für vorbildhaften Klimaschutz, Pressemitteilung zur Eröffnung der Anlage (4. Juni 2013).
- Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel.
<http://www.bmub.bund.de/service/publikationen/downloads/details/artikel/deutsche-anpassungsstrategie-an-den-klimawandel/>; Zugriffsdatum: 17. Dezember 2015
- Buth, M.; Kahlenborn, W.; Savelsberg, J.; Becker, N.; Bubeck, P.; Kabisch, S.; Kind, C.; Tempel, A.; Tucci, F. (2015). Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/climate_change_24_2015_vulnerabilitaet_deutschlands_gegenueber_dem_klimawandel_0.pdf; Zugriff: 12.10.2015.
- Charisius, H. (2010): Risikofaktor Biomüll: Gefahr aus der Biotonne. Süddeutsche Zeitung, 17.05.2010. Online-Ausgabe:
<http://www.sueddeutsche.de/wissen/risikofaktor-biomuell-gefahr-aus-der-biotonne-1.180215>; Zugriff: 22.01.2016.
- Dr. Schumacher [Dr. Schumacher Ingenieurbüro für Wasser und Umwelt] (2006): Modellierung des Wärmehaushalts des Berliner Gewässersystems (Spree, Teltowkanal). Gutachten im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin und der Vattenfall Europe Berlin AG & Co. KG. Berlin: Dr. Schumacher.
- Dunkelberg, E.; Stegnitz, A.; Hirschl, B. (2009): Arbeitspapier zur Vorbereitung des Stakeholderdialogs zu Chancen und Risiken des Klimawandels – Energiewirtschaft;
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/382/dokumente/02_arbeitspapier_stakeholderdialog_energiewirtschaft_0.pdf; Zugriff: 05.01.2016.
- Fischereiamt (2013): Fische in Berlin. Bilanz der Artenvielfalt. Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt.
http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/fischerei/fischereiamt/download/Broschuere_Fische_A.pdf; Zugriff: 18.12.2015.
- Gobmaier, T.; Mauch, W.; Beer, M.; von Roon, S.; Schmid, T.; Mezger, T.; Habermann, J.; Hohlenburger, S. (2012): Simulationsgestützte Prognose des elektrischen Lastverhaltens. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft.
https://www.ffe.de/download/article/256/KW21_BY3E_Lastgangprognose_Endbericht.pdf; Zugriff: 11.04.2015.
- Growitsch, C.; Malischek, R.; Nick, S.; Wetzels, H. (2013): The Costs of Power Interruptions in Germany – an Assessment in the Light of the Energiewende. EVI Working Paper, No 13/07. Cologne: Institute of Energy Economics at the University of Cologne (EVI). http://www.ewi.uni-koeln.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/Working_Paper/EVI_WP_13-07_Costs_of_Power_Interruptions_in_Germany.pdf; Zugriff: 16.03.2015.
- Hoffmann, T. (2013): Blackout-Szenario: Vattenfall in Berlin probt für den großen Stromausfall. Der Tagesspiegel, 24.02.2013.
- Isaac, M.; van Vuuren, D.P. (2009): Modeling global residential sector energy demand for heating and air conditioning in the context of climate change. *Energy Policy* 37(2): 507–521.
- Janositz, P. (2008): Sporen aus der Biotonne. Der Tagesspiegel, 09.04.2008; Online-Ausgabe:
<http://www.tagesspiegel.de/weltspiegel/gesundheit/gesundheit-sporen-aus-der-biotonne/1206848.html>; Zugriff: 22.01.2016.
- Lotze-Campen, H.; Claussen, L.; Dosch, A.; Noleppa, S.; Rock, J.; Schuler, J.; Uckert, G. (2009): Klimawandel und Kulturlandschaft Berlin. Potsdam (Bericht im Auftrag: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Abteilung I, Gemeinsame Landesplanung Berlin-Brandenburg, Berliner Forsten, Berliner Stadtgüter GmbH);
http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/landschaftsplanung/klimawandel/download/klimawandel_kulturlandschaft_kurzfassung.pdf; Zugriff: 05.01.2016
- McDermott, G.R.; Nilsen, Ø.A. (2013): Electricity Prices, River Temperatures and Cooling Water Scarcity. Norwegian School of Economics. <http://core.ac.uk/download/files/153/6253432.pdf>; Zugriff: 14.01.2015.
- Mima, S.; Criqui, P.; Watkiss, P. (2011): The Impacts and Economic Costs of Climate Change on Energy in the European Union. Technical Policy Briefing Note 4: Energy. Stockholm: Swedish Environmental Institute (SEI).
http://www.climatecost.cc/images/Policy_Brief_6_Climatecost_Energy_Summary_Results_vs_5_Draft_Final.pdf; Zugriff: 12.04.2015.
- Nöske, D. et al. (2010): Expertise zum Vergleich verschiedener Kühlungsvarianten für das geplante Gas- und Dampfturbinenheizkraftwerk Klingenberg im Bezirk Lichtenberg von Berlin.
http://www.enpros.de/de/download/Media/KLB_EPC_101015ExpertiseKhlungsvariantenRev3.pdf; Zugriff: 12.03.2015.

- Olonscheck M.; Holsten A.; Kropp J.P. (2011): Heating and cooling energy demand and related emissions of the German residential building stock under climate change. *Energy Policy* 39(9): 4795-4806.
- Petermann, T.; Bradke, H.; Lüllmann, A.; Poetzsch, M.; Riehm, U. (2011): Was bei einem Blackout geschieht. Folgen eines langandauernden und großräumigen Stromausfalls. Studien des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag – 33. Berlin: Edition Sigma. <http://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/buecher/petermann-et-al-2011-141.pdf>; Zugriff: 12.04.2015.
- Piaszeck, S.; Wenzel, L.; Wolf, A. (2013): Regional Diversity in the Costs of Electricity Outages: Results for German Counties. Hamburg: Hamburgisches Weltwirtschaftsinstitut (HWWI). http://www.hwwi.org/uploads/tx_wilpubdb/HWWI_Research_Paper_142.pdf; Zugriff: 14.03.2015.
- Piaszeck, S.; Wenzel, L.; Wolf, A. (2013): Regional Diversity in the Costs of Electricity Outages: Results for German Counties, HWWI Research Paper 142, Hamburg.
- Pilli-Sihvola, K.; Aatola, P.; Ollikainen, M.; Tuomenvirta, H. (2010): Climate change and electricity consumption Witnessing increasing or decreasing use and costs. *Energy Policy* 38(5): 2409-2419.
- Reusswig, F.; Hirschl, B.; Lass, W. et al. (2014a): Klimaneutrales Berlin 2050. Ergebnisse der Machbarkeitsstudie. Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/klimaschutz/studie_klimaneutrales_berlin/download/KlimaneutralesBerlin_Machbarkeitsstudie.pdf; Zugriff: 03.11.2015.
- Reusswig, F.; Weyer, G.; Haag, L.; Hagenau, C.; Knorr, A.; Lass, W.; Lüdeke, M.; Pankoke, C.; Rohrbacher, C.; Walther, C. (2015): Klimaschutzteilkonzept Anpassung an den Klimawandel in der Landeshauptstadt Potsdam; https://www.potsdam.de/sites/default/files/documents/klimaanpassung_lhp_160615.pdf; Zugriff: 05.01.2016
- Rothstein, B.; Mimler, S.; Ottenschläger, L. (2007): Climate Sensitivity of the Energy Sector, Weather Risks and Adaptation to Climate Change. DKKV/CEDIM-Forum: Universität Karlsruhe.
- Schindlbeck, C. (2013): Forschungsprojekt für effiziente Netzwartung: Netzmanagement von Mittelspannungskabeln. SmarterWorld, 08.05.2013. <http://www.smarterworld.de/smart-energy/smart-grid/artikel/97358/>; Zugriff: 12.01.2016.
- SenGUV [Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz] (2009); Erster Bericht zum Klimawandel in Berlin - Auswirkungen und Anpassung ; http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/klimaschutz/klimawandel/download/klimawandel_bericht.pdf; Zugriff: 05.01.2016
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin] (2015a): Das AFOK Berlin: Dokumentation des ExpertInnen-Workshops 23.4.2015; http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/klimaschutz/klimawandel/download/AFOK-WS_I_Dokumentation.pdf; Zugriff: 05.01.2016
- Stromnetz Berlin GmbH (2015): Faktenblatt Stromnetz Berlin GmbH. http://www.stromnetz.berlin.de/file/Faktenblatt_Stromnetz_Berlin_83587236.pdf; Zugriff: 22.10.2015.
- Stromnetz Berlin GmbH (o.J.): Lastgang Online. <https://www.stromnetz-berlin.de/lastgang-online/>; Zugriff: 24.01.2016.
- UBA [Umweltbundesamt] (2015): Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel; https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/climate_change_24_2015_vulnerabilitaet_deutschlands_gegenueber_dem_klimawandel_1.pdf; Zugriffsdatum: 05.01.2016
- UBA [Umweltbundesamt] (2015a): Monitoringbericht 2015- zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel; https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/monitoringbericht_2015_zur_deutschen_anpassungsstrategie_an_den_klimawandel.pdf; Zugriff: 05.01.2016
- Vattenfall (2011): Technische Daten Stromverteilnetz Berlin (Stand 09.12.2011); Power-Point-Präsentatin. 40 Seiten.
- Vattenfall (2015): Umweltschonende Kältelösungen; <https://www.vattenfall.de/de/geschaeftskunden-waerme-berlin-kaelte.htm>; Zugriff: 05.01.2016.
- Veit, S.-M.; Vogelsang, L. (2006): Vattenfall kriegt Sommerfrost. In: taz.die tageszeitung am 20.07.2006; <http://www.taz.de/1/archiv/?dig=2006/07/20/a0277>; Zugriff: 05.01.2016
- Weisz, H.; Koch, H.; Lasch, P.; Walkenhorst, O.; Peters, V.; Hattermann, F.; Huang, S.; Eich, V.; Büchner, M.; Gutsch, M.; Pichler, P.-P.; Suckow, F.; Vögele, S. (2013): Methode einer integrierten und erweiterten Vulnerabilitätsbewertung: Konzeptionell-methodische Grundlagen und exemplarische Umsetzung für Wasserhaushalt, Stromerzeugung und energetische Nutzung von Holz unter Klimawandel. *Climate Change* 13/2013. Dessau/Roßlau: Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/climate_change_13_2013_methode_einer_integrierten_und_erweiterten_vulnerabilitaetsbewertung_0_0.pdf; Zugriff: 21.12.2014.

4.2.6 Industrie, Gewerbe und Finanzwirtschaft

- ACS (Allianz Climate Solutions) (2015): Our world and us. How our environment and our societies will change. München: ACS. https://www.allianz.com/v_1437463672000/en/about_us/open-knowledge/doc/150114_Our_world_and_us.pdf; Zugriff: 29.12.2015.
- AfS [Amt für Statistik Berlin-Brandenburg] (2015a): Bruttoinlandsprodukt, Bruttowertschöpfung in jeweiligen Preisen im Land Berlin 2000 bis 2014 nach Wirtschaftsbereichen; https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/publikationen/otab/2015/OT_P01-01-00_821_201400_BE.pdf; Zugriff: 10.12.2015
- AfS [Amt für Statistik Berlin-Brandenburg] (2015b): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen. Bruttoinlandsprodukt und Bruttowertschöpfung im Land Berlin nach Wirtschaftsbereichen 2000 bis 2014. Statistischer Bericht P 11 – j / 14. https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/publikationen/Stat_Berichte/2015/SB_P01-01-00_2014j01_BE.pdf; Zugriff: 22.11.2015.
- AfS [Amt für Statistik Berlin-Brandenburg] (2015b): Unternehmensregister. Basisdaten; <https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/BasisZeitreiheGrafik/Bas-Unternehmensregister.asp?Ptyp=300&Sageb=52001&creg=BBB&anzwer=2>; Zugriff: 10.12.2015
- BBSR [Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung] (2015): Stadt:Pilot:Spezial. Die Stadt und das Nachtleben. Bonn: BBSR. http://www.nationale-stadtentwicklungspolitik.de/NSP/SharedDocs/Publikationen/DE_NSP/stadtpilot_spezial_2015_09.pdf?__blob=publicationFile&v=4; Zugriffsdatum: 03.01.2016.
- Berlin Tourismus & Kongress GmbH (2015): Start-up Metropole Berlin. Die Gründerhauptstadt Berlin zieht Talente aus aller Welt an. Berlin, Dezember 2015; <http://www.visitberlin.de/de/pressemeldung/das-silicon-valley-in-berlin>; Zugriff: 15.12.2015
- BG Bau [Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft] (2008): Bauarbeit bei Kälte und Schnee gegen Unfälle und Krankheit vorsorgen; <http://www.presseportal.de/pm/60172/1322307>; Zugriff: 10.12.2015.
- Buth, M.; Kahlenborn, W.; Savelsberg, J.; Becker, N.; Bubeck, P.; Kabisch, S.; Kind, C.; Tempel, A.; Tucci, F. (2015). Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/climate_change_24_2015_vulnerabilitaet_deutschlands_gegenueber_dem_klimawandel_0.pdf; Zugriff: 12.10.2015.
- Deutscher Städtetag; Deutscher Landkreistag; Deutscher Städte- und Gemeindebund; Verband kommunaler Unternehmen e.V. (2014): Gemeinsames Positionspapier zu internationalen Handelsabkommen und kommunalen Dienstleistungen. http://www.staedtetag.de/imperia/md/content/dst/internet/fachinformationen/2013/pp_ttip_20141001.pdf; Zugriff: 21.01.2015.
- Frei, X.; Kowalewski, J. (2013): Sektorale und regionale Betroffenheit durch den Klimawandel am Beispiel der Metropolregion Hamburg. Hamburg: Hamburgisches Weltwirtschaftsinstitut. HWWI Research Paper 139. http://www.hwwi.org/fileadmin/hwwi/Publikationen/Research/Paper/Paper_104-/HWWI_Research_Paper_139.pdf; Zugriff: 12.09.2015.
- GDV [Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft] (2011): Auswirkungen des Klimawandels auf die Schadensituation in der deutschen Versicherungswirtschaft. GDV: http://www.gdv.de/wp-content/uploads/2012/01/Klimakonferenz_2011_PIK_Studie_Hochwasser.pdf; Zugriff: 12.02.2015.
- GDV [Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft] (2015): Elementarschadenversicherung im Überblick (Übersichtsgrafik); <http://www.gdv.de/wp-content/uploads/2015/07/GDV-Deutschlandkarte-Versicherungsdichte-Elementarschadenversicherung-06-2015.pdf>; Zugriff: 15.12.2015
- IHK [Industrie- und Handelskammer Berlin]/ HWK [Handwerkskammer Berlin] (2015): Berliner Wirtschaft in Zahlen 2015; http://www.businesslocationcenter.de/imperia/md/blc/wirtschaftsstandort/standort/content/berliner_wirtschaft_in_zahlen.pdf; Zugriff: 09.12.2015
- IW [Institut der deutschen Wirtschaft Köln] (2013): Klimawandel: Betroffenheit von Unternehmen wächst. In: IW-Umweltservice 01/2013; <http://www.iwkoeln.de/infodienste/iw-kurzberichte/beitrag/klimawandel-betroffenheit-von-unternehmen-waechst-104960>; Zugriffsdatum: 05.01.2016
- Kempf, C. (2007): Klimawandel kostet die deutsche Volkswirtschaft Milliarden. In: DIW-Wochenbericht 11/2007; http://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.55814.de/07-11-1.pdf; Zugriffsdatum: 05.01.2016
- Langner, M.; Scherber, K.; Endlicher, W.R. (2014): Indoor heat stress: An assessment of human bioclimate using the UTCI in different buildings in Berlin. DIE ERDE 144(3-4): 260-273.
- Lindemeier, B. (2014): Wenn die Sonne knallt. In: BG Bau aktuell, Heft 2/ 2014, S. 7ff
- Piaszeck, S.; Wenzel, L.; Wolf, A. (2013): Regional Diversity in the Costs of Electricity Outages: Results for German Counties, HWWI Research Paper 142, Hamburg.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin]/ BA Mitte [Bezirksamt Mitte zu Berlin (2014): Stadtteilentwicklungskonzept GREEN MOABIT – Bericht. Potenzialanalyse, Handlungskonzept und Aktionsplan zu

Maßnahmen zum Klimaschutz und zur Anpassung an die Folgen des Klimawandel. Berlin, Dezember 2013; http://sustainum.de/wp-content/uploads/2015/10/Green_Moabit_Bericht-1.pdf; Zugriff: 15.12.2015

- SenWTF [Senatsverwaltung für Wirtschaft, Technologie und Forschung Berlin] (2015): Brancheninformationen der Berliner Wirtschaft; <https://www.berlin.de/sen/wirtschaft/wirtschaft-und-technologie/branchen/>; Zugriff: 09.12.2015
- SenWTF [Senatsverwaltung für Wirtschaft, Technologie und Forschung Berlin] (2015): Brancheninformationen der Berliner Wirtschaft; <https://www.berlin.de/sen/wirtschaft/wirtschaft-und-technologie/branchen/>; Zugriff: 09.12.2015
- Stachen, J. (2015): Berliner Start-Ups als Büronutzer...auf dem Weg zum Establishment? Berlin: Jones Lang Lasalle GmbH <http://www.jll.de/germany/de-de/Research/Start-Up-Berlin-Germany-JLL.pdf>; Zugriff: 12.12.2015.
- UBA [Umweltbundesamt] (2015a): Monitoringbericht 2015 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel; https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/monitoringbericht_2015_zur_deutschen_anpassungsstrategie_an_den_klimawandel.pdf; Zugriff: 05.01.2016

4.2.7 Verkehr, Verkehrsinfrastruktur

- ADAC (2015): Hitze verstärkt Unfallgefahr. ADAC-Unfallforschung <https://www.adac.de/infotestrat/ratgeber-verkehr/sicher-unterwegs/hitze-verstaerkt-unfallgefahr/default.aspx>; Zugriff 15.12.2015
- Ahrens, G.-A. (2011): Verkehrsverhalten und Handeln. Erkenntnisse und Empfehlungen aus den SrV-Ergebnissen. Vortrag auf der Fachtagung ‚Mobilität in Städten – Aktuelle Trends und Erhebungsanforderungen‘, Dresden, 10.05.2011. Über: https://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/vkw/ivs/srv/2013/abschlusskonferenz_srv2013; Zugriff: 22.11.2015.
- Ahrens, G.A. (2014): Tabellenbericht zum Forschungsprojekt „Mobilität in Städten –SrV 2013“ in Berlin. Dresden: Technische Universität Dresden. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/verkehr/politik_planung/zahlen_fakten/download/SrV_2013_Berlin_Tabellen.pdf; Zugriff: 14.08.2015.
- Arminger, G.; Bommert, K.; Bonne, T. (1995): Einfluss der Witterung auf das Unfallgeschehen. Zusammenfassung des Berichts für die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Bergisch Gladbach.
- Arminger, G.; Bonne, T. (1999): Einfluss der Witterung auf das Unfallgeschehen im Straßenverkehr. ATZ - Automobiltechnische Zeitschrift 101(9): 675-678.
- BASt [Bundesanstalt für Straßenwesen] (2010): Anpassungsstrategie Klimawandel. Pressemitteilung. http://www.bast.de/DE/Presse/Downloads/2010-27-langfassung-pressemittteilung.pdf?__blob=publicationFile&v=2; Zugriff: 22.01.2016.
- Berliner Morgenpost (8.7.2014): Unwetter über Berlin - Fanmeile kurzzeitig geschlossen. <http://www.morgenpost.de/berlin/article129910342/Unwetter-ueber-Berlin-Fanmeile-kurzzeitig-geschlossen.html>; Zugriff: 15.12.2015
- BLUME [Berliner Luftgüte-Messnetz] (2015): Monats- und Jahresberichte; 2015. <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/luftqualitaet/de/messnetz/monat.shtml>.
- Buth, M.; Kahlenborn, W.; Savelsberg, J.; Becker, N.; Bubeck, P.; Kabisch, S.; Kind, C.; Tempel, A.; Tucci, F. (2015). Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- BVG o.J.: Bericht zur nachhaltigen Unternehmensentwicklung 2010 – 2011. Berlin: BVG. Unter <http://unternehmen.bvg.de/de/Unternehmen/Profil/>; Zugriff: 12.09.2015.
- BWVI [Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation] (2010): Hinweise für eine wassersensible Straßenraumgestaltung. Hamburger Regelwerke für Planung und Entwurf von Stadtstraßen (ReStra), Freie und Hansestadt Hamburg.
- BZ [Berliner Zeitung] (2015): „Niklas“-Bilanz in Berlin: 4 Verletzte, massive Schäden. 01.04.2015. Online-Version: <http://www.bz-berlin.de/berlin/berlin-erwartet-sturmtief-niklas-orkan-alarm>; Zugriff: 12.12.2016.
- Clifton, K.J.; Chen, R.B.; Cutter, A. (2011): Representing Weather in Travel Behaviour Models: A Case Study from Sydney, AUS. Australasian Transport Research Forum 2011 Proceedings. http://atrf.info/papers/2011/2011_Clifton_Chen_Cutter.pdf; Zugriffsdatum: 16.01.2015.
- dpa [Deutsche Presseagentur] (2015): Zugverkehr um Frankfurt wieder normal. Datum: 9.8.2015, 15:48, Update: 10.8.2015, 9:18 <http://www.handelsblatt.com/panorama/aus-aller-welt/nach-hitzeschaeden-zugverkehr-um-frankfurt-wieder-normal-/12165136.html>
- Hambly, D.; Andrey, J.; Mills, B.; Fletcher, C. (2013): Projected implications of climate change for road safety in Greater Vancouver, Canada. Climatic Change 116: 613-629.
- Hofmann, E.; Rotter, M.; Welp, M. (2009): Arbeitspapier zur Vorbereitung des Stakeholderdialogs zu Chancen und Risiken des Klimawandels – Verkehrsinfrastruktur. Berlin/ Eberswalde: Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)/ Fachhochschule Eberswalde. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/382/dokumente/02_arbeitspapier_stakeholderdialog_verkehrsinfrastruktur.pdf; Zugriff: 14.01.2015.

- Koch-Klauke, N. (2014): Hitze-Kollaps! Jetzt macht der Asphalt schlapp. Berliner Kurier, 22.07.2014. Online-Ausgabe: <http://www.berliner-kurier.de/berlin/brandenburg/hitze-kollaps--jetzt-macht-der-asphalt-schlapp-1177922>; Zugriff: 22.01.2015.
- LfU [Bayrisches Landesamt für Umwelt] (2015): Bodennahes Ozon. UmweltWissen - Schadstoffe. Augsburg. http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw_47_bodennahes_ozon.pdf; Zugriff: 15.12.2015.
- Mohr, S. (2013): Änderung des Gewitter- und Hagelpotentials im Klimawandel. Dissertation, Karlsruher Institut für Technologie, Fakultät für Physik. http://www.imk-tro.kit.edu/download_spezial/Dissertation_Mohr.pdf; Zugriff: 21.03.2015.
- Nolte, R.; Kamburow, C.; Rupp, J. (2011): ARISCC - Adaptation of Railway Infrastructure to Climate Change. Final Report (6th draft version). Berlin: Institute for Future Studies and Technology Assessment (IZT). http://www.transport-research.info/sites/default/files/project/documents/20150811_132352_32476_Adaptation_of_Railway_Infrastructure.pdf; Zugriff: 11.09.2015.
- Sabir, M.; van Ommeren, J.; Koetse, M.J.; Rietveld, P. (2010): Impact of weather on daily travel demand. Amsterdam: VU University. <http://www.fietsberaad.nl/library/repository/bestanden/Sabir%20et%20al%20%282010a%29.Pdf>; Zugriff: 12.01.2015.
- SenStadtUm (2011): StEP 2.0, Fortschreibung des Stadtentwicklungsplans Verkehr (Handout Pressegespräch), 29.03.2011. Unter: http://www.stadtentwicklung.berlin.de/aktuell/pressebox/archiv_volltext.shtml?arch_1103/nachricht4262.html; Zugriffsdatum: 14.07.2015.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin] (2014): Lärmaktionsplan 2013-2017. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Berlin 2014, vom Senat am 6. Januar 2015 beschlossen
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin] (2015): Berliner Luftgüte-Messnetz (BLUME): Monats- und Jahresberichte. <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/luftqualitaet/de/messnetz/monat.shtml>; Zugriffsdatum 15.12.2015
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin] (2013): Luftreinhalteplan 2011 bis 2017 für Berlin.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin] (2015): Umweltatlas Berlin. <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/index.shtml>; Zugriffsdatum 15.12.2015
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2014): Berliner Verkehr in Zahlen 2013. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/verkehr/politik_planung/zahlen_fakten/download/Mobilitaet_dt_komplett.pdf; Zugriffsdatum: 12.12.2015.
- UBA [Umweltbundesamt] (2015): Monitoringbericht 2015 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Bericht der interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung, Februar 2015.

4.2.8 Tourismus, Kultur, Sport

- AfS [Amt für Statistik Berlin-Brandenburg] (2015): Gäste, Übernachtungen und Beherbergungskapazität im Land Berlin; Statistischer Bericht G IV 1 - m 09/15; https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/publikationen/stat_berichte/2015/SB_G04-01-00_2015m09_BE.pdf; Zugriff: 16.12.2015.
- Berliner Zeitung (2015): Helene-Fischer-Fan stirbt bei Berliner Konzert. Online-Ausgabe vom 06.07.2015. <http://www.berliner-zeitung.de/panorama/olympiastadion-berlin-helene-fischer-fan-stirbt-bei-berliner-konzert,10808334,31139574.html>; Zugriff: 11.11.2015.
- BWB [Berliner Wasserbetriebe] (2015): Trinkbrunnen in Berlin; <http://www.bwb.de/content/language1/html/7673.php>; Zugriff: 16.12.2015.
- BZ (2015): 18 Fakten zum wärmsten November-Wochenende aller Zeiten. Online-Ausgabe, 08.11.2015. <http://www.bz-berlin.de/berlin/18-fakten-zum-waermsten-november-wochenende-aller-zeiten#>; Zugriff: 05.01.2016.
- DB [Deutsche Bank Research] (2008): Klimawandel und Tourismus: Wohin geht die Reise? http://www.dbresearch.de/PROD/DBR_INTERNET_DE-PROD/PROD000000000221332.PDF; Zugriff: 14.12.2015.
- Felber, F. (2015): Todesfall bei Konzert von Helene Fischer. Tagesspiegel, Online-Ausgabe, 06.07.2015. <http://www.tagesspiegel.de/berlin/polizei-justiz/berliner-olympiastadion-todesfall-bei-konzert-von-helene-fischer/12015716.html>; Zugriff: 11.11.2015.
- Flussbad Berlin e.V. (2015a): Vertiefende Konzeption Flussbad Berlin: Überprüfung, Veränderung und Weiterentwicklung ausgewählter Aspekte des städtebaulichen Konzepts „Flussbad Berlin“; <https://www.flussbad-berlin.de/documents/41139/76327/Vertiefungsstudie+Flussbad.pdf/4a6b8958-ae89-4e2c-a105-1adca8df4e85>; Zugriff: 16.12.2015.
- Fröhlich, D., Matzarakis, A. (2011): Hitzestress und Stadtplanung - Am Beispiel des „Platz der alten Synagoge“ in Freiburg im Breisgau. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 71: 333-338.

- IHK Berlin (2015): Tourismusreport Herbst 2015, Dok Nr. 21914
- Kurpjuweit, K. (2015): "Türbereich freimachen!" - BVG spricht bald Englisch. Der Tagesspiegel vom 02.12.2015; <http://www.tagesspiegel.de/berlin/bvg-testet-neue-ansagen-in-berlin-tuerbereich-freimachen-bvg-spricht-bald-englisch/12667486.html>; Zugriff: 16.12.2015.
- LSB [Landessportbund Berlin] (2015): Der Landessportbund Berlin; <http://www.lsb-berlin.net/wir-ueber-uns/der-lsb-berlin/>; Zugriff: 16.12.2015.
- Matthies, B. (2015): Rekordzahlen in der Hauptstadt: Touristen lieben Berlin. Der Tagesspiegel vom 19.02.2015; <http://www.tagesspiegel.de/berlin/rekordzahlen-in-der-hauptstadt-touristen-liebenberlin/11392250.html>; Zugriff: 16.12.2015.
- Priem, M.; Schupp, J. (2015): Die Nutzung des Kulturangebots in Deutschland. DIW-Wochenbericht 20/2015: 487-497; Berlin: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW).
- Visit Berlin (2014): Jahresbericht. Zahlen und Fakten 2014. Berlin: Visit Berlin. http://press.visitberlin.de/sites/default/files/visitberlin_jahresbericht_2014_final_web_version.pdf; Zugriff: 12.12.2015.
- Visit Berlin (2015a): Wirtschaftsfaktor für Berlin. Tourismus- und Kongressindustrie. http://www.visitberlin.de/sites/default/files/visitberlin_wirtschaftsfaktor_tourismus_und_kongressindustrie.pdf; Zugriff: 12.08.2015.
- Visit Berlin (2015b): Infografik Berlin-Besucher 2014. <http://www.visitberlin.de/de/artikel/infografik-berlin-besucher-2014>; Zugriff: 12.08.2015.

4.2.9 Bildung

- Abgeordnetenhaus von Berlin (2014): Schriftliche Anfrage des Abgeordneten Martin Delius (PIRATEN) und Antwort. Drucksache 17/14 477; <http://pardok.parlament-berlin.de/starweb/adis/citat/VT/17/SchrAnfr/s17-14477.pdf>; Zugriff: 01.01.2016.
- AfS [Amt für Statistik Berlin Brandenburg] (2013): Bildung in Berlin und Brandenburg. Ein indikatorengestützter Bericht zur Bildung im Lebenslauf. https://www.bildungsbericht-berlin-brandenburg.de/pdfs2013/bildungsbericht_2013.pdf; Zugriff: 07.10.2015.
- AfS [Amt für Statistik Berlin Brandenburg] (2015): Studierende an Hochschulen in Berlin Wintersemester 2014/2015. Statistischer Bericht B III 1 – j / 14. https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/publikationen/Stat_Berichte/2015/SB_B03-01-00_2014j01_BE.pdf; Zugriff: 07.09.2015.
- AfS [Amt für Statistik Berlin Brandenburg] (2015): Studierende an Hochschulen in Berlin Wintersemester 2014/2015. Statistischer Bericht B III 1 – j / 14. https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/publikationen/Stat_Berichte/2015/SB_B03-01-00_2014j01_BE.pdf; Zugriff: 07.09.2015.
- Basu, R. (2015): Disorders Related to Heat Waves. In: B.S. Levy, J.A. Patz (Eds.): Climate Change and Public Health. Oxford etc: Oxford University Press, pp. 87-104.
- Basu, R., Samet, J.M. (2002): Relation between elevated ambient temperature and mortality: a review of the epidemiologic evidence. *Epidemiology Review* 24: 190-202.
- Bunge, C., Katzschner, A. (2009): Umwelt, Gesundheit und soziale Lage. Studien zur sozialen Ungleichheit gesundheitsrelevanter Umweltbelastungen in Deutschland. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. http://www.apug.de/archiv/pdf/Umwelt_und_Gesundheit_02_2009_Web.pdf; Zugriff: 22.11.2015.
- BVKJ [Bundesverband der Kinder- und Jugendärzte] (2013): Kinder- und Jugendärzte geben Gesundheitstipps für Kinder bei großer Hitze; online: <http://www.kinderaerzte-im-netz.de/news-archiv/meldung/article/kinder-und-jugendaerzte-geben-gesundheitstipps-fuer-kinder-bei-grosser-hitze/>; Zugriff: 04.05.1015
- FKE [Forschungsinstitut für Kinderernährung] (2013): Empfehlungen für die Ernährung von Kindern und Jugendlichen. Dortmund: FKE.
- Grabarse, I. (2007): Stellenwert von Schulgärten und Gartenarbeitsschulen im Rahmen der Bildung für eine Nachhaltige Entwicklung. Diplomarbeit an der Fakultät VI Planen, Bauen, Umwelt der TU Berlin.
- IDM [Informationszentrale Deutsches Mineralwasser] (2015): Trinken im Unterricht. Leitfaden für Lehrer. Berlin: IDM. http://www.trinken-im-unterricht.de/fileadmin/downloads/1509-TiU-Broschuere-Leitfaden_fuer_Lehrer.pdf; Zugriff: 02.01.2016.
- ILAT/ LAGS [Institut für Lebensmittel, Arzneimittel und Tierseuchen Berlin/ Landesamt für Arbeitsschutz, Gesundheitsschutz und technische Sicherheit Berlin] (o.J.): Dicke Luft im Klassenzimmer ? Innenraumluftqualität in Berliner Schulen; Studie im Rahmen des Schwerpunktprogramms Gesundheitlich bedenkliche Substanzen in öffentlichen Einrichtungen in Berlin. http://www.kea-bw.de/fileadmin/user_upload/pdf/schulen/dicke-luft_berlin.pdf; Zugriff: 11.08.2015.
- Jahnke, J.; Foos, E.; Aenis, T. (Hrsg.) (2015): Klima-Bildungsgärten. Klimawandel & Anpassung I: Praxisleitfaden zur Kommunikation und Bildung für eine nachhaltige Entwicklung. Berlin: Margraf Publishers.

- Kovats, R.S., Hajat, S. (2007): Heat Stress and Public Health: A Critical Review. *The Annual Review of Public Health* 29: 9.1-9.15.
- Kovats, R.S., Hajat, S., Wilkinson, P. (2004): Contrasting patterns of mortality and hospital admissions during hot weather and heat waves in Greater London, UK. *Occupational and Environmental Medicine* 61: 893-898.
- Neumann, H.-D., Buxtrup, M. (2014a): Beurteilung der CO₂-Konzentration in Klassenräumen. *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft* 6(74): 235-244.
- Neumann, H.D., Buxtrup, M. (2014b): Beurteilung der thermischen Behaglichkeit in Klassenräumen. *Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft* 7-8(74): 322-327.
- Scherber, K. (2009): Hitzewellen in Berlin und Auswirkungen auf Herz-Kreislauf- und Atmungssystemerkrankungen. Masterarbeit, Geographisches Institut, Humboldt-Universität zu Berlin.
- Senatsverwaltung für Bildung, Wissenschaft und Forschung Berlin (2010): Berliner Gartenarbeitsschulen. 90 Jahre Grüne Lernorte in den Berliner Bezirken. *Umweltbildung und Bildung für nachhaltige Entwicklung in Gartenarbeitsschulen und in Schulgärten in Berlin*, S. 30
- SenBJW [Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft] (2015a): Blickpunkt Schule. Schuljahr 2014/15, Stand: Februar 2015. Berlin: SenBJW, http://www.berlin.de/imperia/md/content/sen-bildung/bildungsstatistik/blickpunkt_schule_2014_15.pdf?start&ts=1451466659&file=blickpunkt_schule_2014_15.pdf; Zugriff: 11.11.2015.
- SenBJW [Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft] (2015b): Zahlen, Daten, Fakten. Ausgewählte Eckdaten. Allgemein bildende Schulen 2015/2016; http://www.berlin.de/imperia/md/content/sen-bildung/bildungsstatistik/eckdaten_allgemeinbildende_schulen_2015_16.pdf?download.html; Zugriff: 07.01.2016.
- SenBJW [Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft] (2015a): Blickpunkt Schule. Schuljahr 2014/15, Stand: Februar 2015. Berlin: SenBJW, http://www.berlin.de/imperia/md/content/sen-bildung/bildungsstatistik/blickpunkt_schule_2014_15.pdf?start&ts=1451466659&file=blickpunkt_schule_2014_15.pdf; Zugriff: 11.11.2015.
- SenBJW [Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft] (2015b): Zahlen, Daten, Fakten. Ausgewählte Eckdaten. Allgemein bildende Schulen 2015/2016; http://www.berlin.de/imperia/md/content/sen-bildung/bildungsstatistik/eckdaten_allgemeinbildende_schulen_2015_16.pdf?download.html; Zugriff: 07.01.2016.
- SenGSV [Senatsverwaltung für Gesundheit, Soziales und Verbraucherschutz] (2006): Gesundheitsberichterstattung Berlin. Basisbericht 2005. Daten des Gesundheits- und Sozialwesens. Berlin: SenGSV. Über: <https://www.berlin.de/sen/gessoz/gesundheits-und-sozialberichterstattung/gesundheitsberichterstattung-epidemiologie/basisberichte/>; Zugriff: 22.07.2015.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2013): Luftreinhalteplan 2011 bis 2017 für Berlin. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/luftqualitaet/de/luftreinhalteplan/download/Luftreinhalteplan_Berlin_2011_korrigiert.pdf; Zugriff: 22.11.2015.
- Shea, K.M. (2003): Global environmental change and children's health: understanding the challenges and finding solutions. *Journal of Pediatrics* 143: 149-154.
- Shea, K.M. (2008): Global Climate Change and Children's Health. *Pediatrics* 120(5): 1359-1367.
- WHO [World Health Organization] (2013): Protecting health from Climate Change. Vulnerability and Adaptation. Geneva: WHO. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/104200/1/9789241564687_eng.pdf; Zugriff: 13.09.2015.
- WHO [World Health Organization] (2015): Reducing Global Health Risks. Through mitigation of short-lived climate pollutants. Scoping report for policymakers. Geneva: WHO. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/189524/1/9789241565080_eng.pdf?ua=1; Zugriff: 24.10.2015.

5 Synergien und Konflikte mit dem Klimaschutz

- Beck, S.; Bovet, J.; Baasch, S.; Reiß, P.; Görg, C. (2011): Synergien und Konflikte von Strategien und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel. *Climate Change* 18/2011. Dessau/ Roßlau: Umweltbundesamt. <http://www.uba.de/uba-info-medien/4178.html>; Zugriff: 22.11.2014.
- Hirschl, B.; Reusswig, F.; Weiß, J.; Bölling, L.; Bost, M.; Flecken, U.; Haag, L.; Heiduk, P.; Klemm, P.; Lange, C.; Lass, W.; Richter, P.-M.; Rupp, J.; Salecki, S.; Schwarz, U.; Voigt, R.; Weyer, G. (2015a): Entwurf für ein Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm (BEK), Endbericht, November 2015; im Auftrag des Landes Berlin, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/klimaschutz/bek_berlin/download/BEK-Endbericht-und-Anhang_A.pdf; Zugriff: 20.12.2015.
- Klein, R.J.T.; Midgley, G.F.; Preston, B.L. et al. (2014): Adaptation Opportunities, Constraints, and Limits. Chapter 16, IPCC, 5th Assessment Report. Geneva: IPCC. https://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WGIIAR5-Chap16_FINAL.pdf; Zugriff: 12.12.2015.
- Stern, N. (2006): Stern Review: Der wirtschaftliche Aspekt des Klimawandels; Deutsche Zusammenfassung; http://www.dnr.de/publikationen/eur/archiv/Stern_Review_148906b_LONG_Executive_Summary_GERMAN.pdf;

Zugriff: 28.10.2015; Original: Stern, N. et al. (2006): Stern Review on the Economics of Climate Change; Cambridge University Press; Cambridge.

6 Ausgewählte Kosten- und Nutzenaspekte

- Bettgenhäuser, K.; Boermans, T.; Offermann, M.; Krechting, A.; Becker, D. (2011): Klimaschutz durch Reduzierung des Energiebedarfs für Gebäudekühlung. Umweltbundesamt, Reihe Climate Change 10/2011. Dessau. <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/3979.pdf>; Zugriff: 02.10.2015.
- BMVBS / BBR [Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung / Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung] (Hrsg.) (2008): Folgen des Klimawandels: Gebäude und Baupraxis in Deutschland, BBR-Online-Publikation 10/2008.
- Bux, K. (2006): Klima am Arbeitsplatz. Stand arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse – Bedarfsanalyse für weitere Forschungen. Dortmund/ Berlin/ Dresden: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. http://www.baua.de/de/Publikationen/Fachbeitraege/Gd45.pdf?__blob=publicationFile&v=7; Zugriff: 14.11.2014.
- Ciscar, J.-C.; Soria, A.; Goodess, C.M.; Christensen, O.B.; Iglesias, A.; Garrote, L.; Moneo, M.; Quiroga, S.; Feyen, L.; Dankers, R.; Nicholls, R.; Richards, J.; Bosello, F.; Roson, R.; Amelung, B.; Moreno, A.; Watkiss, P.; Hunt, A.; Pye, S.; Horrocks, L.; Szabó, L.; van Regemorter, D., (2009): Climate change impacts in Europe. Final report of the PESETA research project, JRC Scientific and Technical Reports.
- de Bruin, K., Goosen, H., van Ierland, E.C., Groeneveld, R.A. (2014). Costs and benefits of adapting spatial planning to climate change: Lessons learned from a large-scale urban development project in the Netherlands. *Regional Environmental Change* 14 (3): 1009-1020.
- ECONADAPT (2015): The Costs and Benefits of Adaptation – Results from the ECONADAPT Project. ECONADAPT Policy Report 1, Draft Version July 2015. <http://econadapt.eu/>. Zugriff: 08.01.2016.
- Ecoplan (2007): Auswirkungen der Klimaänderungen auf die Schweizer Volkswirtschaft (nationale Einflüsse). Projektbericht für das Schweizerische Bundesamt für Umwelt (BAFU) und das Bundesamt für Energie (BFE) vom 31.7.2007.
- Hirschfeld, J., Pissarskoi, E., Schulze, S., Stöver, J. (2015): Kosten des Klimawandels und der Anpassung an den Klimawandel aus vier Perspektiven – Impulse der deutschen Klimaökonomie zu Fragen der Kosten und Anpassung. Hintergrundpapier zum 1. Forum Klimaökonomie. Berlin: IÖW.
- Hübler, M., Klepper, G. (2007): Kosten des Klimawandels: Die Wirkung steigender Temperaturen auf Gesundheit und Leistungsfähigkeit, WWF Germany, Hamburg.
- Kemfert, C. (2007): Klimawandel kostet die deutsche Volkswirtschaft Milliarden. *DIW-Wochenbericht* 11/2007: 165-170.
- Kemfert, C. (2008): Kosten des Klimawandels ungleich verteilt: Wirtschaftsschwache Bundesländer trifft es am härtesten. *DIW Wochenbericht* 12–13/2008: 137-142.
- Lass, W. (2012): Ökonomische Folgen des Klimawandels, in: T. Christ/ A. Gellrich/ T. Ide (Hrsg.) (2012): Zugänge zur Klimadebatte in Politikwissenschaft, Soziologie und Psychologie (Reihe: Beiträge zur sozialwissenschaftlichen Nachhaltigkeitsforschung, Band 4, Marburg: Metropolis-Verlag, S. 143-168.
- Lehr, U., Nieters, A., Drosdowski, T. (2015): Climate change adaptation and the German economy. GWS Discussion Paper 2015 / 10. Osnabrück.
- Lehr, U., Nieters, A. (2015): Makroökonomische Bewertung von Extremwetterereignissen in Deutschland. *Ökologisches Wirtschaften* (1)2015: 18-20.
- Mathey, J.; Röbber, S.; Lehmann, I.; Bräuer, A.; Goldberg, V.; Kurbjuhn, C.; Westbeld, A (2011): Noch wärmer, noch trockener? Stadtnatur und Freiraumstrukturen im Klimawandel. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 111. BfN, Bonn-Bad Godesberg.
- OECD (2015): Climate Change Risks and Adaptation – Linking Policy and Economics. OECD Publishing, Paris.
- Pissarskoi, E.; v. Möllendorff, C.; Sterba, M.-B. (2016): Abschätzung von Kosten und Nutzen der Anpassung an Hitzeereignisse. Arbeitspapier des Projektes econCCadapt. Berlin: IÖW.
- Scherber, K. (2014): Auswirkungen von Wärme- und Luftschadstoffbelastungen auf vollstationäre Patientenaufnahmen und Sterbefälle im Krankenhaus während Sommermonaten in Berlin und Brandenburg. Dissertation im Fach Geographie eingereicht an der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät II der Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin.
- Scherer, D.; Fehrenbach, U.; Lakes, T.; Lauf, S.; Meier, F.; Schuster, C. (2013): Quantification of heat-stress related mortality hazard, vulnerability and risk in Berlin, Germany. *DIE ERDE* 144 (3-4): 238-259.
- SenFin [Senatsverwaltung für Finanzen] (2014): Was kostet wo wie viel? Die Berliner Bezirke im Kostenvergleich. 13.Jahrgang, 1. Auflage 2014. Berlin.
- SenInnSp [Senatsverwaltung für Inneres und Sport] (2009): Leitfaden für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung – Anlage. Berlin. URL: www.berlin.de/sen/inneres/moderne-verwaltung/prozesse-und-organisation/projekte/e-akte/wirtschaftlicher-rahmen/anlage_leitfaden_wibe_.pdf Zugriff: 15.1.2016

- Seppänen, O.; Fisk, W.J.; Faulkner, D. (2004): Control of Temperature for Health and Productivity in Offices. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory. LBNL-55448. <http://eetd.lbl.gov/sites/all/files/publications/lbnl-55448.pdf>; Zugriff: 04.05.2014.
- Tröltzsch, J., Görlach, B., Lückge, H., Peter, M., Sartorius, C. (2011): Ökonomische Aspekte der Anpassung an den Klimawandel – Literaturauswertung zu Kosten und Nutzen von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel. UBA-Reihe Climate Change 19/2011. Dessau.
- Tröltzsch, J., Görlach, B., Lückge, H., Peter, M., Sartorius, C. (2012): Kosten und Nutzen von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel – Analyse von 28 Anpassungsmaßnahmen in Deutschland. UBA-Reihe Climate Change 10/2012. Dessau.
- UBA [Umweltbundesamt] (2012): Ökonomische Bewertung von Umweltschäden – Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten, Umweltbundesamt, August 2012.
- Voss, K.; Pfafferoth, J. (2007). Energieeinsparung contra Behaglichkeit? Forschungsbericht Heft 121. Bonn: BMVBS/BBR. http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BMVBS/Forschungen/2007/Heft121_DL.pdf;jsessionid=578DE682A7EFD7B7C56775D201D76852.live2053?__blob=publicationFile&v=2; Zugriff: 05.05.2015.

7 Monitoring-Konzept

- ECMWF [European Centre for Medium-Range Weather Forecasts] (2016). ERA-Interim reanalysis data. <http://www.ecmwf.int/en/research/climate-reanalysis/era-interim>, Zugriff: 18.01.2016.
- FU Berlin. (2016). Stadtmessnetz der Freien Universität Berlin. Retrieved January 15, 2016, from <http://www.milieu.fu-berlin.de/MILIEU-CITYMODELL/Messstationen/>, Zugriff: 18.01.2016.
- Hirschl, B.; Reusswig, F.; Weiß, J.; Bölling, L.; Bost, M.; Flecken, U.; Haag, L.; Heiduk, P.; Klemm, P.; Lange, C.; Lass, W.; Richter, P.-M.; Rupp, J.; Salecki, S.; Schwarz, U.; Voigt, R.; Weyer, G. (2015): Entwurf für ein Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm (BEK), Endbericht, November 2015; im Auftrag des Landes Berlin, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt.
- HTW [Hochschule für Technik und Wirtschaft] Berlin. (2016). HTW.WETTER. <http://wetter.htw-berlin.de/>; Zugriff: 15.01.2016.
- Krysanova, V.; Vetter, T.; Hattermann, F. (2008): Detection of change in drought frequency in the Elbe basin: comparison of three methods. *Hydrological Sciences Journal* 53(3): 519–537.
- IMA [Interministerielle Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung] (2015): Monitoringbericht 2015 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/monitoringbericht_2015_zur_deutschen_anpassungsstrategie_an_den_klimawandel.pdf; Zugriff: 17.12.2015.
- Pagenkopf, A. (2011). Urbane Niederschlagsbeeinflussung – Genese und räumliche Differenzierung am Beispiel von Berlin. Berlin. Retrieved from <http://edoc.hu-berlin.de/dissertationen/pagenkopf-anja-2011-01-24/PDF/pagenkopf.pdf>; Zugriff: 04.05.2015.
- TU Berlin. (2016). TU Stadtklima-Messnetz Berlin. http://www.klima.tu-berlin.de/index.php?show=forschung_dch_messnetz&lan=de, Zugriff: 18.01.2016.
- UBA [Umweltbundesamt] (2011): Entwicklung eines Indikatorensystems für die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS), *Climate Change* 22/2011, <http://www.uba.de/uba-info-medien/4230.html>, Zugriff: 18.01.2016.
- Zhang, X.; Alexander, L.; Hegerl, G. C.; Jones, P.; Tank, A. K.; Peterson, T. C.; Zwiers, F. W. (2011). Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data. *Climate Change* 2(6): 851–870.

8 Kommunikation

- Beese, K.; Fekkak, M.; Katz, C.; Körner, C.; Molitor, H. (2014) (Hrsg.): Anpassung an regionale Klimafolgen kommunizieren. Konzepte, Herausforderungen und Perspektiven. Oekom Verlag, München.
- BMUB/ UBA [Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit/ Umweltbundesamt] (Hrsg.) (2014): Umweltbewusstsein in Deutschland 2014. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Berlin/ Dessau-Roßlau. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/umweltbewusstsein_in_deutschland.pdf; Zugriff: 14.08.2015.
- Born, M., Lieberum, A., Körner, C. (2012): Prinzipien der Anpassungskommunikation im Projekt ‚nordwest2050‘. nordwest2050-Werkstattbericht, Nr. 15., Bremen.
- Buth, M.; Kahlenborn, W.; Savelsberg, J.; Becker, N.; Bubeck, P.; Kabisch, S.; Kind, C.; Tempel, A.; Tucci, F. (2015). Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Capellaro, M.; Sturm D. (2015a.). Abschlussbericht: Evaluation von Informationssystemen zu Klimawandel und Gesundheit, Anpassung an den Klimawandel: Evaluation bestehender nationaler Informationssysteme (UV-Index,

Hitzewarnsystem, Pollenflug-und Ozonvorhersage) aus gesundheitlicher Sicht –Wie erreichen wir die empfindlichen Bevölkerungsgruppen? nicht veröffentlicht, zu beziehen über die Fachbibliothek Umwelt des Umweltbundesamtes, Signatur UBA-FB 002079.

- Chaiken, S.; Trope, Y. (Eds.). (1999). *Dual-process theories in social psychology*. New York: Guilford Press.
- Grothmann, T. (2015): Vortrag auf AFOK Kommunikations WS.
- Loewenstein, G.; John, L.K.; Prelec, D. (2011). Measuring the Prevalence of Questionable Research Practices With Incentives for Truth Telling. *Psychological Science* 23(5): 524-532.
- Peters, H. P.; Heinrichs, H. (2005). Öffentliche Kommunikation über Klimawandel und Sturmflutrisiken: Bedeutungskonstruktion durch Experten, Journalisten und Bürger. 470 S. (*Schriften des Forschungszentrums Jülich*). Forschungszentrum Jülich .
- Schulz von Thun, F. (2010). *Miteinander reden I: Störungen und Klärungen*. Allgemeine Psychologie der Kommunikation. Reinbek: Rowohlt.
- SenStadtUm [Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt] (2011). *Stadtentwicklungsplan Klima - Urbane Lebensqualität im Klimawandel sichern*.
- Sloman, S. A. (1996). The empirical case for two systems of reasoning. *Psychological Bulletin* 119(1): 3-22.
- Stecker, R.; Mohns, T.; Eisenack, K. (2012): Anpassung an den Klimawandel - Agenda Setting und Politikintegration in Deutschland. *Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht* 2/2012: 179-208.
- Watzlawick, P.; Beavin, J.H.; Jackson, D.D. (1969). *Menschliche Kommunikation*. Bern Stuttgart Wien: Huber.

