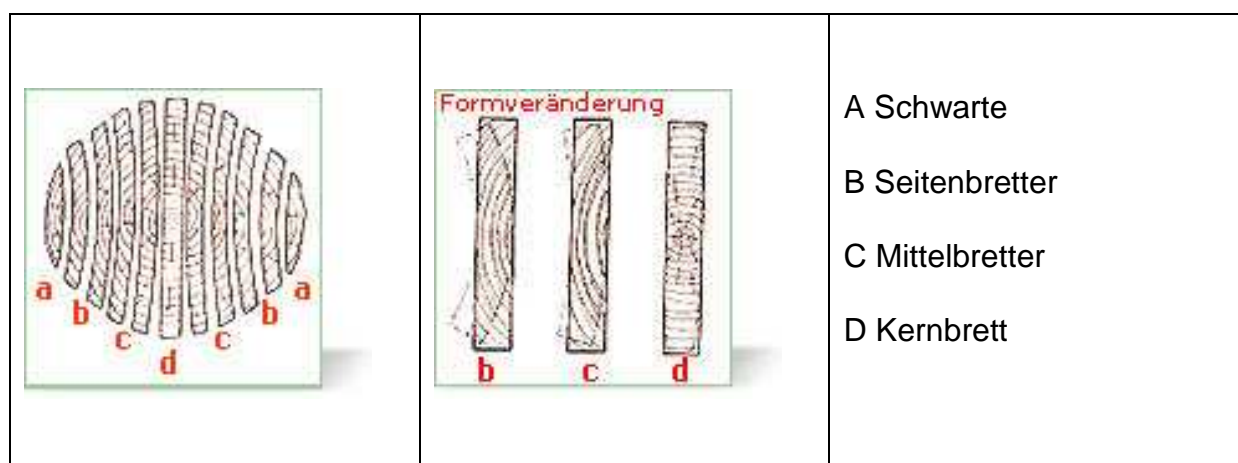


Holz als Werkstoff - Holz arbeitet

Schwinden und Quellen von Holz

Wer Holz verarbeitet, sollte zumindest seine wichtigsten Eigenschaften und vor allem Eigenarten kennen. Als naturgewachsener Werkstoff reagiert Holz auf Temperatur und besonders auf Feuchtigkeitsschwankungen mit Schwinden, Quellen, Verziehen, Reißen oder Werfen. Kurz gesagt: Es arbeitet. Aber auch bei diesen Bewegungen folgt das Holz bestimmten Gesetzmäßigkeiten. Wenn man diese kennt, kann man seinen "Bewegungsdrang" in der Regel erfolgreich eindämmen.

Zunächst einmal muss man beachten, dass Holz beim Trocknen an Volumen verliert, es schwindet. Getrocknetes Holz, wie man es für Ausbauarbeiten im Innenbereich verwendet, kann aber auch wieder Feuchtigkeit und damit Volumen aufnehmen: In diesem Fall spricht man vom Quellen des Holzes. In Faserrichtung bewegt sich das Holz dabei übrigens kaum (maximal 1,5 Prozent Längenänderung). Die Hauptbewegung erfolgt quer zur Faser. Dabei kommt es zu charakteristischen Verformungen, da - vom Kern aus betrachtet - die Schwindneigung des Holzes nach außen hin stetig zunimmt.



Die aus einem Stamm geschnittenen Bretter kann man folgendermaßen differenzieren: Das Kernbrett (d) zeigt im Querschnitt neben dem Kern nur stehende Jahresringe, Mittelbretter (c) haben hauptsächlich halbstehende Jahresringe, während die ganz außen liegenden Seitenbretter (b) viele liegende Jahresringe aufweisen.

Hinsichtlich ihres Schwundverhaltens unterscheiden sich diese Bretter erheblich: Auf der dem Kern zugewandten, so genannten rechten Seite werden Seiten- und Mittelbretter beim Schwinden rund, auf der dem Kern abgewandten linken Seite dagegen hohl. Dabei ist die Formänderung beim Seitenbrett stärker als beim Mittelbrett. Das Kernbrett schwindet am wenigsten, es wird lediglich auf beiden Seiten leicht rund.

Sowohl bei Dielen- als auch bei Parkettböden werden Bretter aus jeder Schnittebene eingesetzt. Man muss also der Neigung zum Schwinden bzw. Quellen des Holzes auf andere Weise begegnen. Am wichtigsten ist hierbei die fachgerechte Holz Trocknung. Dabei wird dem Holz in großen Kammern so viel Feuchtigkeit entzogen, bis es sich im Feuchtgleichgewicht mit der Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit von bewohnten und durchschnittlich beheizten Räumen befindet (20 °C, 45 bis 55 Prozent Luftfeuchtigkeit). Dieses Gleichgewicht ist bei einer Holzfeuchte von 8 bis 10 Prozent erreicht. Erst dann wird das Holz verarbeitet.

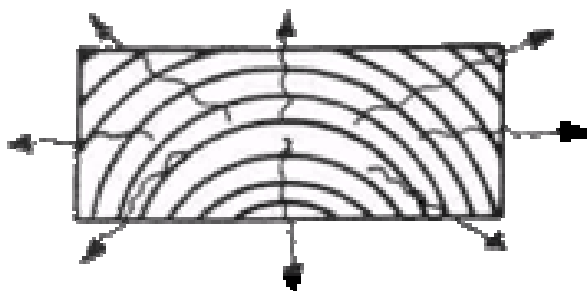
Um bei der Massivholzverarbeitung das Schwinden und Quellen weitestgehend zu verhindern, sollt das getrocknete zu verarbeitende Holz ca. 8 – 10 Tage in der Werkstatt lagern, um das Raumklima anzunehmen.

Begriffe

Gibt Holz unterhalb seines Fasersättigungsbereiches Feuchtigkeit an seine Umgebung ab, **schwindet** es. Umgekehrt **quillt** Holz, wenn es unterhalb seines Fasersättigungsbereiches Feuchtigkeit aus der Umgebung aufnimmt.

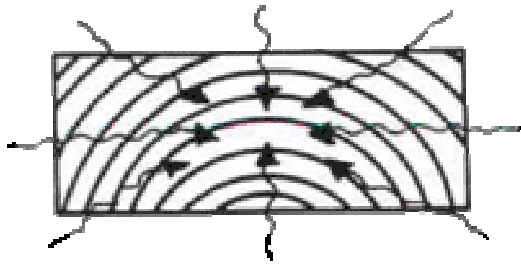
Feuchtigkeitsabgabe aus bzw. Feuchtigkeitsaufnahme in Holz kann nur erfolgen, wenn die Luftfeuchtigkeit von der dazu gehörenden Holzfeuchte abweicht. Es muss also ein **Feuchtigkeitsgefälle** zwischen dem Holz und der Umgebung herrschen.

Beispiel 1: Feuchtigkeitsgefälle vom Holz zur Luft



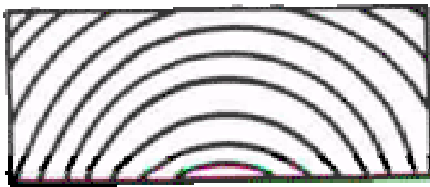
Ergebnis: Schwinden

Beispiel 2: Feuchtigkeitsgefälle von der Luft zum Holz



Ergebnis: Quellen

Beispiel 3: Feuchtigkeitsgleichgewicht zwischen Holz und Luft



**Ergebnis: kein Schwinden
und Quellen**

Arbeiten des Holzes

Definition: Maßänderung des Holzes durch Feuchtigkeitsaufnahme und -abgabe. Holz kann Feuchtigkeit abgeben und Feuchtigkeit aufnehmen. Die Holzfeuchtigkeit passt sich der Luftfeuchtigkeit der Umgebung an.

Abgesehen vom Quellen und Schwinden kann das Holz sich auch verziehen oder reißen. Auch diese Veränderungen fasst man unter dem Begriff Arbeiten des Holzes zusammen.

Darrgewicht

Definition: Gewicht des völlig (absolut) trockenen Holzes. Die Holzfeuchte beträgt 0 %. Das Holz kann kein Wasser mehr abgeben, es wird nicht mehr leichter.

Um die Holzfeuchte zu bestimmen, macht man die Darrprobe. Das Holz wird im feuchten Zustand (Nassgewicht) und nach dem Darren (Trocknen) gewogen. Aus dem Gewichtsunterschied wird die Holzfeuchte errechnet.

- Merke: Gewicht des völlig trockenen Holzes (darren heißt trocknen).

Holzfeuchte

- **Definition:** Der Wasseranteil im Holz, auch Holzfeuchtigkeit genannt. Die Holzfeuchte wird aus dem Unterschied zwischen Nass- und Darrgewicht (Trockengewicht) errechnet. Sie wird in Prozent (%) angegeben.

Holz "arbeitet" in den drei Hauptrichtungen

- axial
- radial
- tangential

unterschiedlich stark.

Ursache hierfür liegt im submikroskopischen Holzaufbau.

Axiales Schwinden ist sehr gering

Das axiale Schwinden/ Quellen ist mit ca. 0,3% von FSB bis Darrtrocken sehr gering, weshalb es idR. vernachlässigt wird, im Gegensatz zum radialen und tangentialen Arbeiten.

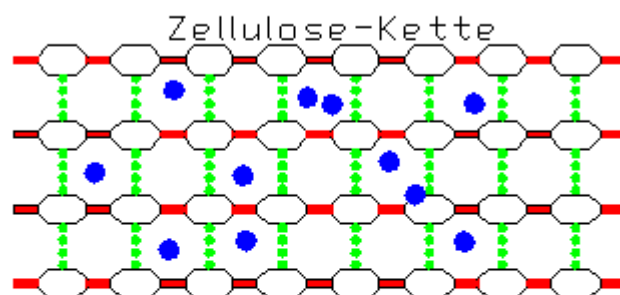
Das Holz in axialer Richtung nur unwesentlich schwindet erklärt sich dadurch, dass die Zellulose-Ketten weitgehend in axialer Richtung angeordnet sind.

Zwischen den Zellulose-Molekülen einer Kette bestehen chemische Bindungen die sehr fest und stabil sind und es Wasser nicht ermöglichen sich "in eine Kette reinzudrängeln" und so eine Dimensionsveränderung längs der Ketten erlaubt.

Die einzelnen Zellulose-Ketten sind dagegen untereinander nur durch Nebervalenzen verbunden, hier kann sich Wasser "zwischenquetschend".

(vereinfacht dargestellt)

<----- axiale Richtung ----->



- Hauptvalenz
- Nebervalenz
- Zellulose
- Wasser

Ursache des unterschiedlichen tangentialen und radialen Arbeitens

Die Zellwand von Holz besteht aus mehreren Schichten, die sogenannten Sekundärschichten (S1 und S2) besteht zu über 85% aus Zellulose. Innerhalb der Sekundärwand sind die Zellulose-Ketten ausgerichtet, allerdings mit unterschiedlichen Steigungswinkeln zur Stammachse, dieses bewirkt das unterschiedliche Arbeiten tangential und radial.



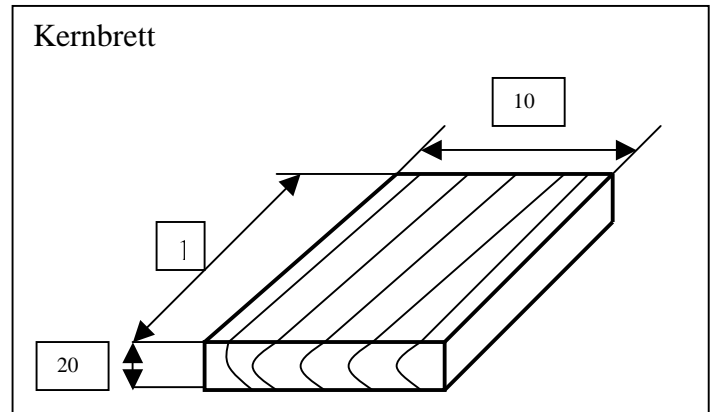
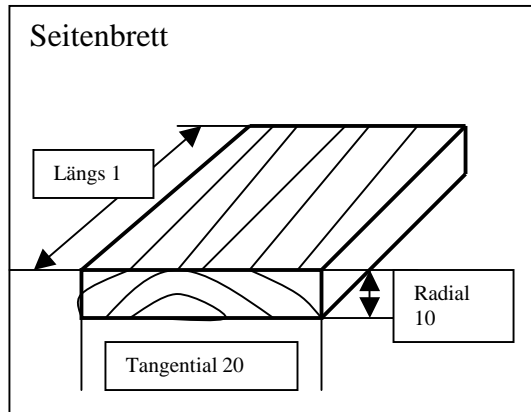
Die anderen Schichten der Zellwand sind am Quellen/ Schwinden kaum beteiligt, da sie wenig Zellulose enthalten, sondern andere Stoffe wie Hemizellulose, Pektin und Lignin.

Unterschiede bei verschiedenen Holzarten werden sichtbar.

Allgemein kann man feststellen, dass harte Hölzer (mit großer Rohdichte) stärker schrumpfen oder quellen als weiche Hölzer. Die Ursache liegt im mikroskopischen

Bau, der Stärke der Zellwände. Harte Hölzer besitzen stärkere Zellwände, es ist mehr Zellmasse und damit mehr Schwindmasse vorhanden.

Die Verhältnisse von Tangential-, Radial- und Longitudinalschwund beträgt rund 20 : 10 : 1.



Trocknungsfehler

Fehler, die beim Trocknen des Holzes in der Trocknungskammer bei zu schneller (scharfer) Trocknung auftreten.

Dazu gehören:

- Rissbildung,
- Verfärbung,
- Harzausfluss,
- Formänderung

Festigkeit des Holzes

Definition: Widerstand des Holzes gegen einwirkende Kräfte. Die Festigkeit ist abhängig von der Holzart, der Holzfeuchtigkeit und davon, in welcher Richtung (Faserrichtung) die Kraft auf das Holz wirkt.

Man unterscheidet folgende Festigkeiten:

- Zugfestigkeit,
- Druckfestigkeit,
- Biegefestigkeit,
- Scherfestigkeit,
- Verdrehfestigkeit,
- Knickfestigkeit,
- Spaltfestigkeit.

Eigenschaften

Hölzer unterscheiden sich nicht nur in ihren ästhetischen Merkmalen, sondern auch hinsichtlich der technischen Eigenschaften. Beim Einsatz ist vor allem die Härte des Holzes - seine Beständigkeit gegen Eindrücke und Abrieb - von Bedeutung.

In der Praxis werden die verschiedenen Holzarten häufig in fünf Härtegruppen eingeteilt:	
sehr weich	Tanne, Pappel, Weide, Linde
weich	Fichte, Kiefer, Lärche
mittelhart	Birnbäum, Nussbaum, Birke
hart	Ahorn, Eiche, Esche, Eibe
sehr hart	Rot- und Weißbuche, Pockholz

Einordnung der Thematik in den Rahmenlehrplan WAT Grundschule

Die inhaltliche Thematik findet sich im Themenfeld Technik wieder. Schülerinnen und Schüler sollen die Unterschiede in der natürlichen und vom Menschen geschaffenen Umwelt erkennen.

Durch die gezielte Auswahl der vorgestellten Experimente lernen sie den Werkstoff Holz aus seinen natürlichen Wachstumsbedingungen zu beurteilen und daraus sachkundig für die technische Verwendung auszuwählen. Unterschiedliche technische Verwendungen bedürfen einer exakten Auswahl nach besonderen Anforderungen. "Holz ist nicht gleich Holz!" Solche Anforderungsunterschiede werden z.B. durch das Schwindverhalten, die Härte oder die Kerbschlagfestigkeit repräsentiert.

Die Schülerinnen und Schüler lernen mit dem natürlichen Werkstoff Holz zu experimentieren. Sie werden dazu angehalten, Kurz- und Langzeitexperimente gewissenhaft auszuführen. Messtechnische Übungen stehen dabei ebenso wie exakte Wägetechniken im Zentrum der Lernintentionen.

Grundfertigkeiten im exakten Beobachten und ausführlichen Protokollieren erweitern die Lerninhalte.

Didaktische Intentionen der Versuche

Schwinden und Quellen

Mit dem Schwinden und Quellen haben die Schüler oft schon eigene Erfahrungen gemacht. Mögen es Holztüren im Außenbereich sein, die besonders im Winter nur schwer aufgehen, mögen es Holzfenster sein, die nicht richtig schließen oder auch Regale, bei denen sich die breiten Bretter verzogen haben. Das diese Phänomene etwas mit Wasser zu tun haben ist nichts grundsätzlich Neues.

Mit Hilfe der Experimente soll das Ausmaß des Quellverhaltens und daraus abzuleitende konstruktive Maßnahmen erkannt und diskutiert werden.

Erste Variante:

Eine Vorrichtung aus Kunststoff wird so vorbereitet, dass ein Profil passgenau durch die Öffnung passt. Da das bei einer bestimmten Raumlufffeuchtigkeit durchgeführt wird gibt es zwei Möglichkeiten die Maßveränderung zu beobachten:

Trocknung des Würfels z.B. in einem Küchenherd bei ca. 120°C über einen Zeitraum von ca. 5 Stunden oder eine Wasseraufnahme in einem Wasserglas über zu definierende Zeiträume. Nach einem Tag zeigen sich deutliche Ergebnisse.

Das zu prüfende Profil passt nun nicht mehr durch die vorbereitete Öffnung.

Zweite Variante:

Das Darrgewicht der Fasersättigungsbereich (FSR) und das Ausdehnungsverhalten unterschiedlicher Holzarten werden ermittelt.

Hierzu werden die Holzprofile bestimmter Abmessungen bei Raumlufffeuchtigkeit gewogen und in den verschiedenen Ausdehnungsrichtungen (axial, radial und tangential) gemessen. Das Ergebnis wird festgehalten. Danach empfiehlt es sich die Profile zu trocknen. Nach etwa 5 Stunden Trockenzeit im Backherd bei ca. 120°C ist eine Veränderung des Gewichtes nachweisbar. Mit dem Messschieber sind Ausdehnungsunterschiede kaum feststellbar!

Jetzt werden die Proben über definierte Zeitabschnitte in Becherglas mit Wasser gelegt. Eine Wasseraufnahme beginnt.

Wann ist der FSR erreicht und welches Ausdehnungsverhalten ist bei den unterschiedlichen Holzarten erkennbar?

Es wird empfohlen, den Versuch über eine Woche auszudehnen. Schülerinnen und Schüler können beauftragt werden, die Masse und das Ausdehnungsverhalten über diesen Zeitraum zu erfassen.

Die Ergebnisse sind erstaunlich. Nach etwa einer Woche wird man feststellen, dass es keine Veränderungen mehr gibt. Auch das Schwimmverhalten des Holzes hat sich verändert. Auch das kann in einem Beobachtungsprotokoll festgehalten werden.

Nach dem Festhalten und Interpretieren der Ergebnisse sollte auf konstruktive Maßnahmen eingegangen werden, die das unerwünschte Quellverhalten verringern können.

Diskussion von Leimholzplatten und alternativer Materialien wie z.B. der Spanplatte als Alternative zum Massivholz.

Schülerinnen und Schüler werden motiviert Langzeitversuche exakt zu führen. Ein fächerübergreifender Unterricht zu Mathematik und Physik ist möglich und wünschenswert.

Härteprüfung

Die unterschiedlichen Härten lassen sich mittels der Rücksprunghärte mit einer Metallkugel nachweisen.

Schülerinnen und Schüler kennen aus ihrem Alltagswissen Hartholz und Weichholz. Für verschiedene Gebrauchseigenschaften werden diese Hölzer verwendet. Hat man besondere Anforderungen an die Eigenschaften von Holzwerkstoffen, kommen auch Spanplatten, beschichtete Spanplatten, Sperrholz, Hartfaserplatten oder sogar Balsaholz zur Verwendung.

Haben diese unterschiedlichen Hölzer auch unterschiedliche Oberflächenhärten?
Gibt es eine Möglichkeit, dieses schnell, zerstörungsfrei und unkompliziert zu testen?

Eine Antwort darauf gibt die vorgeschlagene Versuchsanordnung. Mittels der Rücksprunghöhe einer Metallkugel, die auf das zu prüfende Material trifft lässt sich ein Schluss auf die Härte des Materials ableiten.

Je Härter das Material, desto höher springt die Kugel zurück.

Mit Hilfe der angebrachten Skale im Zentimeterabstand lässt sich die Rücksprunghöhe ermitteln und damit ein Rückschluss auf die Härte des Materials ziehen.

Schülerinnen und Schüler lernen zu beobachten ihre Ergebnisse zu protokollieren und ihre Hypothese zu bestätigen oder zu verwerfen.

Kerbschlagfestigkeit

Welchen Widerstand setzt ein ausgewählter Werkstoff einer einwirkenden Kraft entgegen oder anders gefragt, was hält der Werkstoff aus? Eine Frage, die bei der Auswahl von Werkstoffen oder Profilen immer wieder auftritt.

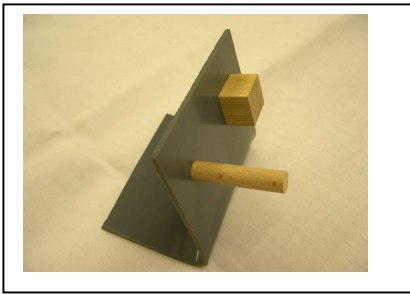
Um hier ein schulrelevantes Experiment durchzuführen wird vorgeschlagen, ein Experiment zu wählen, das den Werkstoff innerhalb des Versuches zerstören wird.

Da ein gewisses Gefahrenpotential in der Versuchsdurchführung liegt, sollte ein Lehrereperiment bevorzugt werden.

Ein Beil mit einer definierten Masse wird aus unterschiedlichen Höhen über einen Drehpunkt auf ein Probestück fallen gelassen.

Die Schülerinnen und Schüler haben die Aufgabe, die unterschiedlichen Ausschlagwinkel zu beobachten. In einem Handversuch können daraus die Höhen bestimmt werden und wenn man möchte kann mit der angegebenen Formel die Kerbschlagzähigkeit berechnet werden.

Rein optisch kann der Nachweis erbracht werden, dass bei gleichem Auslenkwinkel sowohl die Materialart als auch die Profilform einen Einfluss auf die Festigkeit haben. Daraus lassen sich Schlussfolgerungen für die Auswahl und die Profilart bei Konstruktion von Werkstücken und Bauwerken abgeleitet werden. Der Versuch ist als Ergänzung zu traditionellen Biegebeanspruchungen zu sehen.



Versuchsprotokoll

Schwinden und Quellen

Arbeitsmaterialien: Hygrometer, Holzwürfel 20 x 20 oder Rundstäbe, Waage, Messschieber oder Bügelmessschraube, Prüfvorrichtung mit Loch 20 x 20, Ofen (Herd)

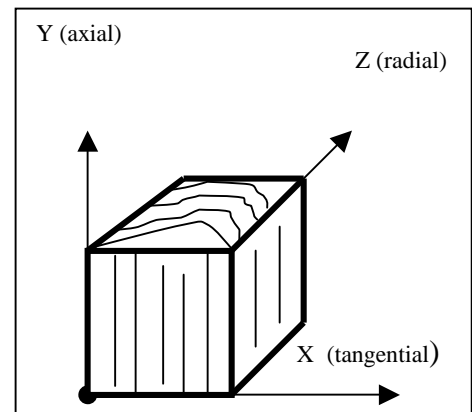
Ausgangsgewicht der Probekörper:

Darrgewicht:

Ausdehnungen X-Richtung

Y-Richtung

Z-Richtung



Feuchtigkeitsaufnahme und Ausdehnungsverhalten

Holzart/ Zeit	Masse	X-Richtung	Y-Richtung	Z-Richtung
Kiefer: Ausgang				
Nach 45 Minuten				
90 Minuten				
24 h (1 Tag)				
48 h (2 Tage)				
72 h (3 Tage)				
Buche: Ausgang				

Weise mit Hilfe der Prüfvorrichtung die Ausdehnung der Probekörper nach!

Begründe Deine Erkenntnisse!

Versuchsprotokoll

Härteprüfung

Materialien:

Prüfplatten aus Kiefer, Fichte, Buche, Spanplatte beschichtet, Spanplatte unbeschichtet, Hartfaserplatte, Sperrholzplatte



Durchführung:

Nimm die einzelnen Platten und setze diese unter das Kunststoffrohr. Die Stahlkugel wird durch das Rohr auf die Platten fallen gelassen.

Ein zweiter Schüler oder eine zweite Schülerin liest die Rücksprunghöhe der Kugel ab. Wiederhole diesen Versuch mindestens fünf Mal, schreibe die Werte in ein Messprotokoll und berechne den Mittelwert der Rücksprunghöhe.

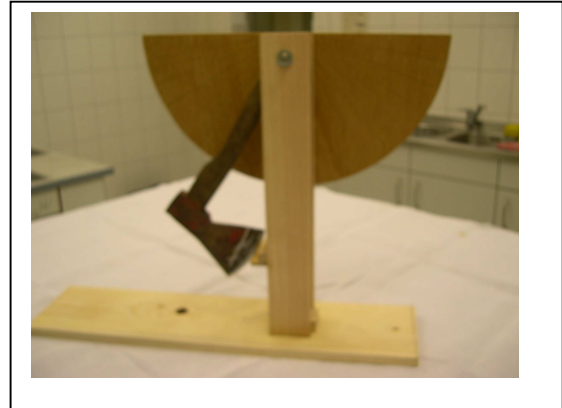
Vergleiche die Rücksprunghöhe bei allen Ausgangsmaterialien und ziehe die Schlussfolgerungen aus diesem Versuch.

Skizziere den Versuchsaufbau!

Holzart	Rücksprung- Höhe in cm	Rücksprung- Höhe in cm	Rücksprung- Höhe in cm	Rücksprung- Höhe in cm	Rücksprung- Höhe in cm	Mittelwert in cm
	1	2	3	4	5	
Kiefer						
Fichte						
Buche						
Spanplatte beschichtet						
Spanplatte unbeschichtet						
Hartfaserplatte						
Sperrholzplatte						

Versuchsprotokoll

Kerbschlagfestigkeit (Lehrerversuch)



Materialien:

Prüfvorrichtung, verschiedene Profile, Profile gleicher Abmessungen aber unterschiedliche Holzarten

Durchführung:

Die Probekörper werden auf die Auflage gelegt. Mit Hilfe der Skaleneintragung können verschiedene Winkel genutzt werden, um die Kerbschlagfestigkeit zu bestimmen.

Bestimme den Ausschlagwinkel, schreibe die Ergebnisse in eine Tabelle und werte Deine Erkenntnisse aus.

Profilstab	Fallwinkel 45°	Ausschlagwinkel	Fallwinkel 90°	Ausschlagwinkel
Quadratprofil				
Spanplatte				
Sperrholz				
Kiefer				
Buche				
Rundprofil				
Buche				
Kiefer				

Die verbrauchte Schlagarbeit K errechnet sich aus dem Gewicht der Axt sowie der Fall- und Steighöhe des Pendels.

$$K = G (h_1 - h_2) \text{ in J}$$

Die Kerbschlagzähigkeit KC ergibt sich, wenn die Schlagarbeit auf die Ausgangsquerschnittsfläche S der Probe an der Kerbstelle bezogen wird:

$$KC = \frac{K}{S} \text{ in J cm}^{-2}$$

Die Untersuchung wird an mindestens 5 Proben durchgeführt!

