

## UNTERRICHTSMATERIAL 4

### Festigkeit von Holz

#### Grundlagen der Festigkeitslehre

Wenn man einen Holzkörper belastet (durch Zug, Druck oder Biegung) führt das zu Spannungen im Werkstoff. Unter Festigkeit versteht man die max. ertragbare Spannung bevor der Werkstoff bricht. Sie wird bei Holz in  $N / mm^2$  (max. tragbare Kraft pro  $mm^2$ ) angegeben.

#### Zugfestigkeit

Wenn ich einen Holzstab in die Länge ziehe, wird es sich so lange dehnen, bis die Dehngrenze erreicht ist und er bricht. Nach einer geringen und kurzen Zugbelastung verschwindet die Verformung nach Entlastung wieder vollkommen. Man spricht von einer elastischen Verformung. Wird die Zugbelastung zu hoch ist die Verformung nicht mehr rückgängig zu machen, man spricht von einer plastischen Verformung. Steigt die Belastung weiter an, bricht der Werkstoff.

Zug ist jene Belastungsrichtung bei der Holz die höchsten Spannungen aufnehmen kann. Bei gleicher Faserorientierung ist die Zugfestigkeit in etwa doppelt so groß wie die Druckfestigkeit. Die Höhe der Biegefestigkeit liegt irgendwo dazwischen.



Vergleiche dazu ein Gummiband. Du kannst es dehnen und wenn du es auslässt, geht es in den ursprünglichen Zustand zurück. Ziehst du besonders fest und lang daran, wird es irgendwann auch nach Entlastung nicht mehr ganz in den Ursprungszustand zurück gehen. Ziehst du noch länger an dem Gummiband, dann wird es irgendwann reißen.

## Wie stark ist Holz wirklich?



Abbildung 1: Lokomotive mit etwa 90 Tonnen Gewicht

Denk an etwas wirklich Schweres, zum Beispiel eine Lokomotive. Eine Lok, hat ein Gewicht von ca. 90 Tonnen oder 90.000 kg, das sind 900.000 Newton (N). Fichtenholz hat eine Zugfestigkeit von etwa 90 N / mm<sup>2</sup>. Das bedeutet: du kannst an ein Fichtenstämmchen mit einem Durchmesser von ca. 11 cm eine ganz Lokomotive hängen!!!!

### Wie kann ich das ausrechnen:

Lokomotive = 900.000 N

Zugfestigkeit Fichte = 90 N / mm<sup>2</sup>

$$\rightarrow 90 \text{ N} / 1 \text{ mm}^2 = 900.000 \text{ N} / x \text{ mm}^2$$

$$x = 900.000 / 90 = 10.000 \text{ mm}^2 = \text{Fläche}$$

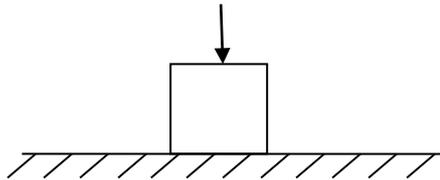
Das heißt für ein Gewicht von 900.000 N (Lok) benötige ich bei einer Zugfestigkeit von 90 N/mm<sup>2</sup> (Fichte) eine Fläche von mindestens 10.000 mm<sup>2</sup> das sind in etwa 11 cm Durchmesser.

## Druckfestigkeit



Abbildung 2: Hochstand mit Querstreben

Die Druckfestigkeit wird normalerweise an einem Würfel getestet, denn ein dünner Stab wird durch Ausknicken und nicht alleine durch die Drucklast versagen. Darum werden die Pfosten bei einem Hochstand durch Querstreben verstärkt. Die Druckfestigkeit normal zur Stammachse ist sehr gering.



## Biegefestigkeit

Die Biegefestigkeit eines Werkstoffs setzt sich aus Zug und Druck zusammen. Vergleiche dazu einen Baum, der im Wind gebogen wird. Auf der windabgewandten Seite wird er durch Druckkräfte gestaucht. An der Windseite wird er durch Zugkräfte gedehnt. Beides zusammen ergeben Biegekräfte. Bei einer Brücke oder einem Balken, der auf Biegung belastet wird, finden oben Druck- und unten Zugspannungen statt.

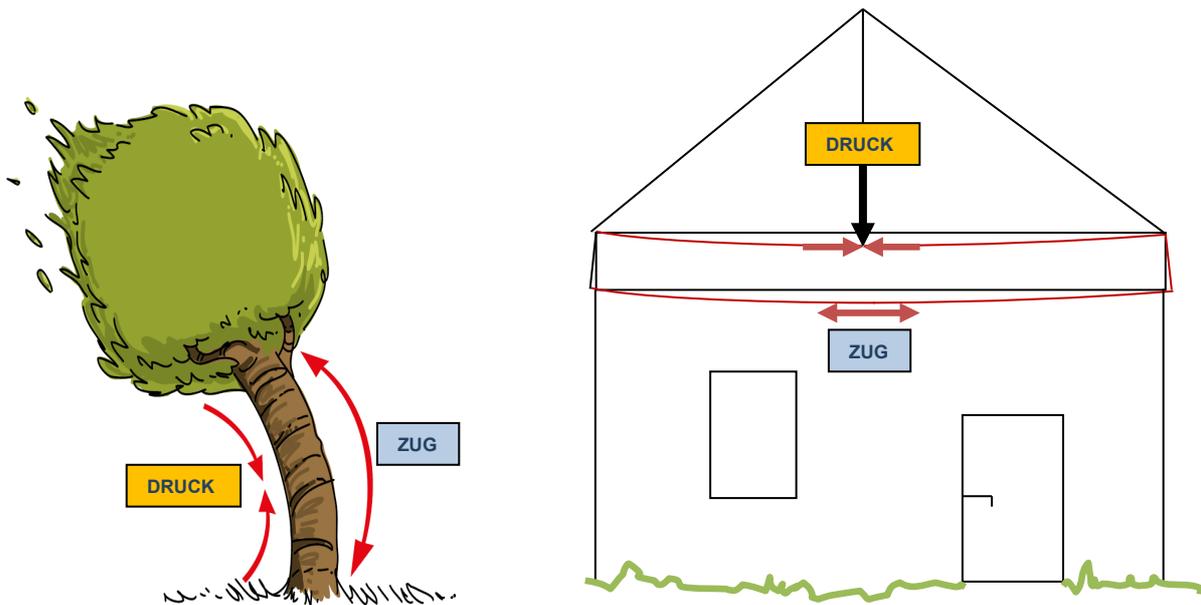


Abbildung 3: Belastungen bei einem Baum im Wind und an einem Balken im Haus

Zum Glück ist das Holz der Bäume sehr elastisch und es bricht auch nach sehr starken Stürmen nicht unter der Belastung. Bäume können sich sogar danach wieder in den Ausgangszustand zurückbewegen.

## Holz als Baustoff



Abbildung 4: Holz beim Bau eines Dachstuhls

Auf Grund der Längsorientierung des Stammes und der Fasern im Holz ist die Zugbelastung von Holz besonders hoch. Eine reine Zugbelastung wird in der Praxis kaum vorkommen. Die hohe Zugfestigkeit, führt jedoch zu einer hohen Biegefestigkeit.

Zusammen mit dem elastischen Verhalten, einfachen Verarbeitbarkeit und einem geringen Gewicht, macht die hohe Biegefestigkeit Holz zu einem beliebten Baustoff für Dachstühle, Brücken, Balken und vieles mehr.

## Der Faserverlauf, ein wichtiges Detail

Ganz egal ob du einen Holzkörper auf Druck, Zug oder Biegung belasten möchtest, es ist wichtig zu schauen wie der Verlauf der Fasern im Holz aussieht.



Abbildung 5: Faserverlauf im Bauholz

Holz ist immer wesentlich stärker wenn es parallel zur Stammachse belastet wird. Der gesamte mikroskopische Aufbau von Holz orientiert sich in Längsrichtung des Stammes (langkettige Zelluloseketten, Mikrofibrillen, Zellen der Leitungsbahnen, ...) Die Notwendigkeit des Baumes Wasser über lange Strecken zu transportieren und hohen Windkräften Stand zu halten, hat dazu geführt, dass der Werkstoff Holz in Längsrichtung belastet, ebenfalls hohen Kräften standhalten kann. Normal zur Faserachse lösen sich die Zellen leichter auseinander und der Werkstoff versagt.

Die Zugfestigkeit parallel zu den Fasern ist je nach Holzart 20 - 30 mal größer als die Zugfestigkeit senkrecht zur Faser.

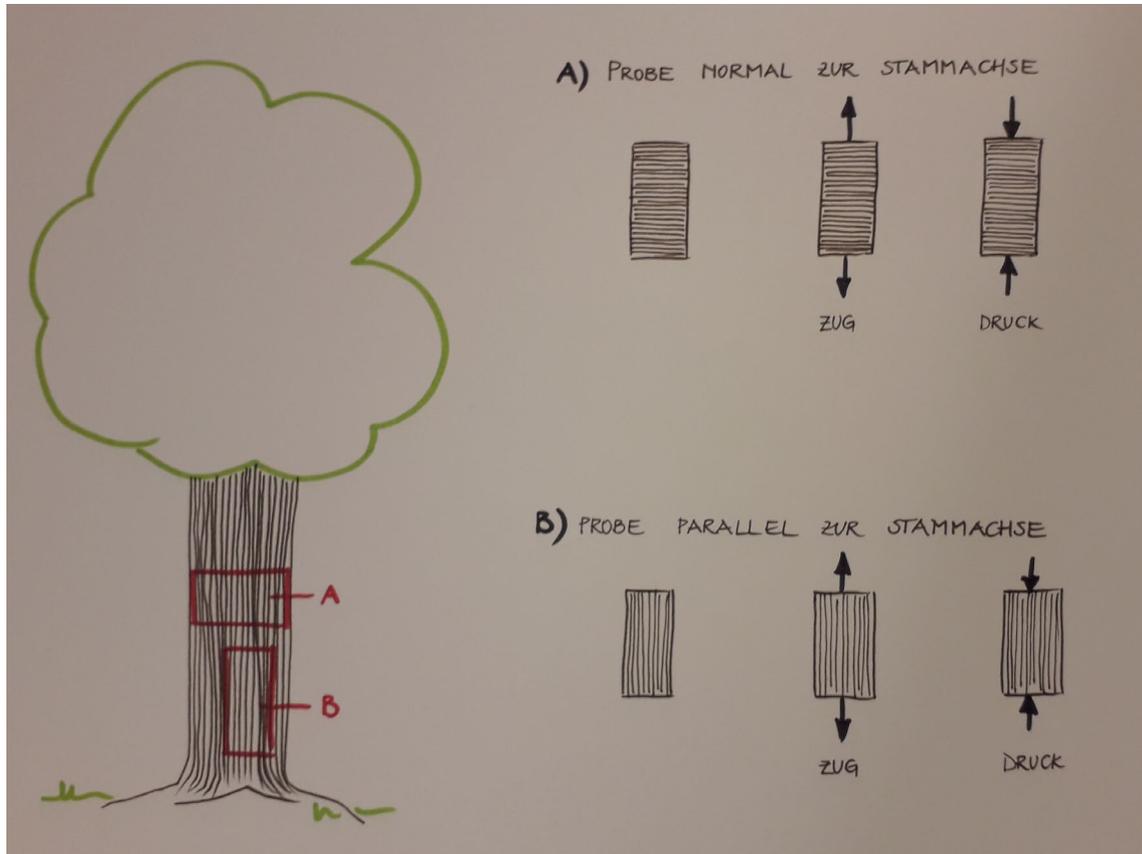


Abbildung 6: Proben normal und parallel zur Stammachse

## Einflüsse auf die Holzfestigkeit



Abbildung 7: Holzstapel im Wald

Die Holzart, die Dichte, der Trocknungsgrad, die Wuchsgeschwindigkeit, die Anzahl an Ästen und Rissen sowie eine Abweichung vom geraden Faserverlauf haben einen großen Einfluss auf die Festigkeit des Holzes. Darum wird Holz vor dem Verkaufen sortiert und in Festigkeitsklassen eingeteilt.