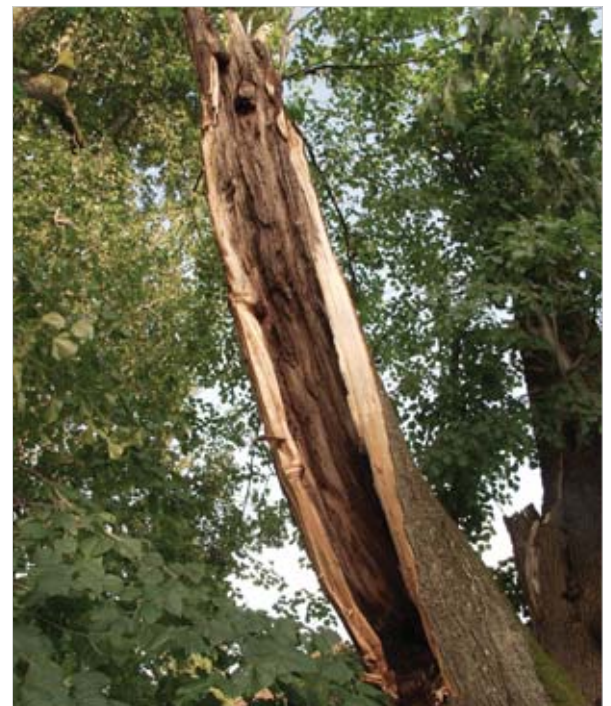


## Situation

- **Wie bricht ein Baum mit Stammfäule?**

Sie müssen beurteilen, ob und in welchem Maß ein Baum mit kernfaulem Stamm bruchgefährdet ist. Dazu müssen Sie wissen, wie er bricht.

Das Arbeitsblatt will Ihnen helfen, entsprechende Entscheidungen sachkundig zu treffen.



Durch Windeinwirkung gebrochene Linde

## Wissen

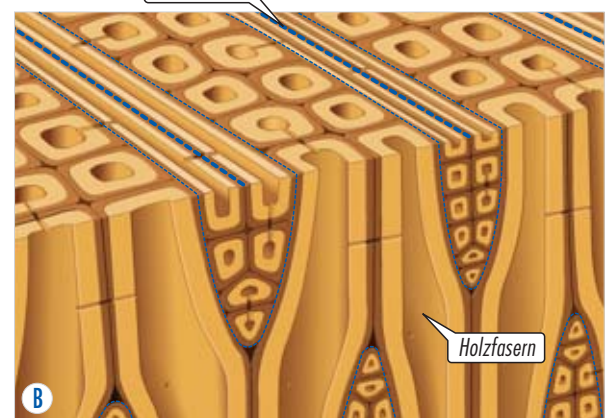
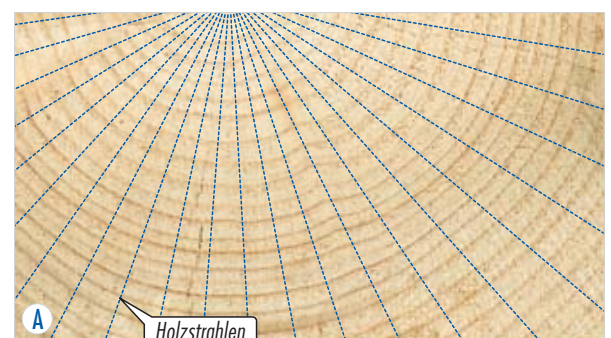
### Grundlagen

Bäume bestehen aus Holz. Holz ist ein Verbundwerkstoff ähnlich wie Stahlbeton, der aus zwei Materialkomponenten besteht:

- **Lignin**  
nimmt Druckkräfte auf (wie der Beton im Stahlbeton)
- **Zellulose / Holzpolyosen**  
nimmt Zugkräfte auf (wie die Stahlarmierung im Stahlbeton)

- **Der Aufbau des Holzes**

Holzfasern sind hohl - ihr Aussehen erinnert an Makkaroni. Ihr Mantel besteht aus Lignin, innen sind sie mit Zellulose ausgekleidet. Die Holzfasern verlaufen in Längsrichtung und sind miteinander durch Pektin verklebt. Dieser Verbund ist jedoch nicht sonderlich haltbar. Deshalb durchziehen zusätzlich Holz- oder Markstrahlen die Faserbündel in radialer Richtung und bewirken die Querstabilität des Holzes. Sie ziehen die Längsfasern zur Mitte des Holzkörpers zusammen, wie die Speichen eines Fahrrads die Felge zur Nabe. Die Höhe, Länge und Anzahl der Zellreihen hängt von der jeweiligen Baumart ab. Das Holz von Platane besteht beispielsweise zu mehr als 30% aus Holzstrahlen.



A Holzstruktur mit Jahresringen B schematische Darstellung der Holzstruktur

## Wissen

### • Der Baum als Leichtbaukonstruktion

Holz ist ein hervorragendes Material für die „Leichtbaukonstruktion Baum“ (siehe Arbeitsblätter 2 und 14). Es vermag einerseits, hohe Lasten zu tragen und andererseits, aufgrund seiner Elastizität, viel Energie aufzunehmen. Trotz ihrer Höhe und Kronenausladung können Bäume deshalb sogar schweren Stürmen standhalten. Dennoch ist Holz nicht beliebig belastbar. Auch gesunde Bäume brechen, wenn sie gegen zu hohe Belastungen nicht mit genügend Material gewappnet sind. Sind Bäume gar mit Fäule infiziert, werden die Materialeigenschaften des Holzes schnell schlechter. Die Versagenswahrscheinlichkeit ist dann natürlich ungleich höher.



Bei einem Sturm gebrochene Linde

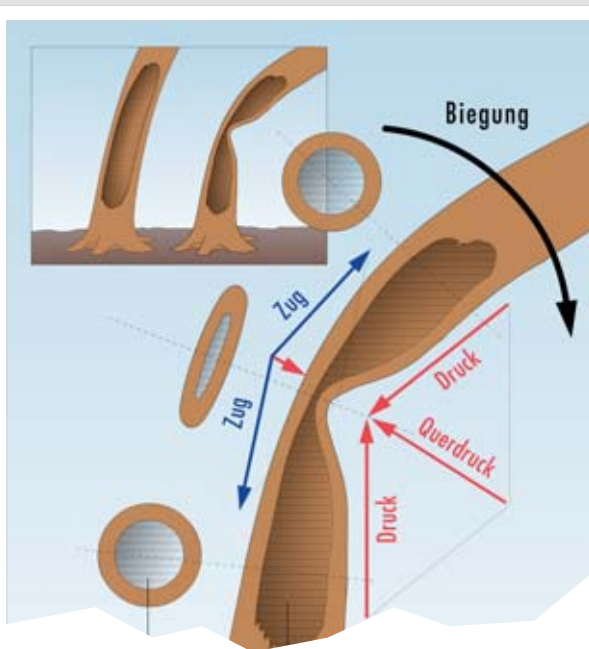
## Probleme

### Wie macht sich mögliches Bruchversagen bemerkbar?

Einen gesunden Stamm, Ast oder Stämmeling ohne Fäule kann man mit einem Vollzylinder vergleichen. Wird dieser gebogen, geht er sobald der Druck nachlässt unbeschädigt in seine Ausgangslage zurück. Knicken jedoch Holzfasern auf der Druckseite aus, beginnt der Baum zu brechen. Gegen Druckbelastung ist Holz etwa nur halb so beständig wie gegen Zugkräfte.

### • Bruchversagen von Stämmen mit Innenfäule und Hohlung

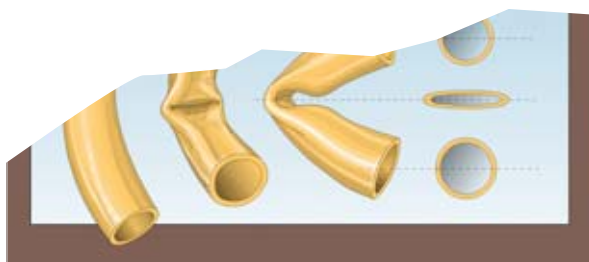
Man stelle sich vor, der Stammzylinder hätte entlang seiner Längsachse eine stabförmige Hohlung. So lange deren Durchmesser klein bzw. die Außenwandung des Stammes noch sehr dick ist, macht sich bei Biegung die innere Schwächung nicht bemerkbar. Das Biegemoment nimmt in Richtung Stammzentrum ab.



Schlauchknicken an einem gebogenem Baum mit Hohlung

(nach Mattheck)

... und durch umstürzten Umlenkkräfte, die in radialer Richtung aufeinander wirken - der Querschnitt verflacht weiter. Je dünner die Außenwandung ist, desto mehr bewegen sich die druck- und zugseitigen Halbschalen aufeinander zu.



## Wissen

### Offener Stammquerschnitt

Der beschriebene Ablauf trifft auf Bäume mit geschlossenen Innenhöhlungen zu. Die Stämme von Bäumen mit offenen Stammquerschnitten verformen sich je nach Größe und Lage der Öffnung zur Windrichtung sehr unterschiedlich. Entsprechend variabel ist auch ihr Versagensmuster. Die Grafik macht es deutlich:

- A Schlauchknicken (Querschnittsverflachung)
- B rückwärtiges Schalenbeulen durch Einknicken der Druckseite
- C vorderseitiges Schalenbeulen durch Einknicken der Öffnungsränder

### Reaktion des Baumes

Der Baum versucht seinem Schicksal durch Reparaturanbauten zu entgehen (siehe Arbeitsblatt 2). Zudem sind die Materialeigenschaften der Wandungen (sehr dünnwandiger Bäume häufig weitaus besser, als die von normalem Holz. An den Rändern von Öffnungen werden Wülste aus sogenanntem Wundholz gebildet, das aus Kallus hervorgeht. Die Querschnittsform und die gute Qualität dieses Holzes bewirken die Versteifung des Öffnungsrandes.

### • Bruchversagen von Stämmen mit Innenfäule ohne Höhlung

Zahlreiche holzerstörende Pilze rufen Fäulen hervor, die das Holz verspröden (siehe Arbeitsblatt 14). Sie hinterlassen denaturiertes Holz, das zwar kaum mehr bruchfest ist, aber durchaus eine gewisse Biegesteifigkeit besitzt. Erst im Spätstadium kann es bei solchem Befall zur Aushöhlung des Holzkörpers kommen.

Ist das Kern- oder Reifholz in Stämmen entsprechend angegriffen, kann es bei Biegung keinen Schub weitergeben. Die Übertragung erfolgt dann, wie beim hohlen Baum, nur noch über die intakte Restwandung. Insofern werden wie beim Hohlstamm auch hier axiale Schubkräfte wirksam.

Schlauchknicken oder gar Schalenbeulen gibt es jedoch ohne Höhlung nicht. Der Stamm ist innen wie ein Karton mit Styroporflocken ausgesteift. Erst wenn das faule Holz stark brüchig bis mulmig wird, kann Querschnittsverformung eintreten. Der Schwellenwert von  $t/R < 0,3$  ist für faule, aber nicht hohle Bäume, streng genommen nicht anwendbar. Theoretisch könnten sich solche Bäume eine dünnere Restwandung leisten, ohne bruchgefährdet zu sein.

**Aber:** Nur mit Hilfe des Fraktometers lässt sich die Dicke der gesunden Wandung absolut zweifelsfrei feststellen. Bohrwiderstands-Diagramme lassen bei Sprödfäule nicht alles erkennen: Sie sehen



Versagensmuster bei Bäumen mit Innenhöhlung und offenem Stammquerschnitt.

(nach Mattheck)



Innenfäule ohne Höhlung

## Weitere Inhalte dieses Kapitels

Dieses PDF enthält nur einen Ausschnitt von 3 der insgesamt 6 Seiten dieses Kapitels.

Auf den fehlenden Seiten werden folgende Themen erläutert:

- **Wissen**
- Biegung
- Schalenbeulen
- Fußglockenbruch