

# Lehrmittel



Holzindustriefachfrau  
Holzindustriefachmann  
2. Lehrjahr

Version 1.0, 2023

# Berufskunde Holzindustriefachmann/-frau EFZ

## 2. Lehrjahr

### Impressum

Hauptautoren	Simon Codourey, Christoph Fuhrmann, Valentin Liechti, Christoph Lüthi, Ralf Nessensohn, Pascal Schmider, Urs Stalder
Erweitertes Autorenteam	Reto Besmer, Christian Eicher, Rolf Isler, Renato Iten, Simon Kalt, Andreas Lusti, Daniel Vetterli, Michael Widmer, Jan Zwicky
Lektorat	David Coulin
Gestaltung	Pascal Graf, Björn Ittensohn, Valentin Liechti
Projektleitung	Bernhard Muhr
Didaktische Begleitung & Koordination	Barbara Vogt
Begleitgruppe	Simon Codourey, Christoph Fuhrmann, Valentin Liechti, Bernhard Muhr, Pascal Schmider, Michael Widmer
Herausgeber	Holzindustrie Schweiz, Bern, <a href="http://holz-bois.ch">holz-bois.ch</a>
Projektpartner mit finanzieller Unterstützung	Verband Schweizer Hobelwerke, Zürich, <a href="http://vsh.ch">vsh.ch</a> Fachgruppe Leimholz, Bern, <a href="http://holz-bois.ch/fachgruppe-leimholz">holz-bois.ch/fachgruppe-leimholz</a>
Ausgabe	August 2023 (Version 1.0)
© 2023 Holzindustrie Schweiz	Alle Rechte, auch das Recht des auszugsweisen Nachdrucks, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, sind vorbehalten.

Hinweis zur geschlechterneutralen Sprache: In diesem Lehrmittel wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit an gewissen Stellen das generische Maskulinum verwendet. Weibliche und anderweitige Geschlechteridentitäten werden dabei ausdrücklich mitgemeint, soweit es für die Aussage erforderlich ist.

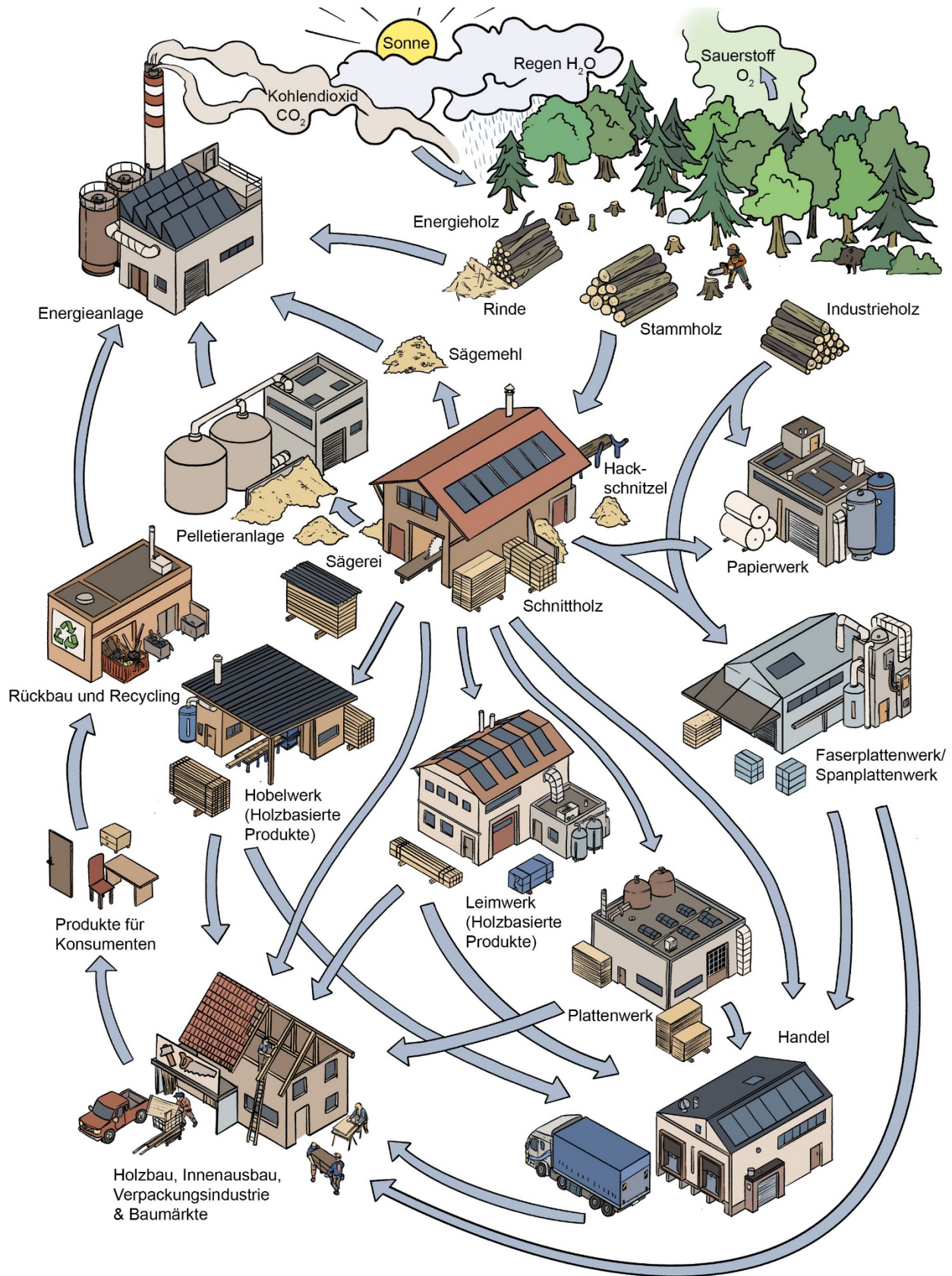
**holzindustrie schweiz**  
**industrie du bois suisse**

HIS	Fachgruppe Leimholz
IBS	Groupe spécialisé bois collé

**VSH**  
Verband Schweizerischer Hobelwerke  
Association Suisse des Raboteries



# Holzkreislauf



# Kapitelübersicht

## 1. Ausbeute berechnen (25 Lektionen)

Einführung in Ausbeuteberechnung – Ausbeute vs. Wirtschaftlichkeit – Prozentrechnen

---

## 2. Rundholz und Schadenorganismen (30 Lektionen)

Rundholz messen, erfassen, klassieren – Schadorganismen anhand Schadbilder erkennen – Gesetzliche Grundlagen zur Lagerung von Rundholz

---

## 3. Elektrische, hydraulische und pneumatische Anlagen (25 Lektionen)

Strombetriebene Anlagen, präventive Massnahmen, Energieverluste – Grundlagen Pneumatik, Hydraulik, Elektrik, Elektronik, Schaltschemas

---

## 4. Rundholzeinteilung (45 Lektionen)

Vollholzprodukte: Sortierkriterien und Verwendungszwecke – Rundholzeinteilung – Zopfdurchmesser berechnen, wirtschaftliche Zusammenhänge – Einschnitttechnik, Schnittbilder – Masslisten erstellen, berechnen – Pythagoras

---

## 5. Nebenmaschinen auf dem Rundholzplatz (10 Lektionen)

Rundholzkappsäge, Entrindungsanlage, Wurzelreduzieranlagen/-maschinen

---

## 6. Trocknen (30 Lektionen)

Feuchtigkeitsstufen, Anwendungsbereiche – Trocknungsfehler – Dichte mit Quell- und Schwindverhalten – Freilufttrocknung – Trocknungsanlagen

---



## 7. Thermische und chemische Behandlung (15 Lektionen)

Chemische Behandlung von Schnittholz – Thermische Behandlungen –  
Thermische und chemische Holzmodifizierung

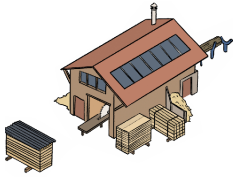
---

## 8. Holzbasierte Produkte (20 Lektionen)

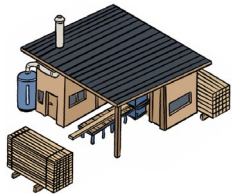
Produkte aus Vollholz – Marktypische Hobelwaren – Produkte aus Fasern  
– Produkte aus Furnieren – Produkte aus Spänen – Produktnormen,  
Produktionskontrolle

---

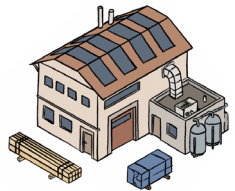
# 1. Ausbeute berechnen



Sägerei



Hobelwerk



Leimwerk

Eine der wichtigsten Kennzahl in einem Holzindustriebetrieb ist die Ausbeute. Die Ausbeute kann über ein wirtschaftliches oder eben auch unwirtschaftliches Dasein eines Unternehmens entscheiden. Was ist die Ausbeute? Wie kann ich meine Ausbeute beeinflussen? Wie hoch muss meine Ausbeute sein? Gibt es eine falsche Ausbeute?



Abbildung 1: Vom Einschnitt zum Schnittholz (Quelle: Holz Sturm AG / Balteschwiler AG)

Das Wichtigste über das Thema Ausbeute lernen Sie in diesem Kapitel.

## Praxisaufträge im Betrieb

- Ausbeute berechnen (3. LJ)

## Überbetrieblicher Kurs 4

- Masslisten erstellen
- Ausbeute beurteilen und berechnen

## Berufliche Situationen:

- Sie vermessen im Betrieb unterschiedliche Produkte und dokumentieren die Resultate für die Nachkalkulation.
- Sie führen Nachkalkulationen durch.



## Lernziele

- Sie erklären den Begriff Ausbeute sowie die wirtschaftliche Bedeutung für einen Betrieb.
- Sie erläutern die Unterschiede zwischen der Ausbeute von Rundholz zur Schnittware, Schnittholz zur Hobelware und Schnittholz zur Leimholzproduktion.
- Sie berechnen Ausbeuten von Aufträgen und beurteilen die Ergebnisse.
- Sie vergleichen Ausbeuten mit Kennzahlen aus der Branche und erkennen Massnahmen zur Verbesserung der Ausbeute.

## 1.1. Einleitung

Für ein Unternehmen ist es wichtig zu wissen, wie viel des eingesetzten Holzes am Ende des Produktions- und Verarbeitungsprozesses tatsächlich zum Weitergebrauch bzw. Weiterverkauf übrigbleibt. Die Ausbeuteberechnung ist demnach eine Masszahl, welche die Effizienz eines Produktions- oder Verarbeitungsprozesses in Bezug auf die Menge des eingesetzten Materials im Verhältnis zur Menge des gewonnenen Materials bewertet. Sie wird in der Regel in Prozent angegeben.

Eingesetztes Material



Abbildung 2: Rundholzlager (Quelle: Braun AG)

Gewonnenes Material



Abbildung 3: Aussenlager (Quelle: Schilliger Holz AG)

In der Sägewerksindustrie ist die Ausbeute das Verhältnis zwischen dem Volumen der Stämme und dem Volumen von dem nach der Verarbeitung anfallenden Schnittholz. Das Volumen der Stämme repräsentiert 100% des Materials. Dieses wird in Hauptprodukte, Nebenprodukte und Restholz verarbeitet.

- Hauptprodukte sind die Produkte, die man direkt beim Sägevorgang erhält, wie zum Beispiel: Klotzbretter, Zimmermannsbretter, Kanteln, Leimbretter, etc.
- Nebenprodukte entstehen aus Randbrettern oder Kernbrettern. Sie dienen dazu, den Rest des Stammes maximal zu Schnittholz zu verwerten. Sie werden in der Regel in der Produktionskette durch eine sekundäre Maschine (Nebenmaschine) zu Parallelbrettern, Latten, Kanteln usw. weiterverarbeitet.
- Zum Restholz gehören alle Produkte, die nicht zu Schnittholz verarbeitet werden können. Es handelt sich dabei um Sägemehl, Hobelspäne, Hackschnitzel oder Schwarten und Spreisseln.

In Betrieben der zweiten Holzverarbeitungsstufe – der Leimholzindustrie oder in Hobelwerken – macht das Schnittholz 100% des Materials aus. Dieses wird wiederum zu Hauptprodukten (Leimholzprodukte, Hobelware) und Nebenprodukten (z.B. Späne) verarbeitet.

Die Ausbeute zu kennen, ist entscheidend für die Unternehmensführung. Sie dient als:

- **Grundlage für Verkaufspreis:** Durch die Berechnung der Ausbeute kann der prozentuale Anteil der verschiedenen Sortimente beim Produktionsprozess ermittelt werden. Mittels dieser Zahlen ist es möglich den Verkaufspreis der Produkte festzulegen.
- **Unternehmenskennzahl:** Ermöglicht zum Beispiel die Festlegung der optimalen oder maximalen Einschnittmengen und die Einschätzung des für die Produktion benötigten Holzvolumens.



- **Statistik:** Unternehmensinterne Statistiken helfen, den Betrieb zu überwachen und gegebenenfalls Massnahmen zu ergreifen, sobald eine Fehlentwicklung sichtbar wird. Unternehmensexterne Statistiken ermöglichen Vergleiche mit den Zahlen anderer Unternehmen in der Branche.

Um die Ausbeute zu berechnen, müssen Unternehmen die folgenden mathematischen Grundlagen kennen:

- Die **Kegelberechnung**, um den durchschnittlichen Durchmesser eines Stammes zu bestimmen.
- Die Berechnung des **Zylinders**, um das Volumen des Stammes zu bestimmen.
- Die Berechnung des rechtwinkligen **Parallelepipeds** zur Bestimmung des Volumens des Schnittholzes.
- Die **Prozentberechnung** zur Bestimmung der Materialausbeute.
- Die **Umrechnungsfaktoren** zur Bestimmung des Schüttvolumens von Nebenprodukten für den Verkauf.

Das Kapitel über die Ausbeute ist so aufgebaut, dass die mathematischen Grundlagen für die Berechnung der Ausbeute vermittelt werden. Es besteht aus drei verschiedenen Teilen, die sich mit dem Begriff der Ausbeute beim Sägen, Hobeln (1.4) und Leimen (1.5) befassen. Der letzte Teil behandelt den Begriff der Wertschöpfung in Bezug auf den Ertrag (1.6).

## 1.2. Berechnungsgrundlagen

### 1.2.1. Berechnung der Konizität (Abholzigkeit) und des mittleren Durchmessers

Stämme weisen von unten nach oben eine Verjüngung auf. Das bedeutet, dass der Durchmesser des Stockes ( $d_s$ ) im Vergleich zum Durchmesser des Zopfes ( $d_z$ ) abnimmt. Wenn man davon ausgeht, dass diese Abnahme des Durchmessers konstant ist, kann man einen so genannten Kegelfaktor bzw. Konizitätsfaktor ( $f_k$ ) bestimmen – Verhältnis zwischen den beiden Durchmessern (in cm/m). **Im Allgemeinen und ohne weitere Angaben beträgt der Konizitätsfaktor 1 cm/m.** Der mittlere Durchmesser ( $d_m$ ) kann beim Vermessen mit der Kluppe ermittelt oder mit Hilfe des Konizitätsfaktors ( $f_k$ ) und der Stammlänge ( $L$ ) berechnet werden.

Kegelfaktor/Konizitätsfaktor (cm/m)

$$f_k = \frac{d_s - d_z}{L}$$

Mittendurchmesser (cm)

$$d_m = d_z + \frac{f_k \times L}{2}$$

Beispiel

Ein 5 m langer Stamm hat einen Durchmesser an der Spitze (Zopf) von 42,5 cm und einen Stockdurchmesser von 47,5 cm. Wie viel ist der Mittendurchmesser?

Berechnung:

$$f_k = \frac{47,5 - 42,5}{5} = \frac{5}{5} = \underline{1 \text{ cm/m}}$$

$$d_m = 42,5 + \frac{1 \times 5}{2} = 42,5 + \frac{5}{2} = 42,5 + 2,5 = \underline{45 \text{ cm}}$$

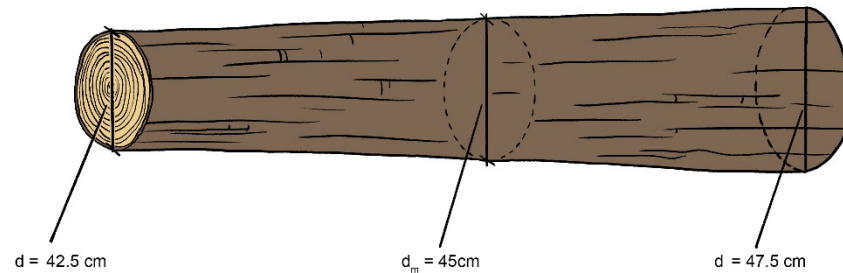


Abbildung 4: Berechnungsbeispiel (Quelle: HIS)

### 1.2.2. Berechnung des Stammvolumens

Um das Volumen eines Baumstamms (Festmeter fm  $\rightarrow$  1 fm = 1m<sup>3</sup>) zu berechnen, müssen wir seine Länge (L) und seinen Radius (r) kennen, d. h. die Formel

$$\pi \times r^2 \times L \text{ oder } 0,785 \times d_m^2 \times L. \quad 0,785 = \pi / 4$$

In der Praxis berechnen wir das Stammvolumen auf der Grundlage des Durchmessers, also  $\ll \frac{\pi}{4} \times d_m^2 \times L \gg$ . An dieser Stelle können wir  $\frac{\pi}{4}$  noch durch 0,785 vereinfachen.

Das Volumen des Baumstamms wird in Festmeter (fm) berechnet und muss auf zwei Dezimalstellen gerundet werden. Um zu einem Ergebnis in fm zu gelangen, dürfen nur Meterzahlen in die Formel eingegeben werden.

Stammvolumen (fm)

$$fm = 0.785 \times d_m^2 \times L$$

Länge (m)

$$L = \frac{fm}{0.785 \times d_m^2}$$

Mittendurchmesser(m)

$$d_m = \sqrt{\frac{fm}{0.785 \times L}}$$

Beispiel

Ein 5 Meter langer Stamm hat einen durchschnittlichen Durchmesser von 45 cm. Welches Volumen hat der Stamm?

$$fm = 0.785 \times 0.45^2 \times 5 = \underline{0.79 \text{ fm} = 0.79 \text{ m}^3}$$



### 1.2.3. Berechnung des gesägten Holzvolumens (Hauptprodukte)

Das Holzvolumen ist der wichtigste Indikator für die Menge an gesägtem Holz. Um dieses Volumen (V) zu berechnen, müssen vier Variablen berücksichtigt werden. Die Anzahl der Stücke (stk), die Dicke der Stücke (h), die Breite der Stücke (b) und die Länge der Stücke (L). Da es Schnittholz ist, wird **das Volumen in m³ berechnet und muss auf drei Dezimalstellen gerundet werden, um einen ausreichend genauen Wert zu erreichen. Um ein Ergebnis in m³ zu erhalten, müssen Meterzahlen in die Formel eingegeben werden.**

Laufmeter (m)

$$m = \text{stk} \times L$$

Quadratmeter (m²)

$$m^2 = \text{stk} \times b \times L$$

Kubikmeter (m³)

$$m^3 = \text{stk} \times h \times b \times L$$

Beispiel

Sie sägen vier 14 auf 14 cm lange Stücke aus einem 5 m langen Stamm. Wie viel beträgt das Volumen?

$$V = 4 \times 0.14 \times 0.14 \times 5 = \underline{0.392 \text{ m}^3}$$

### 1.2.4. Berechnung der Ausbeute in Prozent

Die Ausbeute ist das Verhältnis zwischen dem Endvolumen (V) und dem Anfangsvolumen (fm), ausgedrückt in Prozent. Er wird auf zwei Dezimalstellen gerundet.

Ausbeute (%)

$$\text{Ausbeute} = \frac{V \times 100}{fm}$$

Beispiel

Wir sägen einen Stamm von 0,79 m³ (Festmeter) und erhalten 0,392 m³ (V) an Hauptprodukten. Wie gross ist die Ausbeute (in Prozent)?

$$\text{Ausbeute} = \frac{0.392 \times 100}{0.79} = \underline{49.62\%}$$

### 1.2.5. Berechnung der Ausbeute für Restholzprodukte

Nebst der Berechnung der Ausbeute der Hauptprodukte wird auch die Ausbeute der **Restholzprodukte** als Volumen des Vollholzes berechnet. Da dieses Holz in Regel aufgeschüttet wird, besteht der Kubikmeter einerseits aus festem Holz, aber auch aus Zwischenräumen. Beim Verkauf muss daher für die Zwischenräume ein Füllfaktor (Schüttvolumen) berücksichtigt werden. Er wird in m³ lose gemessen, nach Gewicht ( $t_{\text{atro}}$ , Gewichtsmass für absolut trockenes Holz, ohne Wasser) gehandelt und ist je nach Sortiment unterschiedlich. Die Umrechnungsfaktoren

basieren auf einem Durchschnittswert für die gesamte Schweiz. Die folgenden Faktoren werden verwendet, um das Schüttvolumen zu berücksichtigen.

Schüttvolumen	Einheit	Anteil Vol.	Faktor
Schwarten und Spreisseln gebündelt	1 m <sup>3</sup> lose	0.625 m <sup>3</sup>	1.6
Hackschnitzel aus dem Sägewerk	1 m <sup>3</sup> lose	0.370 m <sup>3</sup>	2.7
Sägemehl	1 m <sup>3</sup> lose	0.333 m <sup>3</sup>	3.0
Hobelspäne	1 m <sup>3</sup> lose	0.200 m <sup>3</sup>	5.0

Atro-Gewicht	
1 t atro von Hackschnitzeln aus Sägewerken Fichte/Tanne	7.0 m <sup>3</sup> lose
1 t atro Sägemehl Fichte/Tanne	7.8 m <sup>3</sup> lose
1 t atro Hobelspäne Fichte/Tanne	12.3 m <sup>3</sup> lose

### 1.3. Ausbeute beim Sägen

#### 1.3.1. Bestimmen der Ausbeute

Um die Ausbeute vergleichen und bewerten zu können, ist es wichtig, in einem Unternehmen immer die gleichen Messgrundlagen zu haben. In der Praxis sollte man den mittleren Durchmesser eines Stammes ohne Rinde verwenden. Bei Schnittholz sollte man sich auf die Bruttosägemasse stützen. Die Ausbeute kann mit Hilfe der folgenden Methoden berechnet werden:

Testdurchlauf

Eine Reihe von Stämmen wird zu Testzwecken gesägt, wobei alle Volumen gemessen und verglichen werden. Der Test bringt mehrere Vorteile. Er liefert ein reales Ergebnis und ermöglicht es, Probleme im Produktionsprozess zu erkennen. Tests haben daher einen grossen Lerneffekt. Sie sind jedoch zeitaufwendig und berücksichtigen keine grossen Produktionsmengen, da das geschnittene Holz natürlich ein Kostenfaktor ist.



Abbildung 5: Nach dem Einschnitt werden die verschiedenen Schnittwaren gemessen (Quelle: Lang Sägewerk AG)

## Berechnung

Je nach Schnittschema wird die Ausbeute für die einzelnen Sortimente berechnet. Es handelt sich hierbei um eine theoretische Berechnung, bei der die Unregelmäßigkeiten des Holzes (Ovalität, Krümmung usw.) nicht berücksichtigt werden. Die Ausbeute kann auf der Grundlage der verschiedenen Volumen oder auf der Grundlage der Flächen bestimmt werden. Bei dieser Berechnung ist es einfach, die Ausbeute von Haupt- und Nebenprodukten zu bestimmen. Wenn man den Ertrag der Nebenprodukte differenzieren will, muss man die Länge der einzelnen Sägeschnitte addieren. Der Rest ist der Anteil an Hackschnitzeln oder Schwarten und Spänen.

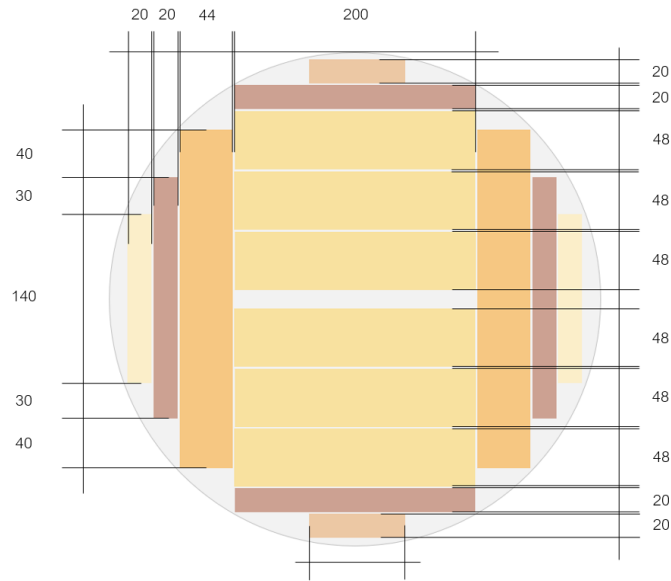


Abbildung 6: Branchenübliches, einfaches Schnittbild mit Bemessung  
(Quelle: Liechti)

## Software

Hierbei handelt es sich um eine Software, die das Schnittholzschneiden mit Optimierungs- und Preisberechnungen unterstützt. Diese Software hat den Vorteil, dass sie die Resultate genau und schnell bestimmen kann.

### 1.3.2. Richtwerte und Faktoren mit Einfluss auf die Ausbeute

Schnittholzausbeute ca. 60%

So viel Schnittholz (Haupt- und Nebenprodukte) kann man im Durchschnitt aus einem Stamm herausholen. Die restlichen 40% sind Restholzprodukte. Dieser Durchschnitt wird vom Bundesamt für Statistik angegeben. Er schwankt nur geringfügig zwischen den einzelnen Jahren. Die Sägeausbeute wird unter anderem durch den Durchmesser, die Konizität der Stämme, die Holzart und die Sägemasse beeinflusst.

Klotzbretter  
65–70%

Dieser Wert berücksichtigt nicht die Mengenrabatte, die bei Handelsgeschäften anfallen.



Parallelbretter/be-  
säumte Bretter  
(Haupt- und Ne-  
benprodukte)  
50–65%

Abhängig von der Holzart und den Schnittholzprodukten. Die Ausbeute kann beim Sägen von Schwachholz auf 35 bis 45% sinken.

Sortimente und  
Sonderschnitte  
(Haupt- und Ne-  
benprodukte)  
25–35%

Abhängig von den geforderten Spezifikationen und der Holzart. Je höher die Wert-  
schöpfung, desto geringer ist der Materialertrag. In diesem Fall muss die Verwer-  
tung auf der Grundlage des Finanzprodukts geschätzt werden.

Sägemehl

Der Anteil des Sägemehls hängt von der Dicke der Schnittfuge und der Komplexi-  
tät der Schnittmuster ab, da diese im Wesentlichen durch die Anzahl der Schnitt-  
fugen charakterisiert werden. Man neigt dazu, die Dicke der Sägeblätter verringern  
zu wollen, um den Sägemehlverlust zu minimieren. Dies ist bei der Produktion von  
vielen Abschnitten mit geringem Querschnitt unerlässlich. Es ist jedoch zu beach-  
ten, dass die Dicke des Sägeschnitts die Dicke des Sägeblatts, die Spur, aber auch  
die Schwankungen in der Bahn des Sägeblatts umfasst. Es ist notwendig, einen  
guten Kompromiss zu finden zwischen der Dicke des Sägeblatts und seiner Fähig-  
keit, von der Bahn abzuweichen.

Produkte	Sägemehl
Klotzbretter (ohne besäumen und ablängen)	6 - 8%
Besäumtes Brett (27 mm und mehr)	9 - 13%
Besäumtes Brett (weniger als 27 mm)	12 - 15%

Schwarten und  
Besäumungen

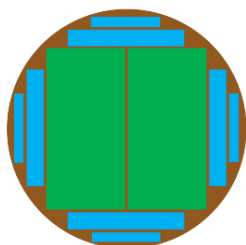
Die Variation hängt im Wesentlichen von der Komplexität der Sägemethode ab.

Holzarten	Schwarte	Besäumt
Holzarten mit ausgeprägtem Splintholz	9 - 12%	16 – 22%
Holzarten ohne ausgeprägtes Splintholz	7 - 9%	11 - 17%

### 1.3.3. Kalkulation von Stamm zu Schnittholz

Beispiel

Aus einem Stamm mit einem Volumen von 1 Fm (Kubikmeter feste Holzmasse)  
werden zwei Balken eingeschnitten. Dabei fallen vier Bretter für Verpackungssor-  
timente sowie vier kleinere Bretter für die Palettenproduktion als Seitenware an.



1,00 fm	Stamm	100%
0,450 m <sup>3</sup>	Hauptprodukte (ca. 45%) (Balken)	45%
0,150 m <sup>3</sup>	Nebenprodukte (ca. 15%) (Seitenbretter)	15%
0,400 m <sup>3</sup>	Restholz (Sägemehl, Schwarten/Spreissel, Hack- schnittzel)	40%

**Ausbeute: in der Regel wird die Ausbeute nur auf das Hauptprodukt bezogen**

Auf der Grundlage der Marktpreise für den Weiterverkauf der Nebenprodukte und  
Nebenerzeugnisse können wir den Verkaufspreis der Hauptprodukte berechnen.

Für diese Berechnung ist es notwendig, die Produktionskosten (gemäss der Kostenrechnung) und den Einkaufspreis der Rohstoffe zu kennen.

Nach Abzug der Einnahmen aus dem Verkauf von Nebenprodukten und Restholzprodukten (55%) müssen die notwendigen Ausgaben (100% Rohstoff) auf den Ertrag der Hauptprodukte (45%) umgelegt werden. Es folgt als Beispiel ein Berechnungsschema.

	%	Faktor	Preis CHF/m <sup>3</sup>	Wert CHF/1m <sup>3</sup>
Kosten für den Rohstoffkauf	100		120	120.00
Produktionskosten	100		180	+180.00
Anteil für die Nebenprodukte	15	1	200	-30.00
Anteil für die Hackschnitzel	25	2.7	16	-10.80
Anteil für das Sägemehl	15	3	10	-4.50
Mindesteinnahmen, um die Kosten zu decken				= 254.70
Ertrag Schnittholz 254.70 x 100% / 45%	45	1	566	= (566.00)

Wenn wir also mit einem Produkt einen Erlös von 254.70 erzielen wollen, müssen wir dieses **zumindest** zu einem Preis von 0.45 Franken/m<sup>3</sup> verkaufen.

#### 1.3.4. Die Ausbeute verbessern

Um das Geschäftsergebnis zu maximieren, ist es wichtig, den Sägevorgang zu beherrschen, aber auch die vorgelagerten (sc, Sortierung) und nachgelagerten Arbeitsschritte (Besäumung, Ablängen, Verpackung, Lagerung) dürfen nicht vernachlässigt werden. Es ist wichtig:

Sortieren der Stämme	Maximiert die Ausbeute an Hauptprodukten und ermöglicht es, den Rohstoffverbrauch im Griff zu behalten.
Angemessenen Durchmesser verwenden	Dadurch wird eine Überproduktion von Randsortimenten (Nebenprodukten) vermieden, die weiterverarbeitet werden müssen und in der Regel einen geringeren finanziellen Ertrag einbringen.
Die richtige Ausrichtung des Stammes	Dadurch wird das Maximum an Holz verwertet und die gewünschten minimalen Überhänge erreicht. Je nach Maschinenteknologie kann diese schwierige Aufgabe computergestützt oder vollautomatisch erledigt werden.
Optimierung der Nachbearbeitung von Nebenprodukten	Beim Besäumen und Kürzen kann ein erheblicher quantitativer und qualitativer Materialverlust entstehen. Auch dieser Produktionsschritt kann computergestützt umgesetzt werden
Sortierung und Stapelung der Produkte organisieren	Eine angemessene Verpackung der Produkte gewährleisten, damit möglichst viele Produkte zum bestmöglichen Preis auf den Markt kommen und eine Entwertung vermieden wird.

Verwenden eines Systems zur Ertragskontrolle

Die Genauigkeit der gesammelten Daten ermöglicht die Kontrolle der in der Produktionskette erzielten Erträge. Dies ist durch den niedrigen Verkaufspreis der Nebenprodukte gerechtfertigt, die schwierig zu bewerten sind.

## 1.4. Ausbeute beim Hobeln

### 1.4.1. Faktoren mit Einfluss auf die Ausbeute

Die Hobelleistung hängt hauptsächlich von folgenden Faktoren ab:

Holzqualität

Wenn die Qualität des Rohholzes der Qualität entspricht, die für die Bearbeitung des Endprodukts erforderlich ist, hat dies nur einen geringen Einfluss auf die Ausbeute. Ein qualitativ guter Materialeinkauf ist daher zentral.

Verformung des Holzes

Während des Trocknens verformt sich das Holz und wird schmaler. Um wieder eine gute Gerade und Rechtwinkligkeit zu erreichen, muss das Holz abgezogen und gerichtet werden. Ein ebenes und gerades Holz benötigt weniger Hobel.

Oberflächenqualität

Bei der Bearbeitung von Industriegütern und kalibrierten Produkten kann eine leichtere und schnellere Bearbeitung durchgeführt werden. Umgekehrt ist es notwendig, mehr Material abzutragen, wenn die Oberflächen am Ende des Prozesses sauber sein sollen.

Das zu erstellende Profil

Je stärker das Profil bearbeitet wird, desto mehr Material wird abgetragen.

Die Grösse des Werkstücks

Beeinflusst massgeblich das Ergebnis. Je grösser der Querschnitt eines Werkstücks ist, desto weniger Material wird abgetragen.

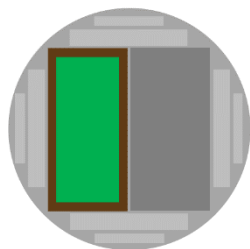
### 1.4.2. Richtwerte für die Ausbeute

Die unten angegebenen Werte basieren auf dem massbedingten Verlust bei der Bearbeitung. Eventuelle Teile, die nicht der geforderten Qualität entsprechen, werden nicht berücksichtigt.

- Leisten 50 bis 70%
- Latten 75 bis 85%
- Doppellatten, Kleinkantholz 80 bis 90%
- Kanteln 85 bis 95%
- Gehobelter Brett, Profilbretter 75 bis 85%
- Zimmermannsholz 75 bis 95%

### 1.4.3. Kalkulation vom Schnittholz zum Hobelprodukt

Beispiel



Auf der Grundlage der vorherigen Berechnung (Punkt 1.3.3) legen wir die Hobel-  
ausbeute und den Verkaufspreis der beiden Balken fest, die 45% des Volumens  
des Stamms ausmachen.

0,450 m <sup>3</sup>	Rohe Schnittware (45% Stammvolumen = 100% rohe Schnittware)	100%
0,405 m <sup>3</sup>	Balken gehobelt (90% = Erfahrungswert)	90%
0,045 m <sup>3</sup>	Restholz (Hobelspäne)	10%

	%	Faktor	Preis CHF/m <sup>3</sup>	Wert CHF/0.45 m <sup>3</sup>
Kosten für Rohstoff	100		566	254.70
Produktionskosten	100		100	+45.00
Anteil Hobelspäne	10	5	16	-3.60
Mindesteinnahmen, um die Kosten zu decken				=296.10
Ertrag Hobelprodukte 296.10 x 100% / 90% = 329.00 329.00 = 0.45m <sup>3</sup> 731.11 = 1 m <sup>3</sup>	90		731.11	= (329.00)

Wie bei der vorherigen Berechnung müssen die Produktionskosten zu den Rohstoffkosten addiert und der durch Nebenprodukte erzeugte Rest (10%) abgezogen werden. Anschliessend müssen die notwendigen Einnahmen (100% Material) auf den Ertrag des Hauptprodukts (90%) verteilt werden. Um den Einheitspreis pro m<sup>3</sup> zu ermitteln, muss der Ertrag von 0.450m<sup>3</sup> Rohe Schnittware auf 1 m<sup>3</sup> aufgerechnet werden. Wenn wir also 0,405 m<sup>3</sup> des Produkts zu einem Preis von 731,11 CHF/m<sup>3</sup> verkaufen, erzielen wir einen Erlös von 296,10 CHF.

### 1.4.4. Verbessern der Ausbeute beim Hobeln

Da die Ausbeute beim Hobeln relativ hoch ist, hat sie nur einen geringen Einfluss auf den Preis des Produkts. Je nach Arbeitsvolumen kann eine Verbesserung der Ausbeute am Ende des Jahres jedoch eine nicht zu unterschätzende Einsparungsquelle darstellen. Im Folgenden werden die wichtigsten Hebel zur Optimierung des Ertrags erläutert.

Planung

Eine gute Planung im Vorfeld kann dazu beitragen, die Nutzung des Holzes zu optimieren. Es ist wichtig, die erforderlichen Masse und Spezifikationen sauber und frühzeitig festzulegen, um den Verlust beim Hobeln möglichst gering zu halten.

Sortieren und  
Klassifizieren

Vor dem Hobeln ist es oft sinnvoll, die Holzstücke nach ihren Eigenschaften wie Grösse, Qualität und Feuchtigkeit zu sortieren und zu klassifizieren. So kann der Hobelprozess an die spezifischen Bedürfnisse jedes einzelnen Werkstücks angepasst werden, was den Materialverlust verringert.

Minimierung der Hobelstärke	Beim Hobeln ist es wichtig, die minimale Stärke zu bestimmen, die notwendig ist, um die erforderliche Qualität und Spezifikation zu erreichen. Die Verringerung der Hobelstärke kann dazu beitragen, Material einzusparen.
Optimierung der Maschineneinstellungen	Die Einstellungen der Hobelmaschine, wie z. B. Vorschubgeschwindigkeit, Schnitttiefe und Messerschärfe, können angepasst werden, um die Materialausbeute zu verbessern. Entsprechende Einstellungen können den Ausschuss reduzieren und die Qualität der gehobelten Werkstücke maximieren.
Bedienerschulung	Unternehmen sollten sicherstellen, dass die Bediener der Hobelmaschine gut geschult sind und die besten Verfahren zur Minimierung von Materialverlusten kennen. Sie sollten die erforderlichen Spezifikationen kennen und in der Lage sein, während des Hobelvorgangs fundierte Entscheidungen zu treffen.

## 1.5. Ausbeute beim Leimen

### 1.5.1. Einflussfaktoren auf die Ausbeute

Die Materialausbeute bei der Herstellung von Brettschichtholz kann mehrfach beeinflusst werden. Hier sind einige der wichtigsten Faktoren, die sich auf die Materialausbeute auswirken können:

Holzqualität	Die Qualität des Holzes, das für die Herstellung von Brettschichtholz verwendet wird, kann einen erheblichen Einfluss auf die Materialausbeute haben. Holz von minderer Qualität oder mit strukturellen Mängeln kann zu erhöhten Verlusten während des Herstellungsprozesses führen.
Lamellengrösse	Die Grösse der Lamellen, die bei der Herstellung von Leimholz verwendet werden, kann sich auf die Materialausbeute auswirken. Durch die Anpassung der Breite und Dicke der Lamellen an die spezifischen Anforderungen des Endprodukts kann der Verschnitt reduziert und die Ausbeute optimiert werden.
Herstellungsprozess	Die Methoden und Techniken, die während des gesamten Herstellungsprozesses von Brettschichtholz angewendet werden, können die Materialausbeute beeinflussen. Effiziente Verleimungsprozesse und angemessene Qualitätskontrollen können dazu beitragen, Verluste zu minimieren und die Materialausnutzung zu maximieren.
Management des Verschnitts	Ein effektives Management von Verschnitt und Abfall kann dazu beitragen die Materialausbeute zu verbessern. Holzabfälle können teils für andere Zwecke wiederverwendet oder in verwertbare Nebenprodukte umgewandelt werden, was die Gesamtverluste verringert.

### 1.5.2. Richtwerte für die Ausbeute

Leimholz wird aus rohen Lamellen hergestellt, die in Sägewerken produziert werden. Bei der Herstellung von Leimholz werden die Lamellen meist keilgezinkt, wodurch ein gewisser Anteil an Verschnitt entsteht, der z. B. in Form von Hackschnitteln wiederverwertet werden kann. Vor dem Verleimen müssen die Lamellen gehobelt werden, um eine saubere und präzise Leimfläche zu gewährleisten. Nach dem Pressen wird das gesamte Element gehobelt, um die gewünschte Endgrösse zu erhalten.



Es ist wichtig zu beachten, dass die optimale Materialausbeute je nach Spezifikationen und Anforderungen des Endprodukts sowie den wirtschaftlichen und technischen Einschränkungen des Herstellungsprozesses von Brettschichtholz variieren kann. Hersteller und Fachleute in der Brettschichtholzindustrie können je nach Kontext Strategien zur Verbesserung der Ausbeute anwenden. Im Allgemeinen sind die durchschnittlichen Ausbeuten wie folgt:

- Leimholz : 70 bis 80%
- Restholz 3 bis 8%
- Hobelspäne 15 bis 25%

### 1.5.3. Kalkulation von Schnittholz zu Leimholz

Beispiel

Die folgende Berechnung basiert auf einem Volumen von 1 m<sup>3</sup> der zu verleimenden Lamelle 46/210 mm, mit dem Ziel, Elemente von 400/200 mm zu produzieren.

1.000 m <sup>3</sup>	Rohlamelle	100%
0.780 m <sup>3</sup>	Verleimte Lamelle (gehobelt)	78%
0,220 m <sup>3</sup>	Nebenprodukte (Hackschnitzel + Sägespäne)	22%

	%	Faktor	Preis CHF/m <sup>3</sup>	Wert CHF/1m <sup>3</sup>
Einkauf Material (Holz)	100		330	330.00
Einkauf Material (Leim)				30.00
Produktionskosten	100		240	240.00
Anteil Sägespäne	17	3	17	-5.00
Anteil Hackschnitzel	5	5	21	-10.20
Mindesteinnahmen, um die Kosten zu decken				= 584.80
Ertrag Leimholz 584.80 x 100% / 78%	78		749.75	= (749.75)

Ebenfalls mit dem bereits gesehenen Berechnungsprinzip addiert man beim Leimholz die Produktionskosten zu den Einkaufskosten und zieht den durch Nebenprodukte erzeugten Input ab (22%). Dann werden die notwendigen Einnahmen (100% Material) auf den Hauptertrag des Produkts (78%) verteilt. Dies ergibt 584.80 CHF / 78% x 100%. Durch den Verkauf von 0.780 m<sup>3</sup> Produkt zu 749.75 CHF/m<sup>3</sup> erzielen wir einen Erlös von 584.80 CHF.

### 1.5.4. Verbesserung der Ausbeute

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Ausbeute bei der Herstellung von Leimholz zu verbessern. Hier sind einige Ideen:

Optimierung des Zuschnitts

Nutzen von fortschrittlicher Zuschnittsoftware, um den Materialeinsatz zu optimieren.

Prozessautomatisierung	Die Automatisierung kann menschliche Fehler reduzieren, die Genauigkeit erhöhen und die Gesamteffizienz des Produktionsprozesses verbessern.
Abfallrecycling	Einrichten eines Sammel- und Recyclingsystems für Holzabfälle, um Verluste zu minimieren und die Umweltbelastung zu verringern. Holzabfälle können für die Herstellung anderer Produkte oder als Energiequelle verwendet werden.
Schulung der Mitarbeiter	Unternehmen sollten sicherstellen, dass ihre Mitarbeiter in den Verfahren zur Herstellung von Leimholz geschult sind. Eine angemessene Schulung kann Fehler und Verluste durch falsche Materialhandhabung reduzieren.

## 1.6. Ausbeute und Mehrwert beurteilen

Die Berechnung der Ausbeute gibt Auskunft darüber, wie viel Prozent des Endmaterials (Output) bei der Produktion im Verhältnis zur Menge des verarbeiteten Ausgangsmaterials (Input) gewonnen wird. Es ist jedoch auch wichtig, die Materialausbeute und den finanziellen Ertrag, den die verschiedenen Sortimente erwirtschaften, in Beziehung zu setzen.

Je nach Verwertungsmöglichkeiten kann es günstiger sein, einen etwas niedrigeren Hauptertrag zu erzielen, indem man ein höherwertiges Sortiment herstellt. Beispielsweise durch die Produktion eines Sortiments an Hobelbrettern, das zwar mehr Sägeschnitte erfordert, aber höhere Erträge erbringt als ein Sortiment an Leimholzbrettern.

Je mehr sich der Preis der Nebenprodukte dem Preis der Hauptprodukte annähert, desto weniger wichtig ist der Ertragsunterschied zwischen diesen beiden Produkten.

Aus dem lateinischen per cento (von Hundert)

## 1.7. Exkurs: Prozentrechnen

Prozentrechnen ist eine Methode, mit der man Anteile oder Veränderungen in Bezug auf eine bestimmte Grösse ausdrücken kann. Wenn wir also von 50% sprechen, bedeutet das 50 von 100.

Um einen Prozentsatz von zu berechnen, muss man zuerst die Gesamtmenge kennen. Angenommen, wir haben 448 Bäume und möchten wissen, wie viele davon 25% ausmachen. Um dies herauszufinden, können wir folgende Formel verwenden:

$$\left(\frac{25\%}{100\%}\right) * 448 = 0.25 * 448 = 112 \text{ Bäume}$$

*Variante zur Berechnung:*

448 Bäume	100%
? Bäume	25%

$$448 : 100 * 25 = 112 \text{ Bäume}$$

Die Gesamtmenge wird mit dem Dezimalwert (geteilt durch 100) des gesuchten Prozentwertes multipliziert. Die Lösung lautet 112 Bäume.

Allerdings ist die Gesamtmenge nicht immer bekannt. Kennen wir nur einen Teil der Menge und wollen die Gesamtmenge herausfinden, müssen wir folgende Formel anwenden:

$$\frac{112}{\left(\frac{25\%}{100\%}\right)} = \frac{112}{0.25} = 448 \text{ Bäume}$$

*Variante zur Berechnung:*

112 Bäume	25%
? Bäume	100%



$$112 : 25 * 100 = 448 \text{ Bäume}$$

Die bekannte Teilmenge wird durch den Dezimalwert des bekannten Prozentwertes (der Teilmenge) dividiert. Das Ergebnis ist 448 Bäume.

In der dritten Variante ist der Prozentsatz der Teilmenge nicht bekannt. Wir haben 448 Bäume, 112 davon wollen wir fällen. Wie hoch ist der Anteil der gefällten Bäume an der Gesamtmenge in Prozenten?

$$\frac{112}{448} * 100 = 25\%$$

Variante zur Berechnung:

	448 Bäume	100%	
	112 Bäume	? %	

$$100 : 448 * 112 = 25\%$$

Die bekannte Teilmenge wird mit der bekannten Gesamtmenge dividiert. In Prozenten werden also 25% der Bäume gefällt.

Die Ausbeute können wir also ausrechnen, wenn wir die Rundholzmenge und die Schnittholzmenge kennen. Wir können auch die Schnittholzmenge herausfinden, wenn wir die Rundholzmenge und die Ausbeute kennen. Gleiches gilt in die andere Richtung.

Die Ausbeute von 50,14 Fm Rundholz, welches eingekauft und eingeschnitten wurde, könnte also folgendermassen aussehen:

Produkt	Volumen	Prozent
Bauholz	23,845 m³	47.6%
Seitenbretter	12,564 m³	25.1%
Schwarten und Spreissel	3,000 m³	6%
Sägespäne	9,000 m³	17,9%
Massverlust	1,731 m³	3,4%

Eine weitere gängige Anwendung von Prozentrechnen in der Holzindustrie ist das Anbieten von Rabatten.

Beispiel

Ein Sägewerk bietet einen Rabatt von 15% auf Dachlatten an. Ein Kunde möchte 50 Dachlatten kaufen, die normalerweise CHF 2.50 (pro Dachlatte) kosten. Wie viel würde der Kunde sparen, wenn er den Rabatt nutzt?

$$\frac{\text{Rabatt in \%}}{100} * \text{Gesamtkosten} = \frac{15}{100} * 125 = \text{CHF } 18,75$$



Der Rabatt auf dieser Menge beträgt also CHF 18,75. Nun muss der Rabatt der Gesamtmenge abgezogen werden.

$$\text{Gesamtkosten} - \text{Rabatt} = 125 - 18,75 = \text{CHF } 106,25$$

Nach Abzug des Rabattes, beträgt der Preis noch CHF 106.25.

Beispiel

Ein Sägewerk verkauft Holz in Kubikmetern. Der Preis pro Kubikmeter beträgt CHF 450. Wenn ein Kunde 0,4 m<sup>3</sup> Holz kaufen möchte, wie viel kostet das insgesamt?

$$\text{Preis pro m}^3 * \text{Menge in m}^3 = 450 * 0,4 = \text{CHF } 180$$

Der Preis pro Kubikmeter wird mit der Menge multipliziert. Der Kunde bezahlt für die 0,4 m<sup>3</sup> Holz CHF 180.-.

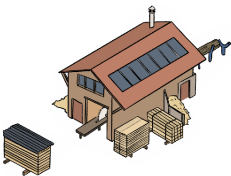
## 2. Rundholz und Schadorganismen



Wald



Stammholz



Sägerei

### HK b1: Lieferungen von Rundholz annehmen

Das Rundholz ist eine wertvolle Ressource, mit der sorgfältig umgegangen werden muss. Eine korrekt ausgeführte Annahme des Rohstoffes und eine gute Bewirtschaftung des Rundholzes ist unabdingbare Grundlage für die weiteren Verarbeitungsschritte.

Für die Annahme sind die Schweizer Handelsgebräuche (HG) ein unabdingbares Hilfsmittel. Sie definieren die Regeln für den Verkauf von Sägerundholz, Industrieholz und Energieholz in der gesamten Schweiz. Sie lernen in diesem Kapitel den Aufbau und die Anwendung der Handelsgebräuche kennen.



Abbildung 7: Sortiertes und klassiertes Rundholz (Quelle: Brühwiler Sägewerk AG)

Im Weiteren lernen Sie die wichtigsten Schadorganismen kennen, welche am Rundholz auftreten können und die Holzqualität beeinträchtigen. Sie lernen, wie Schäden durch Insekten und Pilze vermieden werden können, durch organisatorische, technische und chemische Schutzmassnahmen.

Wenn Sie chemische Schutzmassnahmen ergreifen müssen, berücksichtigen Sie die gesetzlichen Vorschriften des Umweltschutzes. Sie wissen, wann, wie und wo Sie chemische Schutzmittel einsetzen können und dürfen.

## Praxisaufträge im Betrieb

- Vermessenes Rundholz annehmen und sortieren
- Nicht vermessenes Rundholz erfassen, klassieren, sortieren
- Schadorganismen auf dem Rundholzplatz erkennen

## Überbetrieblicher Kurs 4

- Rundholz nach Handelsgebräuchen prüfen und sortieren
- Holzarten bestimmen, Schadorganismen am Rohholz identifizieren und Massnahmen besprechen

## Berufliche Situationen:

- Beim Arbeiten auf dem Rundholzplatz sehen Sie an einem Fichtenstamm 4–8 mm grosse, kreisrunde Löcher. Wie reagieren Sie?

## Lernziele

- Sie erläutern den Aufbau der Schweizer Handelsgebräuche für Rohholz.
- Sie erläutern die Regeln zur Messung von Rundholz, Industrieholz und Energieholz.
- Sie erläutern die Regeln beim Sortieren von Rundholz.
- Sie nennen die Längenklassen, Verwendungszwecke, Durchmesserklassen und Qualitäten von Rundholz.
- Sie nennen die wichtigsten kaufmännischen Aspekte im Handel von Rohholz.
- Sie wenden die Schweizer Handelsgebräuche für Rohholz an.
- Sie erkennen Schädlinge am Rundholz.
- Sie beschreiben die verschiedenen Möglichkeiten, um Rundholz vor dem Befall von Schädlingen (Pilze und Insekten) zu schützen.
- Sie wählen geeignete Pflanzen- und/oder Holzschutzmittel zur Behandlung von Rundholz aus.
- Sie beschreiben den Ablauf zur Behandlung von Rundholz mit geeigneten Pflanzen- und/oder Holzschutzmitteln und erläutern die Gefahren für Sie und die Umwelt.

- Sie entnehmen die relevanten Informationen aus dem technischen Merkblatt eines Pflanzen- und/oder Holzschutzmittels und erläutern die daraus resultierenden Massnahmen für die Umsetzung.
- Sie entnehmen die für Ihre Arbeit wichtigen Informationen aus Sicherheitsdatenblättern und erläutern die Konsequenzen für die Umsetzung.



## 2.1. Schweizer Handelsgebräuche für Rohholz

«Die «Schweizer Handelsgebräuche für Rohholz» beschreiben die Sortimente von Rund-, Industrie- und Energieholz mit den üblichen Klassierungen, legen die Ermittlung der Verrechnungsmasse fest und ergänzen im kaufmännischen Teil fachspezifische Definitionen (Mengen, Termine, Fristen usw.) sowie branchenübliche Regelungen im Falle von dispositivem Recht des OR (Obligationenrecht).» (LIGNUM, 2021)

Die «Schweizer Handelsgebräuche für Rohholz» bestehen aus folgenden 6 Teilen:

1	Messung
2	Sortierung von Rundholz
3	Sortierung von Industrieholz
4	Sortierung von Energieholz
5	Kaufmännischer Teil
A	Anhang

### 2.1.1. Messung

Im ersten Kapitel «Messung» werden die Vorgehensweisen beim Messen der verschiedenen Rundholzsortimente zusammengefasst und erklärt. Zum Einstieg werden die richtigen Begriffe, Einheiten und Grössen für das jeweilige Produkt definiert. So zum Beispiel:

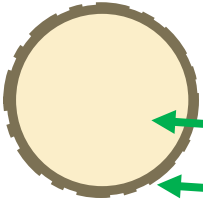
- Rundholz wird in Festmeter (Fm) vermessen und angegeben (nicht m<sup>3</sup>)
- Das Gewicht kann in Lutrotonnen oder Atrotonnen eingegeben werden
- Die Abkürzungen «m.R.» und «o.R.» werden für das Trennen von «mit Rinde» und «ohne Rinde» eingesetzt
- **Lutro** bedeutet LUftTROcken
- **Atro** bedeutet Absolut TROcken

«Fest» wegen  
einem Kubikmeter  
**fester** Holzmasse

Weiter können die Regeln zur Messung der verschiedenen Rundholzsortimente nachgeschlagen werden:

- Messung von Rundholz (streng genommen Stammholz)
- Messung von Industrieholz
- Messung von Energieholz

In den «Schweizer Handelsgebräuche für Rohholz» wird der Begriff «Rundholz» auf einer Stufe mit Industrieholz und Energieholz verwendet. Bei einer Unterscheidung zwischen Industrieholz (Qualitäts- und Durchmesserabhängig) und Holz, welches in einem Sägewerk eingeschnitten wird, ist der Begriff «Stammholz» zutreffender.



Bei der Messung der drei Sortimente sind die Vorgänge sehr ähnlich, es gibt allerdings auch Unterschiede. Ein wichtiger Unterschied ist bei der Messung des Durchmessers:

**Rundholz (Stammholz) wird unter der Rinde gemessen**

**Industrieholz mit der Rinde**

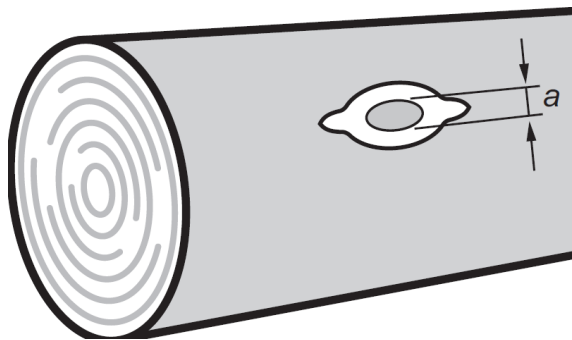
Energieholz besteht oft nicht nur aus Rundholz und wird deshalb üblicherweise in Raummeter oder Tonnen angegeben.

Messung der  
Sortiermerkmale

Im Kapitel «Messung von Sortiermerkmalen» werden die Vorgaben für das Messen von verschiedenen Sortiermerkmalen aufgeführt und erklärt. Dies sind beispielsweise:

Äste

Der Ast wird an seinem kleinsten Durchmesser gemessen. Der Kallus (Astanläufe) um den Ast wird nicht berücksichtigt. Äste und Beulen werden an den sichtbaren Stellen des freiliegenden Stammes beurteilt



$a$  = Astdurchmesser in cm

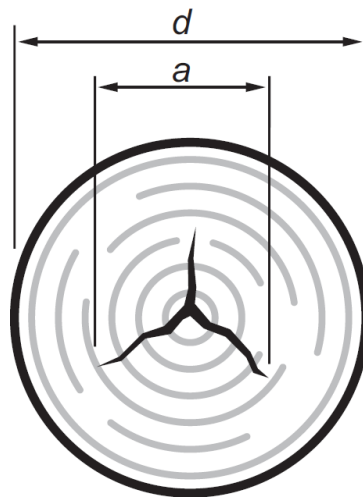
Abbildung 8: Messung der Äste (Quelle: Lignum, 2021)

Risse

Risse entstehen infolge von Spannungen (Wuchsspannungen, Wind, Frost), die bereits im lebenden Baum auftreten. Beim Fällen lösen sich die Spannungen und die Risse werden noch größer. Man unterscheidet verschiedene Arten von Rissen:

- Nach Grösse: Haarrisse, Hirnrisse, grosse Risse
- Nach Ausrichtung: gerade und schiefe Risse
- Nach Entstehung: Kernrisse, Trockenrisse, Ringrisse, Frostrisse, Kreuzrisse und Spinnerin

Messung der maximalen Rissausdehnung, gemessen in gerader Linie ausgedrückt im Verhältnis zum Stammdurchmesser an dieser Stelle. Die Angabe erfolgt in Prozenten. Achtung: Risse verändern sich mit der Zeit!



$a$  = Rissausdehnung in cm

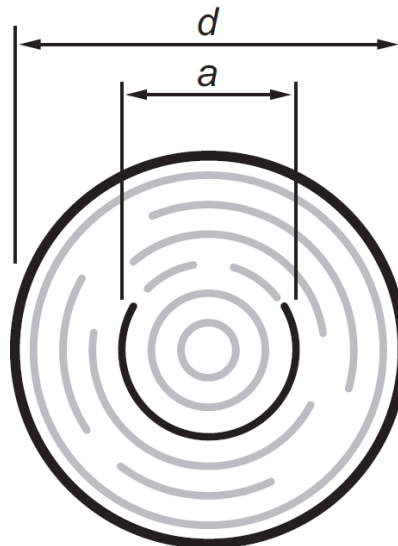
$d$  = Durchmesser in cm

$$\frac{a}{d} \times 100 = x \%$$

Abbildung 9: Messung der Risse (Quelle: Lignum, 2021)

#### Ringschäle

Messung der maximalen Ringschäle, gemessen in gerader Linie, ausgedrückt im Verhältnis zum Stammdurchmesser an dieser Stelle. Die Angabe erfolgt in Prozenten. Achtung: Ringschäle verändert sich mit der Zeit.



$a$  = max. Ringschäle in cm

$d$  = Durchmesser in cm

$$\frac{a}{d} \times 100 = x \%$$

Abbildung 10: Messung der Ringschäle (Quelle: Lignum, 2021)

#### Weitere Merkmale

Folgende weiteren Messungen werden erläutert:

- Krümmung
- Abholzigkeit
- Exzentrizität des Marks
- Ovalität
- Drehwuchs
- Kern
- Durchschnittliche Jahrringbreite
- Buchs

Die Merkmale sind detailliert im Kapitel «Einschnitt» (1. Lehrjahr) beschrieben.

#### 2.1.2. Sortierung von Rundholz

Das zweite Kapitel «Sortieren von Rundholz» fasst zusammen, welche Regeln beim Sortieren von Rundholz bzw. Stammholz gelten.

Nadel- und Laubrundholz wird bei der Sortierung nach Dimension und Verwendungszweck einer Längenkategorie und einer Verwendung zugeordnet. Anschliessend wird es nach Durchmesser und spezifischen Kriterien klassiert.

Sortieren nach  
Längenkategorien und  
Verwendungszwecken

Mit den **Längekategorien** wird die Länge eines Stammes angegeben. Grundsätzlich werden die Stämme bei Übergabe der Ware gemessen, liegt das Stammholz noch vorläufig auf einem Lager kann dies allerdings auch später erfolgen.

Für die Bestimmung der Längenkategorien wird der Stamm nach dem Entasten in der Länge gemessen. Möglich ist ebenfalls, das Rundholz gleich auf die entsprechende Länge zu bestellen z.B. für Kurzholz. Die Stämme werden dann auf das bestellte Mass abgelängt. Dies geschieht alles im Wald.

Nadelholz wird in folgende Kategorien unterteilt und sortiert:

L0	Holz	unter 3,0 m Länge
L1	Kurzholz (Trämel)	3,0–6,0 m Länge
L2	Mittellangholz	6,5–14,5 m Länge
L3	Langholz	15,0–22,0 m Länge

Beim Laubholz gibt es keine Längenkategorien. Es wird einzig eine Mindestlänge von 3 m verlangt. Bei Spezialsortimenten kann auch diese Mindestlänge ignoriert werden.

Längenzumass

Jeder Stamm muss dabei ein Längenzumass aufweisen. Als Norm gelten für Nadelholz 2% der Länge, jedoch min. 10 cm. Für Laubholz gelten 3% der Länge, jedoch min. 15 cm. Abweichende Regeln müssen separat vereinbart werden.

Verwendungszweck

Gleichzeitig mit der Längensortierung erfolgt auch eine Sortierung nach dem **Verwendungszweck**. Dies kann auch schon im Wald erfolgen, da es für die unterschiedlichen Verwendungszwecke ggf. auch unterschiedliche Abnehmer gibt. Gleichzeitig können u.a. einfache Preise definiert werden oder auch entsprechende Abnehmer gefunden werden. Damit wird das Einkaufen bzw. das Verkaufen von Rundholz effizienter gestaltet.

Verwendungszweck Nadelholz

**Nadelholz** kann nach den folgenden Verwendungszwecken sortiert werden:

ST	Stangen: Imprägnierstangen, Pfähle, Kleinstangen
FU	Furnier- oder Schälholz
PD	Produktdefiniert: z.B. Fensterkanteln, Instrumentenholz, spezielle Anwendungen
KS	Käfer- und/oder Schadholz (Bsp. Sturmholz). Dies gilt dann als Qualität in der Holzliste. Es wird mit einem eigenen Preis abgerechnet.
RT	Rotholz

SpH

Splitterholz: Holz mit Fremdkörpern (z.B. Metall und Steine) Dieses Holz wird im Wald oder im Sägewerk ferroskopiert. D.h. das Holz wird mit dem Ferroskop (Fremdkörpersuchgerät) nach Fremdkörpern abgesucht.

Verwendungs-  
zweck Laubholz

Laubholz wird nach den folgenden Verwendungszwecken sortiert:

SW

Schwellen (Bsp. Eisenbahnschwellen)

ST

Stangen: Imprägnierstangen, Pfähle

FU

Furnier- oder Schälholz

PD

Produktdefiniert: z.B. Kleinlaubholz, Instrumentenholz, spezielle Anwendungen

KS

Käfer- und/oder Schadholz (Bsp. Sturmholz)

RK

Rotkern (Buche, Esche)

SpH

Splitterholz: Holz mit Fremdkörpern (z.B. Metall und Steine)

Es können auch weitere Verwendungszwecke definiert werden, allerdings immer in Absprache mit den beteiligten Parteien.

Klammerstamm

Verfügt ein Stamm auf die ganze Länge gesehen über grosse Differenzen in der Qualität (Bsp. Schäden durch Wildverbiss auf den unteren 2 m), besteht die Möglichkeit den Stamm aufzuteilen und zwei verschiedene Qualitätsklassen zuzuordnen, z.B. in L1 und 2 A/B. Dieses Vorgehen nennt man «Klammerstamm» und muss jeweils zwingend mit den beteiligten Personen abgesprochen sein.

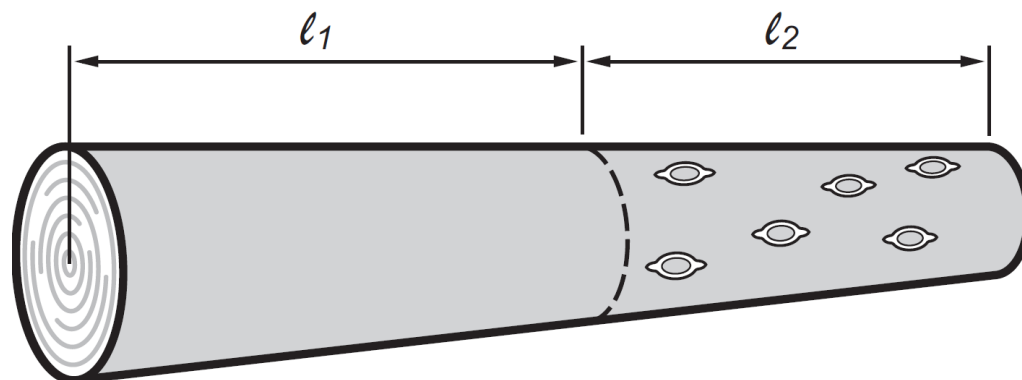


Abbildung 11: In zwei Sektionen (l1 und l2) aufgeteilter Stamm (Klammerstamm) (Quelle: Lignum, 2021)

Spezielle Verwendungs-  
zwecke

Auch sind die Regeln für das **Sortieren von Rundholz für spezielle Verwendungszwecke** definiert. Beispielsweise das Klassieren von Kleinstangen und Schwellen wird erläutert.

Kleinstangen sind junge Nadelholzstämme, welche in Pflanzungen früh aus dem Bestand entfernt werden und oft imprägniert als Pfähle oder Pfosten eingesetzt werden.



Sortieren nach  
Durchmesser

Die **Durchmesserklassen** definieren den Mittedurchmesser eines Stammes. Es gibt 7 Klassen (0–6) mit teilweise Unterkategorien (a, b). Die Unterkategorien «a» und «b» können auch weggelassen werden. Sie helfen einzig der genaueren Sortierung, sind aber oftmals zu detailliert und demnach nicht nötig.

Für die Längeklasse L3 (sehr lange) gelten zusätzliche Mindestanforderungen an den Zopfdurchmesser (siehe Kapitel Rundholzeinteilen, 2. LJ).

Die Durchmessersortierung erfolgt durch die nachfolgenden Durchmesserklassen. Gemessen wird das Rundholz unter der Rinde und angegeben wird der Mittedurchmesser. Also der Durchmesser exakt in der Mitte des jeweiligen Rundholzes.

Für **Nadel-** und **Laubholz** gelten folgende Durchmesserklassen:

0	kleiner als 10 cm
1a	10–14 cm
1b	15–19 cm
2a	20–24 cm
2b	25–29 cm
3a	30–34 cm
3b	35–39 cm
4a	40–44 cm
4b	45–49 cm
5	50–59 cm
6	60 cm und mehr

Sortieren nach  
Qualität

Für die wichtigsten in der Schweiz gehandelten Holzarten sind die Qualitätskriterien sowie die Wuchsmerkmale detaillierter definiert.

Mit den **Qualitätskriterien** werden die Stämme nach ihrer Qualität bewertet und sortiert. Dabei werden folgende Merkmale berücksichtigt:

Merkmale

- Verwachsene Äste
- Nicht verwachsene Äste
- Krümmung
- Abholzigkeit
- Drehwuchs
- Durchschnittliche Jahrringe
- Wimmerwuchs (Tanne)
- Buchs
- Markrisse
- Ringschäle
- Harzgalle (Fichte)

- Insektenschäden
- Verfärbung

Für die Qualitätseinteilung stehen grundsätzlich vier Kategorien zur Verfügung. Bei speziellen Produkten oder selten auftretenden Holzarten gibt es jedoch Ausnahmen. Die Stämme von bester Qualität bewertet man mit dem Buchstaben A. Die zweitbeste Qualität mit B, die drittbeste mit C und die schlechteste mit D. Die Definition der einzelnen Qualitäten sowie weitere Regeln (Ermessensspielraum, Klammerstamm etc.) sind in den Holzhandelsgebräuchen HG für Rohholz zusammengefasst.

#### Qualitäten

Ein Auszug aus «Schweizer Handelsgebräuche für Rohholz» zeigt, wie Qualitätsklassen für **Nadelholz** definiert werden:

#### Qualitätskriterien Nadelholz

<b>Qualität A</b>	Rundholz von überdurchschnittlicher/ausgezeichneter Qualität. Es handelt sich um astfreie Stammstücke. Sie sind fehlerfrei oder nur mit unbedeutenden Fehlern behaftet, die ihre Verwendung nur unwesentlich beeinflussen. Regelmässiger Jahringaufbau.
<b>Qualität B</b>	Rundholz von guter bis mittlerer Qualität, nicht stark astig und nicht grobastig. Ausfalläste in mässiger Anzahl geduldet. Leichter Buchs und leichter Drehwuchs erlaubt. Gerade Stammachse, nur leicht abholzig.
<b>Qualität C</b>	Rundholz von mittlerer bis unterdurchschnittlicher Qualität, mit wesentlichen Fehlern behaftet. Stark astig, grobe Äste in mässiger Anzahl, Ausfalläste, leichte Verfärbungen. Wenig Buchs und normaler Drehwuchs sind toleriert.
<b>Qualität D</b>	Sägefähiges Holz, das wegen seiner Merkmale nicht in die Qualitäten A, B, C aufgenommen werden kann. Unter anderem Holz, dessen Holzkörper von Insekten befallen wurde. Buchs erlaubt. Stark drehwüchsig.

Ähnliche Kriterien gelten für **Laubholz**, Ausnahmen oder spezielle Fälle werden in «Schweizer Handelsgebräuche für Rohholz» ausführlich beschrieben:

#### Qualitätskriterien Laubholz

<b>Qualität A</b>	Rundholz von überdurchschnittlicher/ausgezeichneter Qualität. Es handelt sich um ast- und beulenfreie Stammstücke. Gerade, kein Drehwuchs. Sie sind fehlerfrei oder nur mit unbedeutenden Fehlern behaftet, die ihre Verwendung nur unwesentlich beeinträchtigen.
<b>Qualität B</b>	Rundholz von guter bis mittlerer Qualität, mit einzelnen Ästen. Leichter Drehwuchs und leichte Krümmung toleriert.

**Qualität C**

Rundholz von mittlerer bis unterdurchschnittlicher Qualität, mit wesentlichen Fehlern behaftet. Stark astig, grobe Äste in mässiger Anzahl. Drehwuchs, Krümmung, Rot- und Braunkern sind toleriert.

**Qualität D**

Sägefähiges Holz, das wegen seiner Merkmale nicht in die Qualitäten A, B, C aufgenommen werden kann.

**Beispiel**

Gemäss den bis hierhin aufgeführten Sortierkriterien, würde ein Stamm wie folgt klassiert und sortiert werden:

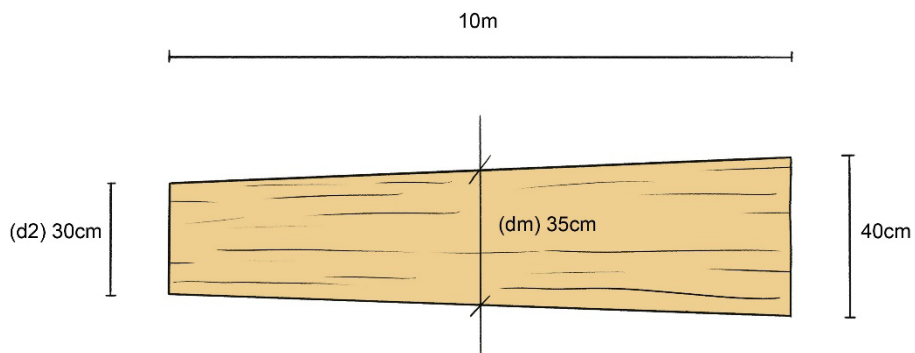


Abbildung 12: Beispiel Sortierkriterien (Quelle: HIS)

Länge	L2
Durchmesser	3(b)
Qualität	A
Verwendungszweck	PD

Ein solcher Stamm würde sich für Produkte mit hoher Qualität eignen, beispielsweise Fensterkanteln und würde entsprechen dem Verwendungszweck PD zugeteilt werden.

### 2.1.3. Sortierung von Industrieholz

Im Kapitel Sortieren von Industrieholz wird zwischen zwei Kategorien unterschieden:

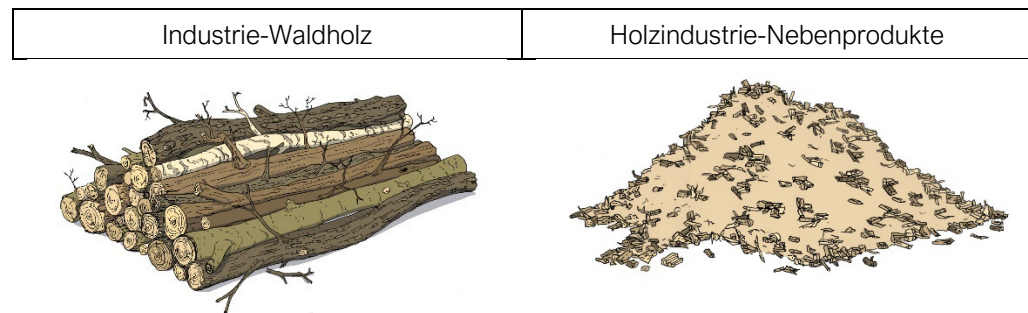


Abbildung 13: Industrie-Waldholz, Holzindustrie-Nebenprodukte (Quelle: HIS)

Industrie-Waldholz wird in den «Schweizer Handelsgebräuche für Rohholz» wie folgt definiert:

*«Industrie-Waldholz ist Rohholz, das mechanisch zerkleinert oder chemisch aufgeschlossen wird und Verwendung findet für die Herstellung von Holzschliff und Zellstoff (Grundstoffe für Papier und Karton), Span- und Faserplatten, Holzwolle und anderen industriellen Produkten.» (LIGNUM, 2021)*

Das Industrie-Waldholz wird in vier Sortimenten klassiert und sortiert:

Hauptsortimente	Offizielle Abkürzungen
Schleifholz / Refinerholz	S
Zelluloseholz	Z
Plattenholz	P
Holzwolleholz	H

Dabei wird das Industrie-Waldholz nach bestimmten Kriterien beurteilt, welche durch die HG definiert werden und im Anhang aufgeführt werden. Durch die sehr kleine Anzahl an Verarbeitern von Industrie-Waldholz in der Schweiz, findet die Sortierung nach diesen vier Sortimenten nur noch eher selten Einsatz in der Schweizer Holzindustrie.

Holzindustrie-Nebenprodukte werden in den «Schweizer Handelsgebräuche für Rohholz» wie folgt definiert:

*«Als Holzindustrie-Nebenprodukte werden Nebenprodukte der Aufarbeitung von Rundholz bezeichnet. Diese sind Rohholz, das mechanisch zerkleinert oder chemisch aufgeschlossen wird und Verwendung findet für die Herstellung von Holzschliff und Zellstoff (Grundstoffe für Papier und Karton), Span- und Faserplatten, Holzwolle, Pellets und anderen industriellen Produkten.» (LIGNUM, 2021)*

Die Nebenprodukte aus den Holzindustriebetrieben, oft auch Restholz genannt, werden als Primärprodukte definiert, die stofflich genutzt werden. Beispiele dafür sind MDF-, Faser- und Spanplatten, Holzwolle oder Produkte aus der Papierindustrie. Auf der Seite 57 werden die Regeln für die Sortierung von Hackschnitzel sowie Schwarten und Spreissel definiert.

**Raummeter:**  
Volumenmass  
von gestapeltem  
Holz inklusive  
Hohlräume

Während Hackschnitzel nach Schüttraummeter (SRm) übernommen werden, ist es bei Schwarten und Spreissel Raummeter (Rm). Beide Produkte können auch nach Atrogewicht (t atro) übernommen werden.

**Schüttraum-  
meter:** Volumen-  
mass von lose  
geschüttetem  
Holz. Die Zwi-  
schenräume sind  
deutlich grösser  
und variieren  
stärker als beim  
Raummeter

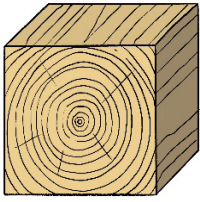



			
fm	fm ungespalten	fm gespalten	SRm
Rundholz in Festmetern	Schichtholz in Raummetern	Schichtholz in Raummetern	Hackgut in Schüttraummetern
1.0	1.4	1.6	2.5
0.7	1	1.2	1.8
0.4	0.6	0.7	1.0

Abbildung 14: Umrechnungsfaktoren für Raum- und Festmetermasse (Quelle: HIS)

Für andere Restholzsortimente werden spezielle Absprachen vorgegeben. Produkte wie Hobel- oder Sägespäne werden allerdings überwiegend in Schüttraummeter (SRm) oder Atrogewicht (t atro) übernommen und finden sehr oft Abnehmer in der Landwirtschaft (zu Streuzwecken).

#### 2.1.4. Sortierung von Energieholz

Als Energieholz werden Waren bezeichnet, welche zur Gewinnung von Energie eingesetzt werden. Dies kann einerseits in einem Kraftwerk passieren, wo Energieholz direkt verbrannt und Strom oder Wärme erzeugt. Es wird auch über die damit erzeugte Energie (kWh) abgerechnet.

Energieholz kann aber auch in der Industrie verarbeitet werden und verkauft werden (z.B. Pellets, Holzbriketts, Holzkohle).

In den «Schweizer Handelsgebräuche für Rohholz» werden die Regeln für die Sortierung der folgenden Produkte definiert:

- Rugel oder Spalten (Brennholz)
- Energieholz lang
- Sortimente für die Hackschnitzelherstellung aus der Urproduktion (Wald)
- Sortimente aus der Holzverarbeitung (Restholz aus der Industrie)
- Altholz
- Mischsortimente



### 2.1.5. Kaufmännischer Teil

In den «Schweizer Handelsgebräuche für Rohholz» werden auch die kaufmännischen Aspekte des Handels mit Rohholz beschrieben. Sie geben Auskunft auf die folgenden Fragen:

Welche Regeln gelten beim Abschliessen eines Vertrags zum Kauf oder Verkauf von Rohholz?

Was ist Teil eines gültigen Vertrags?

Vertrag und  
Vertragsabschluss

Welche Verkäufe gibt es?

Wann kommt ein Vertrag zu Stande und wann wird er bestätigt?

Was gehört in einen gültigen Vertrag?

Was kann zusätzlich in einen Vertrag eingebaut werden?

Vertragsinhalt

Was wurde durch gewisse Begriffe im Vertrag definiert?

Wo ist der Übergabeort?

Begriffe

Wer zahlt welchen Teil der Transportkosten?

Wer ist wann für die gehandelte Ware zuständig?

Welche Pflichten habe ich als Verkäufer von Rohholz?

Inwiefern hafte ich für die gehandelte Ware?

Pflichten des  
Verkäufers

In welchen speziellen Fällen muss zusätzlich deklariert werden?

Bis wann und wie muss ich die Ware bezahlen?

Wo wird dies festgehalten?

Pflichten des  
Käufers

Was gilt, wenn keine Bedingungen festgehalten sind?

Wie gehe ich beim Bemerkn von Mängeln an der Ware vor?

Wieviel Zeit habe ich, um Mängel zu melden?

Mängelrüge

Was sind meine Rechte, sollte die Ware Mängel aufweisen?

Muss ich die Ware mit Mängeln bezahlen?

Wie gehe ich vor, wenn kein Einverständnis über die Mängel vorhanden ist?

Was geschieht, wenn der gültige Vertrag nicht eingehalten wurde?

Welche Rechte habe ich, wenn der Vertrag nicht eingehalten wird?

Nichterfüllung des  
Vertrages

Kann eine Nichterfüllung trotzdem rechtsgültig sein?

Welche rechtlichen Grundlagen gelten im Import oder Export?

Die Gesetze welches Landes sind bei diesem Handel zu beachten?

Internationaler  
Handel

Wo finde ich weitere Informationen zum internationalen Handel?

### 2.1.6. Anhang

Im Anhang der «Schweizer Handelsgebräuche für Rohholz» werden viele wichtige und sehr nützliche Informationen dargestellt.

Umrechnungs-  
faktoren

So werden die branchenüblichen Umrechnungsfaktoren im Zusammenhang mit Rohholz und Restholz im Anhang A.1 aufgeführt. Mit der Hilfe dieser Faktoren kann beispielweise das Volumen eines Stammes in Gewicht oder ein Schüttraummeter Hackschnitzel in seine Festmasse umgerechnet werden.

Berechnung Was-  
ser-/Trockengehalt

Weiter werden in den Anhängen eine Übersicht über das Berechnen von Wasser- und Trockengehalten geboten (A.2).

Schönbrunner-  
Tabelle

Im Anhang A.3 findet sich die «Schönbrunner-Tabelle» für den Abzug der Rinde beim Messen von Stammdurchmesser. Diese definiert, welche Abzüge bei welcher Holzart gemacht werden. Ein Stamm wird in der Mitte gemessen (in Rinde), da aber Stammholz ohne Rinde angegeben wird, muss ein Abzug gemacht werden.

Regeln für frisches  
Rundholz

Im Anhang ebenfalls vorhanden sind Präzisierungen beim Klassieren von Industrie-Waldholz, Industrie-Restholz und Energieholz (A4–A6). Im Anhang A.7 wird der Vorgang beschrieben, beim Annehmen von Holz in Liefergewicht (lutro) und Atrogewicht. Dieser beinhaltet unter anderem:

- Definition der Übernahmeeinheit
- Ermittlung des Liefergewichts
- Ermittlung des Trockengehaltes
- Qualitätssicherung

Diese Regeln kommen beispielsweise zum Zug, wenn in einem Sägewerk frisches Rundholz angeliefert wird.

Glossar

In den Anhängen A.8 und A.9 werden die wichtigsten Begriffe in einem Glossar und die wichtigsten Abkürzungen in einem Verzeichnis zusammengefasst. Diese zwei Anhänge sind auch im grundsätzlichen Holzindustriealltag eine grosse Hilfe.

### 2.2. Erkennen von Schadorganismen

Holz als natürliches organisches Material wird unter bestimmten Umgebungsbedingungen (Temperatur und Feuchtigkeit) von Insekten und/oder Pilzen befallen. Diese nutzen das Holz entweder als «Wohnraum», als Nahrung, für die Fortpflanzung oder aus allen drei Gründen.

Dabei erfüllen sowohl Insekten wie Pilze wichtige Funktionen in Ökosystemen. Sie helfen mit, organisches Material abzubauen und die natürlichen Stoffkreisläufe zu schliessen. Sie gehören zumindest teilweise zu den Reduzenten<sup>1</sup> im Nahrungskreislauf.

---

<sup>1</sup> Reduzenten bauen organisches Material ab und machen es wieder verfügbar. So schliessen sie den Nahrungskreislauf.

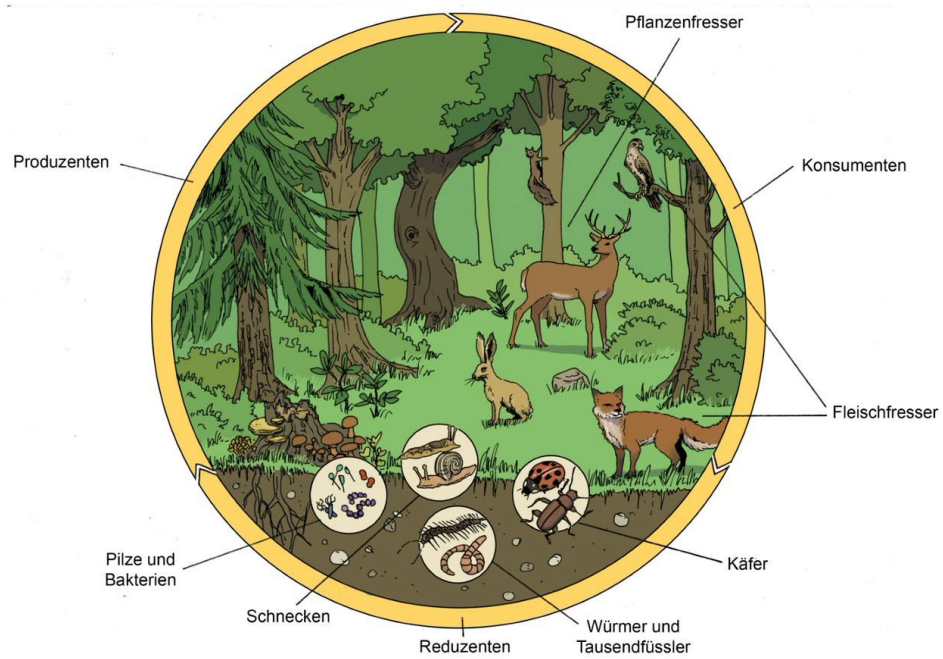


Abbildung 15: Stoffkreislauf Wald (Quelle: HIS)

So öffnen Borkenkäfer beispielsweise die schützende Rinde und ermöglichen es Pilzsporen ins Holz zu gelangen und dort zu keimen. Die Werftkäfer dringen tief ins Holz hinein und öffnen so die Pforten für holzabbauende Pilze.



Abbildung 16: Fichtenborke mit Einbohrlöchern eines Borkenkäfers (Quelle: Beat Wermelinger, WSL)

Oder es gibt Insektenarten, welche erst von Pilzen schon teilweise abgebautes Holz befallen können und den Abbauprozess weiterführen. So zum Beispiel der sehr seltene und geschützte Hirschkäfer, dessen Larven sich im Mulm von Eichenholz entwickeln. Diese Insekten werden auch «Faulholzinsekten» genannt.





Abbildung 17: Hirschkäfer (Quelle: WSL)

Andere Pilze sind sehr wichtig für Pflanzen. Die sogenannten Mykorrhizapilze («Wurzepilze») helfen den Pflanzen, Nährstoffe aufzunehmen und sorgen dafür, dass die Pflanze besser wächst. So hat beispielsweise auch jede Baumart ihren eigenen Wurzelpilz.

Das bedeutet: In der Natur sind diese Lebewesen keine Schädlinge, sondern haben ihre Funktion.



Abbildung 18: Morscher Baum mit deutlich sichtbarem Pilz- und Insektenbefall (Quelle: Stalder)

Wenn Sie nun also einen Insekten- oder Pilzbefall mit einem chemischen Schutzmittel verhindern oder beseitigen wollen, müssen Sie immer auch daran denken, dass Pilze und Insekten eine wichtige Funktion in der Natur erfüllen. Im Sinne des Umweltschutzes setzen Sie solche Mittel nur ganz gezielt und so wenig wie möglich ein.

Bei den holzbewohnenden Insekten unterscheiden wir in erster Linie zwischen «Frischholzinsekten» und «Trockenholzinsekten». Frischholzinsekten entwickeln sich in noch stehendem oder frisch gefällttem Holz. Auch ein Befall von frisch

eingeschnittenem Holz ist möglich. Trockenholzinsekten befallen das Holz meistens nach dem Einschnitt und wenn das Holz bereits verbaut ist.

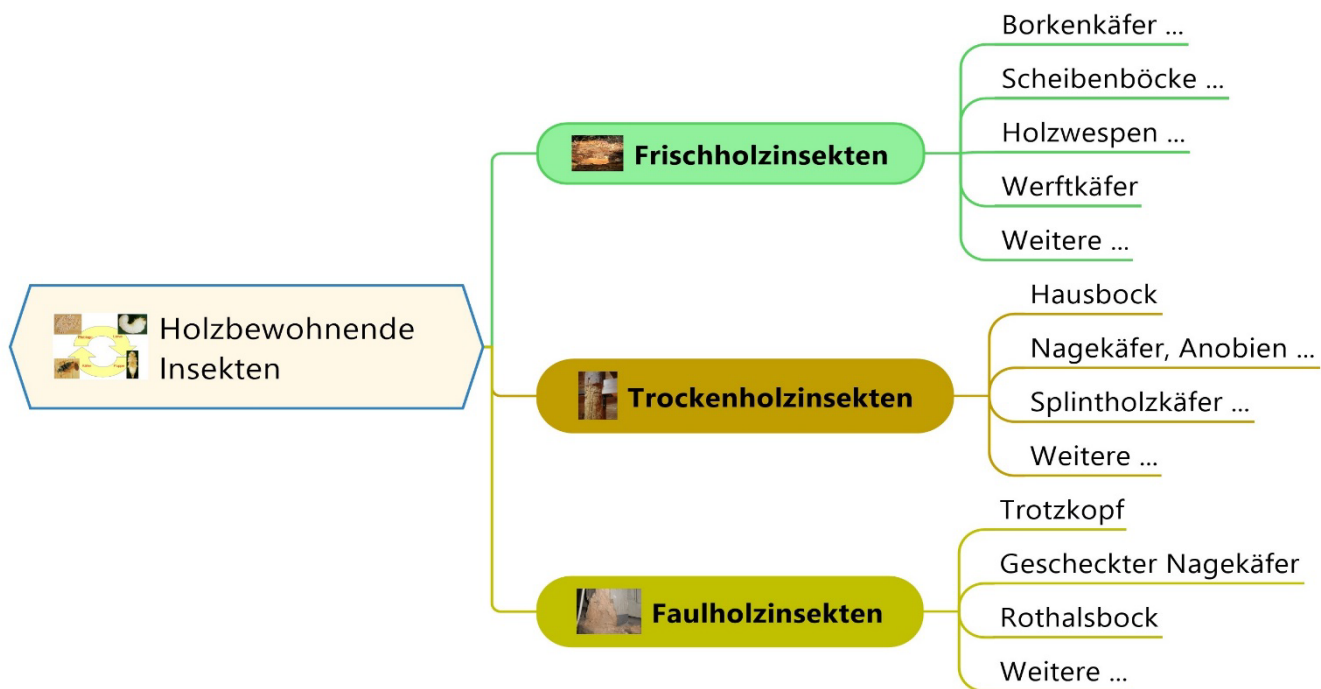


Abbildung 19: Unterteilung der holzbewohnenden Insekten (Quelle: Stalder)

Beim Rundholz sind die Frischholzinsekten massgebend.

Bei den Pilzen werden «holzverfärbende» und «holzabbauende» Pilze unterschieden.

### 2.3. Erkennen von holzbewohnenden Insekten

Insekten sind auf bestimmte Lebensbedingungen angewiesen (Temperatur, Feuchtigkeit), damit sie sich entwickeln können. Einige Insekten brüten und leben im Splint- und Kernholz, andere im Bast und/oder im Splintholz. Viele sind spezialisiert auf eine oder wenige Holzarten. Einige befallen nur Laubhölzer, andere nur Nadelhölzer oder beides. Solche Merkmale und Eigenheiten können für die Erkennung von holzbewohnenden Insekten für die Bestimmung genutzt werden.

Gute Hinweise auf die Insektenart gibt auch das Schadbild.

- Sind die Ausflugslöcher rund oder oval?
- Wie gross sind Sie?
- Gehen die Frassgänge tief ins Holz oder bleiben sie im Bast oder Splintholz?
- Ist das Frassmehl grob- oder feinkörnig (Granulierung)?
- Sind die Frassgänge gefüllt oder leer?
- Sind sie schwarz verfärbt oder nicht?

Wenn Sie die Antworten auf diese Fragen haben, schauen Sie in den folgenden Beschreibungen nach.

Schwierig ist die Unterscheidung anhand der Larven. Da braucht es schon einige Fachkenntnisse und Übung.

In der nachfolgenden Abbildung ist eine Übersicht über alle möglichen Erkennungsmerkmale ersichtlich.

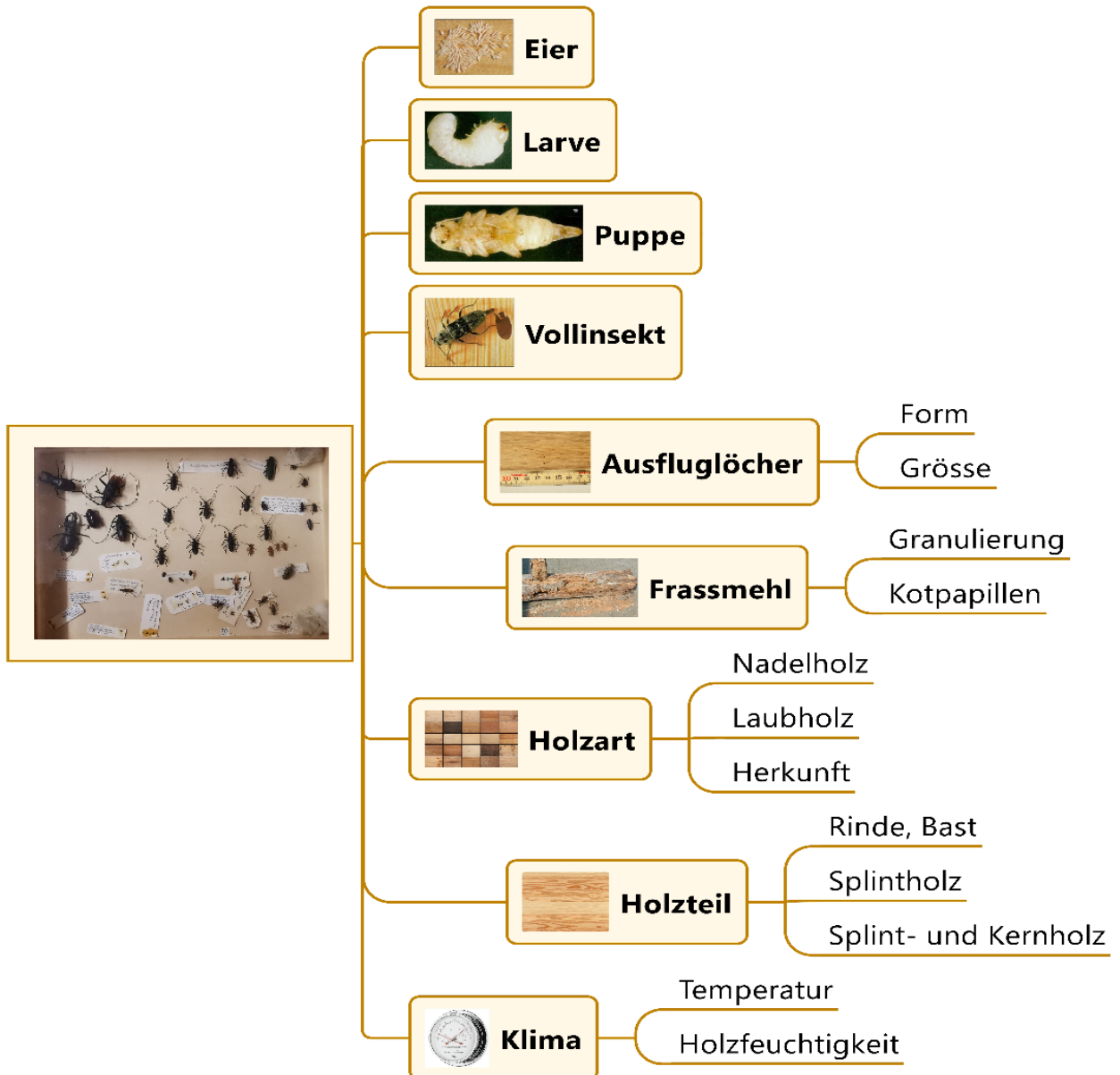


Abbildung 20: Erkennungsmerkmale von holzbewohnenden Insekten (Quelle: Stalder)

Natürlich können Sie nicht immer alle Merkmale abklären. Je mehr Sie aber herausfinden, desto genauer wird die Bestimmung.

### Wie gehen Sie nun also vor, wenn Sie einen Befall entdecken?

In der Regel ist es am einfachsten, wenn ausgewachsene Insekten gefunden werden können, die dann mit den Beschreibungen weiter unten ab Seite 45 oder einem Bild aus einem Fachbuch oder aus dem Internet verglichen werden können.

**Tipp:** Für die Suche im Internet immer die lateinischen Namen verwenden. Die sind eindeutig und liefern die besseren Resultate.



Gute Resultate liefert vielfach auch eine Bildrecherche mit einem Suchdienst im Internet. Dazu laden Sie ein gutes Bild des Käfers hoch werden und vergleichen die erhaltenen Resultate mit dem Insekt, das Sie gefunden haben.

### Beispiel:

Sie haben auf dem Rundholzplatz am Boden das unten abgebildete Insekt entdeckt und fotografieren es.



Abbildung 21: Insektensuche im Internet, Beispielfoto von Riesenholzwespe (Quelle: Stalder)

Dieses Bild laden Sie nun beispielsweise in die Bildersuchmaschine von Google hoch (Google Lens) und erhalten nachfolgendes Resultat:

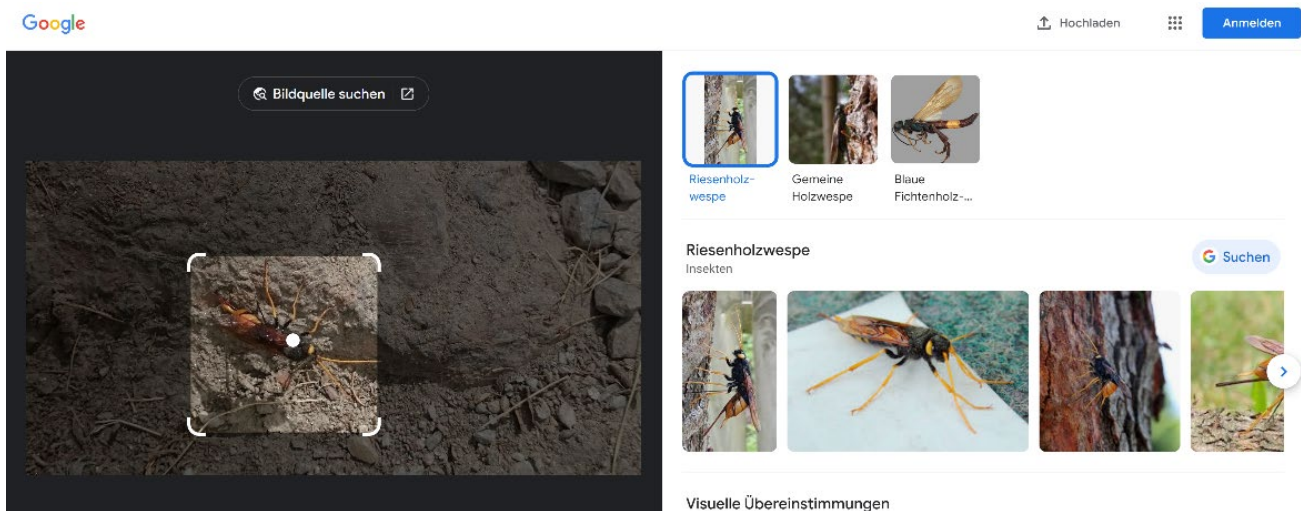
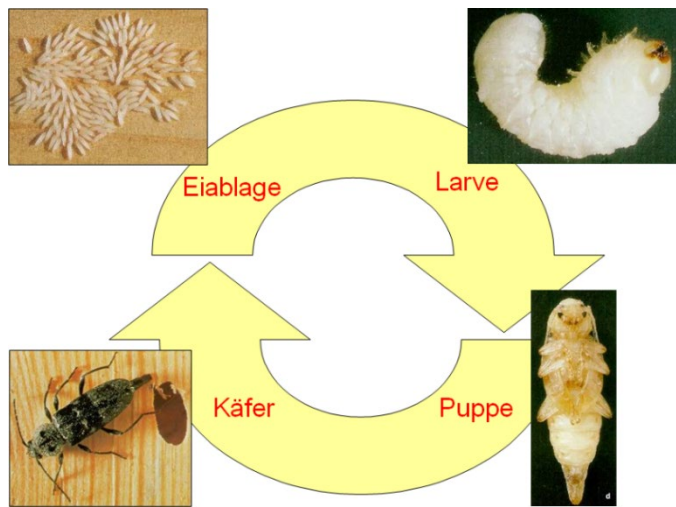


Abbildung 22: Resultat Insektensuche mit Google Lens (Quelle: Stalder, abgerufen am 27. Feb. 2023)

Als Resultat erhalten Sie in diesem Fall die Riesenholzwespe, die gemeine Holzwespe und die blaue Fichtenholzwespe vorgeschlagen. Als nächsten Schritt suchen Sie nun die anderen, beschriebenen Merkmale und vergleichen Sie mit Ihrem Fund. Sie müssen nun auch das Rundholz auf Befallsspuren (Ausfluglöcher, Fraßmehl) kontrollieren und ihren Chef informieren.

### 2.3.1. Entwicklung von Insekten



Bei der Entwicklung vom Ei zum eigentlichen Käfer durchläuft das Insekt vier Stadien: Ei – Larve – Puppe – Käfer (Vollinsekt). Sie stellen die sogenannte Generationsdauer dar, die bei den einzelnen Insektenarten unterschiedlich lang ist.

Bei vielen einheimischen Käferarten kann dieser Entwicklungszyklus mehrere Jahre dauern. Dabei sind das Ei- und Puppenstadium im Allgemeinen sehr kurz und erstrecken sich nur auf wenige Wochen oder sogar nur Tage. Auch der fertig entwickelte Käfer lebt mit meist nur drei bis fünf Wochen nicht lange. Daher ist die Lebenszeit als Larve sehr lang und kann sich über mehrere Jahre erstrecken.

Abbildung 23: Entwicklungskreislauf von holzbewohnenden Insekten (Quelle: Stalder)

#### Eiablage

Das Käferweibchen legt mit einer Legeröhre winzige Eier in kleine Risse, Spalten, alte Ausfluglöcher und auch grosse Poren des Holzes. Frischholzinsekten bohren meistens ein Loch durch die Rinde und legen ihre Eier im Bast oder im Holz ab. Von einem Weibchen werden oftmals mehrere hundert Eier produziert und gelegt.

#### Larve

Aus den Eiern schlüpfen die Larven und beginnen, sich durch das Holz zu nagen. Dabei hinterlassen sie die für jeden Käfer charakteristischen Frassgänge. Sie hinterlassen Frassmehl und arttypische Kotpartikel. Unter günstigen Lebensbedingungen und gutem Nährstoffangebot entwickeln sich die Larven rasch. Während dieser Zeit fressen sie entsprechend viel. Liegen ungünstige Umweltbedingungen bzw. Nährstoffgehalte des Holzes vor, kann sich das Larvenstadium um Jahre verlängern. In dieser Zeit fressen sie allerdings nicht sehr viel; sie kümmern vor sich hin oder sterben ab.

#### Puppe

Wenn die Larven genügend gefressen haben, erfolgt als nächster Schritt die Verpuppung. Dazu fressen sich die Larven eine sogenannte «Puppenwiege» in das Holz. Die Puppenwiege ist meistens dicht unter der Holzoberfläche. Jetzt erfolgt die Umwandlung zum Insekt.

#### Insekt

Das schlüpfende Insekt frisst sich aus dem Holz und hinterlässt ein charakteristisches Flugloch, das unterschiedlich gross ist, rund oder oval sein kann.

### 2.3.2. Frischholzinsekten

Typisch für diese Insektengruppe ist, dass sie ihre Eier in geschwächte stehende Bäume, in Rinde oder mindestens mit Bastresten gelagertes, feuchtes Rundholz und in Schwartenbrettern ablegen. Die Entwicklung einer weiteren Generation ist am bast- und rindenfreien Holz nicht mehr zu erwarten. Zu den wichtigsten Arten gehören die im Holz brütenden Borken-, Werft- und Kernholzkäfer, die braun- bis schwarzgeränderte Bohrgänge im Holz zur Folge haben.

Zwischen Rinde und Splint leben die rindenbrütenden Borkenkäfer und verschiedene Bockkäferarten (z.B. Scheibenböcke, Fichtenbock), die in der Regel nur einen kurzen, bohrmehlfreien Gang für die Puppenwiege in den Splint anlegen.

Kreisrunde Larvengänge im Holz, die sehr dicht mit Bohrmehl verstopft sind und in einem kreisrunden Ausflugloch von 4–8 mm Durchmesser enden, sind bei unseren einheimischen Nadelhölzern auf Befall durch Holzwespen zurückzuführen. Auch hier besteht keine Gefahr für eine weitere Verbreitung in trockenem Holz.

Wird Frischholz durch Insekten angegriffen, ergeben sich zumeist folgende Auswirkungen:

- Feuchtigkeit und Pilzsporen können durch die Fluglöcher eindringen.
- Falls die Insekten ihre Entwicklung erst abschliessen, nachdem das Holz verbaut wurde, können die Insekten Fluglöcher durch Isolierschichten, durch Anstriche und Kunststofffolien bohren. Auch dadurch ergeben sich neue Eintrittspforten für Feuchtigkeit und Pilze.

Bei der Holzsortierung muss befallenes Holz entsprechend der Sortiervorschriften klassiert oder ausgeschieden werden.

Auf den folgenden Seiten sind einige Frischholzinsekten kurz beschrieben und abgebildet.

**Andere Bezeichnung:**

*Trypodendron lineatum*, «Lineatus»

**Merkmale:**

Käfer: 2,5–3,8 mm lang, Flügeldecken gelbbraun, Halsschild meist schwarz, teilweise rot gelb.

**Flugzeit / Generation:**

Je nach Höhenlage März bis Mai bei 10°C Bodentemperatur resp. 16°C Lufttemperatur. Eine Generation, evtl. im Sommer eine Geschwistergeneration.

**Befallene Holzarten:**

Frisch gefällte Nadelhölzer, hauptsächlich Fichte, meist in Rinde.

**Schadbild:**

Holzbrüter. Schwarz gefärbte, durchschnittlich 3 bis 6 cm tiefe Leitergänge. Stösst kleine Bohrmehlhäufchen aus. Die Nutzholzborkenkäfer ernähren sich nicht direkt vom Holz, sondern von einem sogenannten «Ambrosiapilz», der durch das Weibchen eingeschleppt wird und die Gänge dunkel färbt.

**Gegenmassnahmen:**

- Abtransport der Stämme vor dem Flug
- Nasslagerung
- rechtzeitige chemische Behandlung von Holzlagern

**Wirtschaftliche Bedeutung:**

Neigt zur Massenvermehrung, können grosse Schäden am Nutzholz verursachen.



Ausgewachsener Käfer.



Bohrmehlhäufchen.



Gut sichtbarer Ablauf der Brutbildung an einem Stammquerschnitt: radiale Einbohr-röhre (senkrecht), davon 2 abzweigende Muttergänge entlang der Jahrringe.

Abbildung 24: (Quellen: WSL / BFH)



**Andere Bezeichnung:**

*Xylosandrus germanus*

**Merkmale:**

Käfer: Weibchen: 2,0–2,5 mm lang, schwarz glänzend. Männchen: 1,0–1,8 mm lang, hellbraun.

**Flugzeit / Generation:**

Mai bis Juni. In Europa nur eine Generation.

**Befallene Holzart:**

Eiche, Buche und andere frisch gefällte Laubhölzer. Fichte mit und ohne Rinde.

**Schadbild:**

Holzbrüter. Ausstossen des Bohrmehls in Form von gepressten weissen Würstchen. Kurze Eingangsröhre, gefolgt von einem längeren, ca. 4 mm–6 mm breiten, schwarz gefärbten Platzgang.

**Gegenmassnahmen:**

- Just-in-time Fällung: Fällen, wenn das Holz danach abtransportiert werden kann oder Fällen im Herbst und Abtransport vor dem Frühjahrsflug des Linierten Nutzholzborkenkäfers (*Trypodendron lineatum*).
- Lagerung des Rundholzes ausserhalb des Waldes.

**Wirtschaftliche Bedeutung:**

Kann massenhaft Auftreten. Technische Schäden nicht so gross wie beim linierten Nutzholzborkenkäfer.

**Besonderes:**

Alle für die Holzlagerung im Wald zugelassenen chemischen Schutzmittel wirken nicht oder ungenügend gegen diesen Borkenkäfer.

Der Schwarze Nutzholzborkenkäfer stammt aus Ostasien und hat sich in der Schweiz in den 1990er Jahren ausgebreitet.



Ausgewachsener weiblicher Käfer.



Bohrgang des Mutterkäfers mit gut sichtbarer Verfärbung durch Ambrosiapilze.



Starker Befall durch den schwarzen Nutzholzborkenkäfer.

Abbildung 25: (Quellen: WSL)

**Andere Bezeichnungen:**

*Ips typographus*

Achtzähliger Fichtenborkenkäfer

**Merkmale:**

Käfer: 4,2–5,5 mm lang, schwarzes Hals-  
schild, braune Deckflügel mit je 4 Zäh-  
nen. **Flugzeit / Generation:**

Je nach Höhenlage erste Generation von Ap-  
ril bis Juni, evtl. zweite Generation von Juli  
bis August.

**Befallene Holzarten:**

Geschwächte, stehende Nadelhölzer, vor al-  
lem Fichte.

**Schadbild:**

Rindenholzbrüter. Parallel zur Stammachse  
verlaufende Muttergänge mit senkrecht ab-  
zweigenden Larvengängen mit Puppen-  
wiege. Braunes Bohrmehl auf Rindenschup-  
pen und Bodenvegetation, Ein- oder Aus-  
bohrlöcher von ca. 2 mm Durchmesser, Ab-  
blättern der Rinde.

Gegenmassnahmen:

- Befallene Bäume vor dem Ausflug der  
Käfer fällen, aus dem Wald abführen oder  
schälen.
- Sind bereits hellbraune Jungkäfer unter  
der Rinde, muss diese gehackt oder ver-  
brannt werden.

**Wirtschaftliche Bedeutung:**

Bedeutende Schäden an kränkeldnen Fich-  
tenbeständen. Wertverminderung im Rund-  
holz jedoch gering.



Junges Käfer.



Ausgewachsener Käfer.



Typisches Brutbild mit drei Muttergängen  
(im stehenden Baum senkrecht) und  
zahlreichen Larvengängen.



Das ausgestossene braune Bohrmehl ist  
ein untrügliches Zeichen für die Frasstätig-  
keit der Käfer unter der Rinde.

Abbildung 26: (Quellen: WSL / Wikimedia  
Foundation)



**Andere Bezeichnungen:**

*Pityogenes chalcographus*,  
*Sechszähliger Fichtenborkenkäfer*

**Merkmale:**

Käfer: 1,2–2,9 mm lang, stark glänzender schwarzer Halsschild, braune Deckflügel mit je 3 Zähnen.

**Flugzeit / Generation:**

Je nach Höhenlage Mitte April bis Juni.  
Zweite und dritte Generation je nach Witterung möglich.

**Befallene Holzarten:**

Kränkeltnde Nadelholzbestände, v.a. Fichte und Kiefer.

**Schadbild:**

Rindenbrüter. Sternförmige Muttergänge mit senkrecht abgehenden Larvengängen.

Gegenmassnahmen:

Holz entrinden. Wenn bereits ein Befall da ist, sollte die Rinde gehackt oder verbrannt werden.

**Wirtschaftliche Bedeutung:**

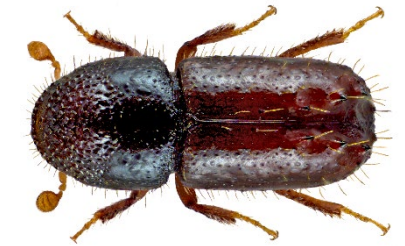
Bedeutende Schäden an kränkeltnden Fichtenbeständen. Wertverminderung im Rundholz jedoch gering.

Besonderes:

Der Kupferstecher tritt oft zusammen mit dem Buchdrucker am gleichen Baum auf.



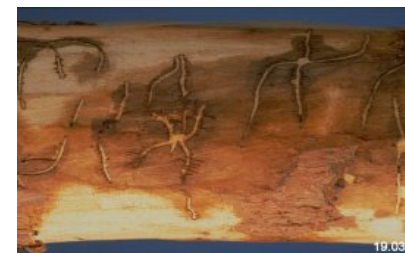
Frisch geschlüpfter Kupferstecher. Merkmal: je 3 Zähne auf dem Absturz beider Flügeldecken.



Ausgewachsener Käfer (Weibchen).



Frassbild in der Rinde.



Frassbild im Holz der Fichte.

Abbildung 27: (Quellen: WSL / BFH / Wikimedia Foundation)

Weitere rindenbrütende Borkenkäfer

Nebst den vier Hauptverursachern von Schäden gibt es noch einige Borkenkäferarten mit ähnlichem Schadbild. Nachfolgend eine Zusammenstellung der Käferarten mit den betroffenen Baumarten.

Namen	Betroffene Baumarten
Kleiner Buchdrucker <i>Ips amitinus</i> , Kleiner Achtzähniger Fichtenborkenkäfer, Achtzähniger Arvenborkenkäfer	Fichte, Arve, Bergföhre, Lärche, Tanne
Grosser Lärchenborkenkäfer <i>Ips cembrae</i> , Achtzähniger Lärchen- borkenkäfer	Europäische Lärche, Japanlärche selten an Tanne, Fichte, Arve, Douglasie
Kleiner Tannenborkenkäfer <i>Cryphalus piceae</i>	Weisstanne seltener Fichte, Lärche, Föhre, Douglasie
Krummzähniger Weisstannenborken- käfer <i>Pityokteines curvidens</i>	Weisstanne selten Lärche, Zeder, Douglasie
Sechszähniger Kiefernborke- nkäfer <i>Ips acuminatus</i>	Kiefern
Zwölfzähniger Kiefernborke- nkäfer <i>Ips sexdentatus</i>	Kiefern
Kleiner Waldgärtner <i>Tomicus minor</i>	Waldföhre weitere Föhrenarten
Grosser Waldgärtner <i>Tomicus piniperda</i>	Waldföhre, Bergföhre

**Andere Bezeichnung:**

*Sirex juvenicus* (L.).

Gemeine oder stahlblaue Holzwespe

**Merkmale:**

Wespe: Weibchen: 15–30 mm de lang, einheitlich blau-schwarz, metallisch glänzend, kurzer Legestachel.

Männchen: 8–25 mm de lang, blauschwarzer Vorderteil, rotgelbes Hinterteil.

Larve: bis 30 mm lang, weisslich, gleichmässig breit.

**Flugzeit / Generation:**

Juni bis August. Generationsdauer: 2 bis 6 Jahre.

**Befallene Holzart:**

Geschwächte Fichten, Tannen und Kiefern. Liegendes frisch gefälltes Holz in Rinde

**Schadbild:**

15–25 cm lange Bohrgänge. Puppenwiege immer nahe der Rinde. Kreisrunde, ca. 5 mm grosse Ausflugslöcher.

**Gegenmassnahmen:**

Geschlagenes Holz vor der Flugzeit der Holzwespen abführen.

**Wirtschaftliche Bedeutung:**

Kann bedeutende Schäden verursachen.



Weibliche Holzwespe (*Sirex juvenicus*) beim Einführen des Legestachels (zw. mittlerem und hinterem Beinpaar).



Larven in runden Gängen mit festgepresstem Bohrmehl.



Typische, kreisrunde Ausbohrlöcher der geschlüpften Wespen.

Abbildung 28: (Quelle: WSL)

**Andere Bezeichnung:**

*Urocerus gigas*

**Merkmale:**

Weibchen: 15–45 mm de lang, Kopf schwarz mit gelben Flecken hinter den Augen. Zylindrischer Hinterleib, unten schwarz, oben schwarz-gelb gezeichnet, langer Legestachel.

Männchen: 12–30 mm de lang, kein Legestachel.

**Flugzeit / Generation:**

Juni bis August. Generationsdauer: 2 bis 6 Jahre.

**Befallene Holzart:**

Geschwächte Fichten, Tannen und Kiefern.

**Schadbild:**

15–25 cm lange Bohrgänge. Puppenwiege immer nahe der Rinde. Runde, 4–7 mm grosse Ausflugslöcher. Die Bohrgänge sind fest mit Frassspänen gefüllt und im ungehobelten Holz schlecht sichtbar.

**Gegenmassnahmen:**

Geschlagenes Holz vor der Flugzeit der Holzwespen abführen.

**Wirtschaftliche Bedeutung:**

Kann bedeutende Schäden verursachen.



Weibchen der Riesenholzwespe beim Einbohren seines Legestachels (dünner, schwarzer Stachel unter dem Vorderkörper).



Larve der Riesenholzwespe mit dem verhornten Enddorn (rechts).



Riesenholzwespe mit Ausflugsloch. Unten mit Genagsel gefüllter Larvengang.

Abbildung 29: (Quellen: WSL / Wikimedia Foundation)

**Andere Bezeichnung:**

*Phymatodes testaceus*

**Merkmale:**

Käfer: sehr variabel in Grösse und Farbe, 6–17 mm lang. Halsschild: rötlich bis schwarz. Deckflügel rot gelb/braun-gelb/blauschwarz usw. Larven: 15–18 mm lang, weisslich.

**Flugzeit / Generation:**

Mai bis Juli. Generationsdauer: meist 1 Jahr.

**Befallene Holzarten:**

Frisch gefällte oder absterbende, noch stehende Laubhölzer, v.a. Buche und Eiche.

**Schadbild:**

Zahlreiche, breite Ernährungsgänge zwischen Bast und Splint. Bohrt eine ca. 4 cm tiefe Puppenwiege in Form eines Hakenganges in den Splint.

**Gegenmassnahmen:**

Entrinden der Stämme

Vorbeugende chemische Behandlung bei starkem Auftreten

**Wirtschaftliche Bedeutung:**

Grosse Wertverluste an Eichenstämmen wegen massenhaftem Auftreten möglich.



Ausgewachsener Käfer schwarz.



Käfer rötlich-braun.



Frassgänge, teilweise mit Frassmehl gefüllt. Die ovalen Löcher sind der Beginn der Hakengänge für die Verpuppung.

Abbildung 30: (Quellen: WSL / Wikimedia Foundation)



Blauer Scheibenbock

**Andere Bezeichnung:**

*Callidium violaceum*, Veilchenbock

**Merkmale:**

Käfer: 8–16 mm lang. Kopf, Halsschild und Flügel sind metallisch schimmernd, von violett bis blau oder blaugrün. Larven: 15–18 mm lang, weisslich.

**Flugzeit / Generation:**

Mai bis Juli. Generationsdauer: meist 1–2 Jahre.

**Befallene Holzarten:**

Frisch gefälltes, trockenes, noch berindetes Laub- und Nadelholz. Sowohl auf Stämmen wie auch auf Schwarten oder aufgeschichtetem Brennholz. Vor allem Fichte und Föhre.

**Schadbild:**

Zahlreiche, breite Ernährungsgänge zwischen Bast und Splint. Bohrt dann eine Puppenwiege in Form eines Hakenganges in das Splintholz. 6–8 mm grosse, ovale Ausfluglöcher.

**Gegenmassnahmen:**

Entrinden der Stämme

**Wirtschaftliche Bedeutung:**

Kann bei guten Bedingungen auch massenhaft auftreten.

**Besonderes:**

Der blaue Scheibenbock kann seine Entwicklung auch in verarbeitetem Holz beenden.



Der metallisch blau gefärbte Käfer.



Die gedrungene Larve in scharfkantig begrenzten Frassgängen.



Sich überkreuzende Frassgänge mit den Öffnungen der Hakengänge ins Holz.

Abbildung 31: (Quellen: WSL / Wikimedia Foundation)



**Andere Bezeichnung:**

*Tetropium castaneum* (L.), *Fichtensplintbock*

**Merkmale:**

Käfer: 9–18 mm lang, flacher Körper, braune oder schwarze Deckflügel, Antennen meist braun, Halsschild glänzend schwarz.

Larve: 15–25 mm lang

**Flugzeit / Generation:**

Mai bis August. Eine Generation pro Jahr.

**Befallene Holzarten:**

Gesunde Bäume und gefälltes Holz, vorwiegend Fichte, vereinzelt auch Kiefer und Lärche.

**Schadbild:**

Larvengänge zwischen Rinde und Splint. Bohrt eine 2–4 cm tiefe Puppenwiege in Form eines Hakenganges in den Splint.

**Gegenmassnahmen:**

Rechtzeitiges Entrinden und Abführen frisch gefällter Bäume

**Wirtschaftliche Bedeutung:**

Kann bei massenhaftem Auftreten bedeutende technische Schäden anrichten.



Der Käfer kann von hellbraun bis schwarz gefärbt sein. Die Augen sind fast zweigeteilt (Tetropium=«Vierauge»).



Die Larve im Gang mit Frassspänen.



Typisches Schadbild.

Abbildung 32: (Quellen: WSL / Wikimedia Foundation / BFH)

**Andere Bezeichnungen:**

*Monochamus sutor*, *Einfarbiger Langhornbock*, *Einfarbiger Fichtenbock*

**Merkmale:**

Käfer: 15–24 mm lang, schwarze, gelb gepunktete Deckflügel, Antennen anderthalb bis zweimal so lang wie der Körper, Halsschild ebenfalls schwarz mit zwei kegelförmigen Spitzen.

Larve: 35–40 mm lang.

**Flugzeit / Generation:**

Juni und Juli. Eine Generation pro Jahr.

**Befallene Holzarten:**

Frisch gefälltes oder vom Sturm geworfenes Nadelholz, vorwiegend Fichte.

**Schadbild:**

Zuerst Larvengänge zwischen Rinde und Splint, später bis tief ins Holz.

**Gegenmassnahmen:**

Holz vor dem Befall entrinden.

**Wirtschaftliche Bedeutung:**

Kann bei massenhaftem Auftreten bedeutende technische Schäden anrichten.



Schusterbock auf Fichtenrinde.



Larvengänge unter der Rinde und Bohrgänge im Holz.

Abbildung 33: (Quellen: Wikimedia Foundation / BFH)

**Andere Bezeichnungen:**

*Plagionotus arcuatus*

**Merkmale:**

Käfer: 15–20 mm lang, schwarzer Kopf und Flügeldecken mit 3 bis 4 gelben, geschwungenen Querstreifen. Beine und Antennen, gelbrot.

Larve: bis 40 mm lang.

**Flugzeit / Generation:**

Mai und Juni. Eine Generation pro Jahr.

**Befallene Holzarten:**

Eiablage in die Rinde liegender Eichen- oder Buchenstämme sowie in kranke Bäume. Hauptsächlich in tiefen Lagen oder in niederen Berglagen Süd- und Mitteleuropas

**Schadbild:**

Larvengänge zwischen Rinde und Splint. Diese werden stets breiter und sind mit Bohrmehl gefüllt. Bohrt eine 6–8 cm tiefe Puppenwiege in Form eines Hakenganges in den Splint.

**Gegenmassnahmen:**

Rundholz vor dem Befall entrinden.

**Wirtschaftliche Bedeutung:**

Neigt zu Massenvermehrung. In der Schweiz häufig in Buchencheminéeholz. Ein Übergreifen vom Cheminéeholz auf trockene Holzkonstruktionen ist unmöglich, da der Befall an frisches, noch berindetes Holz gebunden ist.



Käfer auf Eichenholz.



Larvengänge im Holz; bzw. im Bast.

Abbildung 34: (Quellen: Wikimedia Foundation / BFH)

**Andere Bezeichnung:**

*Hylecoetus dermestoides*

**Merkmale:**

Käfer: 10 - 18 mm lang, sehr schmal. Männchen: fast schwarz, Weibchen gelbbraun / braunrot.

Larve: schmaler Körper mit langem, spitzem Schwanz.

**Flugzeit / Generation:**

Ende Mai bis August. Generationsdauer: 1 - 3 Jahre.

**Befallene Holzarten:**

Laub- und Nadelhölzer, vorwiegend gefällte Buchen, Eichen, Fichten und Tannen.

**Schadbild:**

Holzbrüter. Schwarzgefärbte, ca. 2 mm breite Bohrgänge bis ins Kernholz. Ausstossen des Bohrmehls in Form von Bohrmehlhöfen. Kreisrunde, 3 – 5 mm grosse Ausbohrlöcher in der Rinde oder an der Holzoberfläche.

**Gegenmassnahmen:**

Abtransport des Holzes aus dem Wald vor der Flugzeit des Käfers

Trockene und luftige Lagerung auf Holzlagern

Nötigenfalls vorbeugende chemische Behandlung von gelagertem Holz

**Wirtschaftliche Bedeutung:**

Kann sich bei guten Bedingungen stark vermehren. Kann Totalschaden an Nutzholz verursachen.



Männchen und Weibchen sind unterschiedlich gefärbt.



Die Larve weist einen typischen sägeartigen Fortsatz auf. Unten der Bohrgang. Männchen und Weibchen sind unterschiedlich gefärbt.



Ausgestossenes weisses Bohrmehl in grossen Mengen.



Die Käfer hinterlassen beim Schlüpfen viele kreisrunde Löcher.

Abbildung 35: (Quellen: WSL / Wikimedia Foundation)

### 2.3.3. Neue Insektenarten

Seit einigen Jahren tauchen neue Insektenarten auf, wie beispielsweise der Asiatische Laubholzbockkäfer und der Citrusbockkäfer, welche durch unsachgemäss behandeltes Verpackungsholz (siehe ISPM 15) eingeschleppt wurden. Falls solche Insekten bei gelagertem Rundholz entdeckt werden, muss das unbedingt dem kantonalen Pflanzenschutzdienst oder dem Eidgenössischen Pflanzenschutzdienst gemeldet werden.

#### **Was tun Sie bei einem Befallsverdacht?**

- Käfer einfangen und in geschlossenem Glas- oder Metallbehälter aufbewahren
- Käfer fotografieren und auf Verwechslungen überprüfen
- Chef informieren
- rasche telefonische Meldung unter Angabe von Name, Adresse, Telefonnummer, E-Mail, genauem Fundort und Abholadresse an den kantonalen Pflanzen- oder Waldschutzdienst (Adressen unter: [www.pflanzenschutzdienst.ch](http://www.pflanzenschutzdienst.ch) > Kontakte)

In der Regel bedeutet dies eine komplette Entwertung des Rundholzes, da befallenes Holz gehackt und verbrannt werden muss, um eine weitere Verbreitung der Schädlinge zu verhindern.

Nachstehend zwei bekannte neue Insektenarten, welche immer wieder auftauchen und Schäden verursachen.



**Andere Bezeichnungen:**

*Anoplophora glabripennis*, ALB

**Merkmale:**

Käfer: 25–37 mm lang, glänzend schwarz mit ca. 20 unregelmässigen hellen Flecken auf den Flügeldecken. Die Fühler können mehr als doppelte Körperlänge erreichen.

Larve: bis 50 mm lang.

**Flugzeit / Generation:**

April bis Oktober. Generationsdauer 2–3 Jahre.

**Befallene Holzarten:**

Eiablage in die Rinde von Ahorn, Pappeln, Rosskastanie, Birken, Platanen, Buchen und weitere Laubholzarten.

**Schadbild:**

Für die Eiablage nagt die Käfer kleine Trichter in die Rinde. Die Larven fressen zuerst im Bast und dringen später ins Holz ein. Nach der Verpuppung schlüpfen die Käfer von Mai bis September aus einem kreisrunden Loch von 10–15 mm Durchmesser.

**Gegenmassnahmen:**

Ganzer Stamm muss gehackt und verbrannt werden.

Befall muss gemeldet werden.

Benachbarte Bäume im Umkreis von bis zu 500 m müssen genau auf Befall kontrolliert werden.

**Wirtschaftliche Bedeutung:**

Wird durch mangelhaft behandeltes Verpackungsholz importiert. Kann regional massenhaft auftreten.



Ausgewachsener Käfer.



Die kreisrunden Ausbohrlöcher sind rund 1 cm gross.



Zur Eiablage nagt der Käfer kleine Trichter in die Rinde. Frische Trichter zeigen einen Neubefall an.

Abbildung 36: (Quellen: WSL)



**Andere Bezeichnungen:**

*Anoplophora chinensis*, CLB

**Merkmale:**

Käfer: 25–40 mm lang, glänzend schwarz mit rund einem Dutzend hellen Flecken auf den Flügeldecken. Die Fühler können etwa doppelte Körperlänge erreichen.

Larve: bis 50 mm lang.

**Flugzeit / Generation:**

April bis Oktober. Generationsdauer 2–3 Jahre.

**Befallene Holzarten:**

Der Citrusbockkäfer hat ein sehr grosses Wirtsspektrum und befällt über 100 Laubholzarten.

**Schadbild:**

3–4 mm breite, T-förmige Schlitz in der Rinde, Austritt von Bohrspänen an Stamm-basis und Wurzelanläufen aus ovalen Löchern, runde Ausfluglöcher von 10–20 mm Durchmesser.

**Gegenmassnahmen:**

Ganzer Stamm muss gehackt und verbrannt werden.

Befall muss gemeldet werden.

Benachbarte Bäume im Umkreis von bis zu 500 m müssen genau auf Befall kontrolliert werden.

**Wirtschaftliche Bedeutung:**

Wird durch mangelhaft behandeltes Verpackungsholz importiert. Kann regional massenhaft auftreten.



Ausgewachsener Käfer.



Die Larve wird bis 5 cm gross.



Die unauffälligen, ovalen Auswurföcher der Larven in der Rinde.



Befallener Stamm mit kreisrunden Ausbohr-löcher

Abbildung 37: (Quelle: WSL)

## 2.4. Erkennen von holzbewohnenden Pilzen

Das Erkennen von Pilzen ist recht schwierig und braucht viel Erfahrung. Es gibt sehr viel verschiedene Pilzarten, welche sich in der Form, der Lebensweise, der Funktion in der Natur usw. unterscheiden.

Doch was sind eigentlich Pilze und aus was bestehen sie? In der folgenden Abbildung ist der Aufbau eines Hutzpilzes schematisch dargestellt und erklärt.

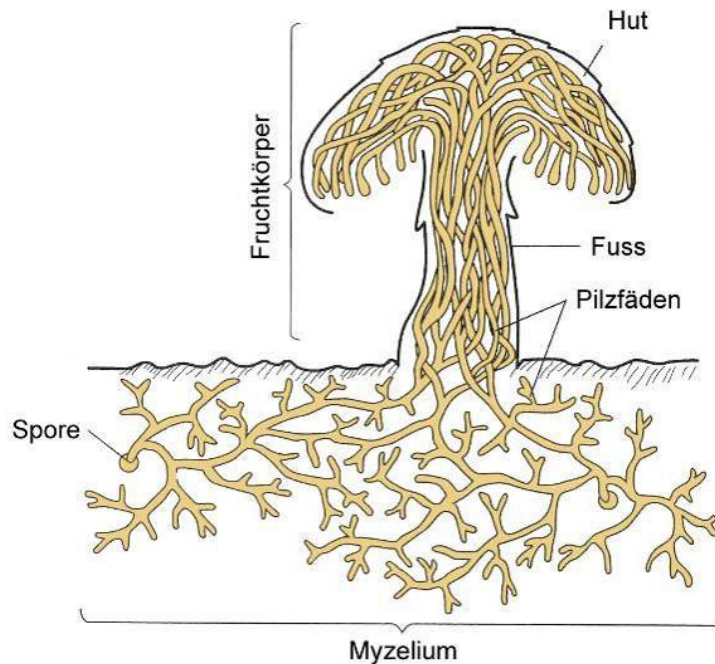


Abbildung 38: Aufbau eines Pilzes (Quelle: BFH)

Die Pilze sind aus mikroskopisch kleinen Fäden, den **Hyphen**, aufgebaut. Die Gesamtheit der Hyphen wird **Myzel** genannt. Verschiedene Pilze bilden auf dem Myzel einen Fruchtkörper aus. Die Form des Fruchtkörpers kann dabei von Art zu Art stark variieren. Die Fortpflanzung der Pilze erfolgt über die Verbreitung von **Sporen**. Die holzbewohnenden Pilze ernähren sich von organischem Material wie Lignin, Zellulose, Hemizellulose, Zucker, Stärke und Eiweisse.

Eine Einteilung, welche sich in der Praxis einigermaßen bewährt hat, ist auf der nachfolgenden Abbildung zu sehen. Hier werden die holzbewohnenden Pilze aufgrund ihres Schadbildes eingeteilt.

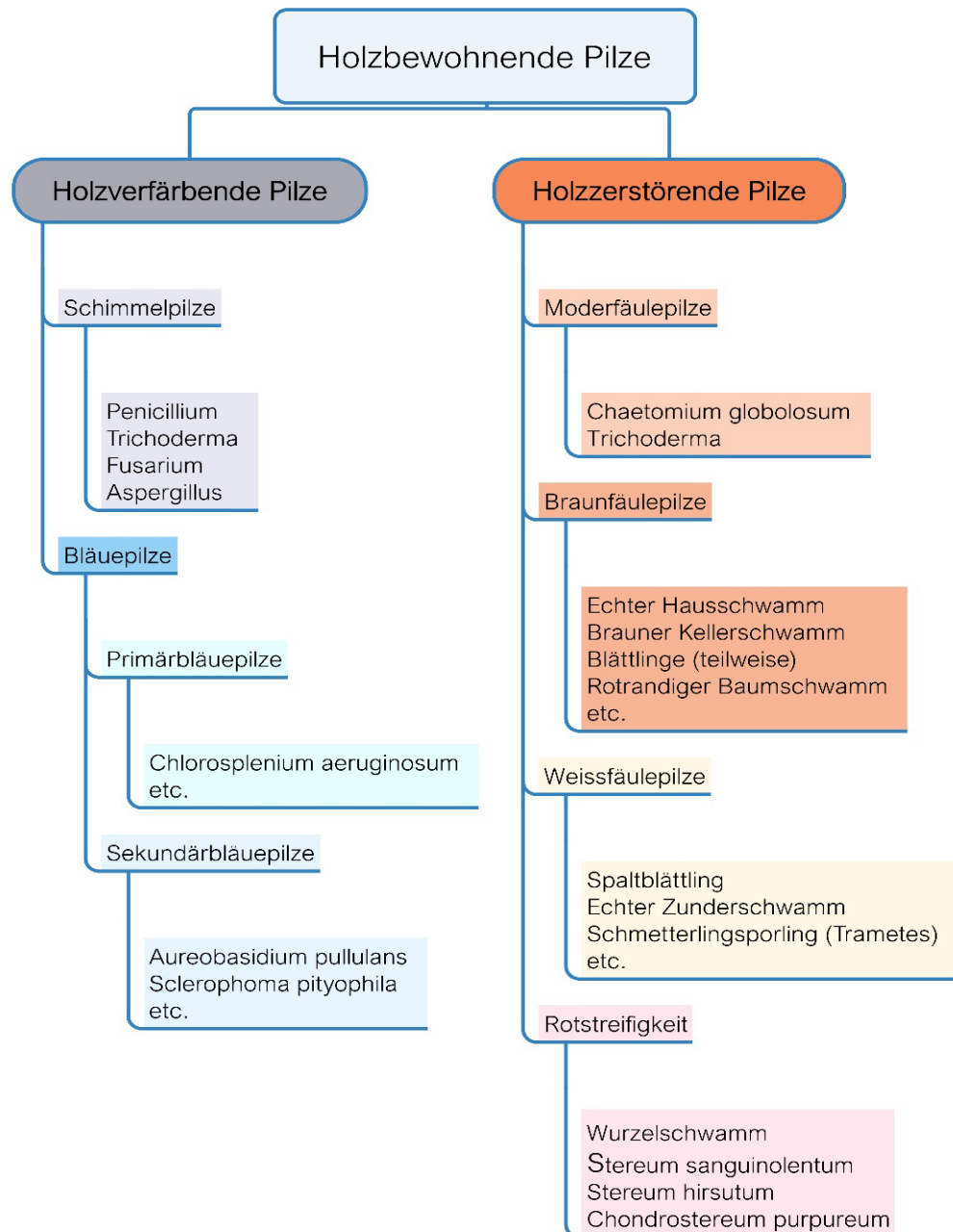


Abbildung 39: Mögliche Einteilung von holzbewohnenden Pilzen (Quelle: Stalder)

Zu jeder dieser Gruppe gibt es viele verschiedene Pilzarten, welche die genannten Schadbilder verursachen. Einige davon sind weiter unten beschrieben.

Für die sichere Bestimmung von Pilzen müssen viele Merkmale berücksichtigt werden. In der Abbildung sehen Sie eine Zusammenstellung von Merkmalen für eine genaue Bestimmung.

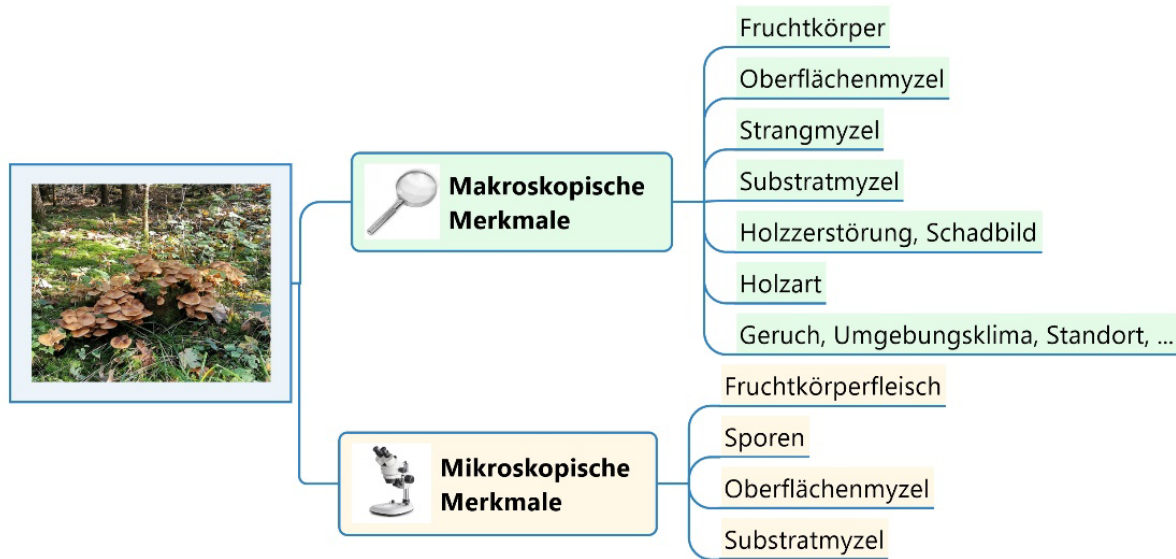


Abbildung 40: Erkennungsmerkmale von Pilzen (Quelle: Stalder)

Da Ihnen kaum ein Mikroskop für die Bestimmung zur Verfügung steht, müssen Sie sich mit den makroskopischen Merkmalen, die mit bloßem Auge oder einer Lupe zu sehen sind, begnügen. Für die Praxis reicht das normalerweise völlig aus.

So bestimmen wir beispielsweise bei den Bläuepilzen nur, ob es sich um eine Primärbläue oder Sekundärbläue handelt. Beide Schadbilder werden von Dutzenden verschiedenen Pilzarten hervorgerufen.

Dann gäbe es noch die wissenschaftliche Bestimmung mithilfe der genetischen Analyse. Mit ihr ist dann eine absolut präzise Bestimmung möglich.

#### 2.4.1. Entwicklung von Pilzen

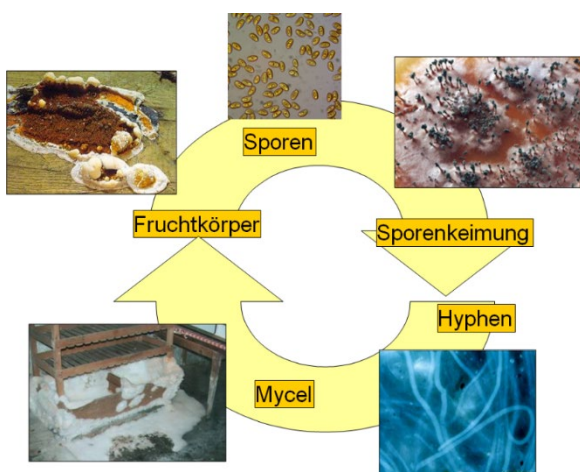


Abbildung 41: Entwicklungskreislauf von holzbewohnenden Pilzen (Quelle: Stalder)

Pilzsporen gibt es immer in der Luft. In einem Kubikmeter Luft hat es gemäss wissenschaftlichen Studien immer zwischen 1000 und 10000 Sporen. Um sich entwickeln können, brauchen Pilze also nur günstige Umweltbedingungen. Dazu gehören Sauerstoff, einen gewissen Temperaturbereich und vor allem Feuchtigkeit und natürlich einen Nährboden, das sogenannte «Substrat». Bei holzbewohnenden Pilzen ist dies logischerweise das Holz.

Der Pilz braucht die Feuchtigkeit einerseits für die Keimung der Sporen und andererseits für die Ausscheidung der Enzyme, welche das Holz oder seine Inhaltsstoffe abbauen, und drittens für den Transport der Nährstoffe.

Die Entwicklung von Pilzen kann anhand eines Kreislaufs gut dargestellt werden.

#### Sporen

Sie werden vom Fruchtkörper gebildet und sorgen für die Verbreitung des Pilzes. Pilzsporen können sehr langlebig sein und auch nach langer, inaktiver Zeit bei

guten Bedingungen noch auskeimen. Aus diesem Grund ist die Gefahr der Verbreitung durch Verschleppung der Sporen gross.

### Sporenkeimung

Wenn Sporen auf einen geeigneten Nährboden (Substrat) fallen und dazu günstige Umweltbedingungen vorhanden sind, keimen sie aus. Bei holzbewohnenden Pilzen ist das Holz das Substrat.

### Hyphen

Aus den Sporenkeimen bilden sich Pilzfäden, welche zu einem Geflecht verschmelzen und als gesamtes das Myzel bilden.

### Myzel

Die Myzelstränge machen die Nährstoffe für das Pilzwachstum zugänglich. Durch das Ausscheiden von Enzymen<sup>2</sup> lösen sie Zellinhaltsstoffe oder Zellwandsubstanzen des Holzes auf. Sie sind somit verantwortlich für die eigentlichen Schäden und kommen sowohl im Innern wie auch auf der Holzoberfläche (Oberflächenmyzel) vor.

### Fruchtkörper

Fruchtkörper erscheinen meistens als gut sichtbare schwammartige Gebilde, die aber nur ein Teil des Pilzes sind. Wird dieser entfernt, geht die Holzzerstörung durch das Myzel gleich weiter. Der Fruchtkörper erzeugt im Innern oder auf der Oberfläche Sporen, über die sich die Pilze fortpflanzen. Der Kreislauf ist somit geschlossen.

Mit Ausnahme der Sporenkeimung dienen alle diese Bestandteile und Entwicklungsstufen auch als Erkennungsmerkmale für die Bestimmung von Pilzen.

Nachfolgend sind von einigen Pilzarten oder Pilzgruppen die beobachteten Umweltbedingungen aufgeführt. Je nach Quelle bestehen teilweise beträchtliche Unterschiede in den Angaben.

Pilze	Holzfeuchtigkeit in %	Temperaturbereich in °C (optimal)
Braunfäulepilze generell	mind. ca. 25 opt. ca. 50–60	18–31
Echter Hausschwamm	mind. 20 opt. ca. 30–40	18–22
Weiss- und Moderfäulepilze	mind. 30 opt. 40–70	18–28
Rotstreifigkeit	Mind. 30	18–28
Schimmelpilze	mind. 18 opt. 25–70	24–28
Bläuepilze	mind. 30 opt. 30 - 80	ca. 5–35

---

<sup>2</sup> Enzyme sind Stoffe, welche beispielsweise helfen, andere Stoffe aufzulösen. So helfen Enzyme auch uns bei der Verdauung der Nahrung.



Es ist gut zu sehen, dass viele Pilzarten sich im Bereich der Fasersättigung ( $u = 28\text{--}32\%$ ) gut entwickeln können. Wenn diese Bedingungen über einen längeren Zeitraum gegeben sind ( $> 6$  Monate), kann sich ein schädlicher Pilzbefall entwickeln.

Es muss also dafür gesorgt werden, dass Holz nicht allzu lange gelagert wird. Wenn das nicht vermieden werden kann, muss das Holz entweder in einem Nasslager gelagert werden oder es muss eine vorbeugende chemische Behandlung in Betracht gezogen werden.

In Bezug auf die Temperatur ist eine Entwicklung von  $-2.5^{\circ}\text{C}$  und  $42^{\circ}\text{C}$  möglich. Bei höheren Temperaturen kann das Mycel zerstört werden.

### **Mehrere Fäuletypen am gleichen Holz**

Die verschiedenen Fäuletypen können gleichzeitig oder aufeinander folgend am selben Holzstück auftreten. Verschiedene Pilzarten und unterschiedliche Fäuleformen bauen das Holz parallel oder zeitlich gestaffelt ab. Das erschwert eine eindeutige Erkennung zusätzlich.



Abbildung 42: Braunfäule (oben) und Weissfäule (unten) am selben Holzstück (Quelle: Wikimedia Foundation)

### 2.4.2. Schimmelpilze



Abbildung 43: Schimmelpilze auf Dachschalung (Quelle: advisan.net)

Bei Schimmelbefall entwickeln sich mikroskopisch kleine Pilze an der Oberfläche des feuchten Holzes. Die Pilze dringen nicht ins Holz ein, sondern verändern nur die Farbe an der Oberfläche. Sie zerstören das Holz nicht, da sie weder Lignin noch Zellulose abbauen. Sie sind ein guter Feuchtigkeitsindikator und zeigen dadurch ein für holzerstörende Pilze günstiges Klima an.

### 2.4.3. Bläuepilze

Die Bläuepilze verändern die Holzfarbe. Die dunklen Hyphen entwickeln sich in den Zellhohlräumen. Die Bläue (sichtbare Auswirkung des durch den Pilz verursachten Schadens) findet sich vorwiegend in Fichten-, Tannen-, oder Föhrenholz, und zwar in der Splintzone. Diese Pilze greifen nicht das Holz (Zellwände) selbst an, sie ernähren sich nur von Holzinhaltsstoffen (Stärke und Zucker), der Zellhohlräume. Man unterscheidet zwei Bläuearten: die Primärbläue und die Sekundärbläue.

Die **Primärbläue** findet sich am Splintholz frisch gefällter Bäume und auf Schnittholz.





Abbildung 44: Primärbläue im Splint bei zwei Nadelholzscheiben (Quelle: Stalder)

In der Abbildung ist gut zu sehen, wie die Bläuepilze radial entlang der Markstrahlen ins Holz eindringen und das Splintholz blauschwarz verfärben.

Primärbläue tritt vielfach ein, wenn Rundholz zu lange gelagert wird. Beispielsweise wenn im Winter geschlagene Kiefern bis weit in den Frühling in einem Rundholzpolter im Wald liegenbleiben. Idealerweise wird deshalb das Holz verarbeitet, bevor die Entwicklungsbedingungen für Bläuepilze vorteilhaft sind.

Die Primärbläue ist, wie gesagt, lediglich ein optischer Schaden und verblaute Stämme werden entsprechend den Handelsgebräuchen klassiert.

Eine **Sekundärbläue** bildet sich, wenn Holz nach der Trocknung wieder längere Zeit der Feuchtigkeit ausgesetzt wird. Das bedeutet, dass diese Pilze eigentlich nur beim Schnittholz vorkommen.



Abbildung 45: Sekundärbläue links an einem Nadelholz, rechts an Laubholz (Quelle: Stalder)

Die Bläuepilze haben nur eine geringe Auswirkung auf die mechanischen Holzeigenschaften. Da das verblaute Holz aber mehr Wasser aufnimmt, können Bläueerreger den Befall durch holzerstörende Pilze fördern. Zudem haften Anstriche schlecht auf verblautem Holz und die Farbschichten können durch das Wachstum der Myzelien zerstört werden. In diesem Fall spricht man auch von Sekundär- oder «Anstrichsbläue».



Abbildung 46: Sekundärbläue (Anstrichbläue) an einem Vordach durch dauernde Kondensatbildung im Herbst und Winter (Quelle: Kolb)

Auch wenn Bläuepilze das Holz nicht in seiner Struktur schädigen, führen sie trotzdem zu einer optischen Entwertung des Holzes. Ausserdem sind sie, wie die Schimmelpilze, ein sicheres Zeichen dafür, dass ein pilzfreundliches Klima vorliegt.

#### 2.4.4. Rotstreifigkeit

Zu Beginn des Befalles ist der Schaden nur ästhetischer Art, doch bei fortschreitender Ausbreitung und Aktivität werden durch Enzyme<sup>3</sup> zuerst das Lignin und später die Zellulose abgebaut, was die Biege- und Druckfestigkeit stark reduziert. Das heisst, die Rotstreifigkeit ist eigentlich eine Weissfäule in einem frühen Stadium. Die Rotstreifigkeit tritt bei längerer Lagerung von Rundholz auf. Die Entwertung des Holzes ist gross.

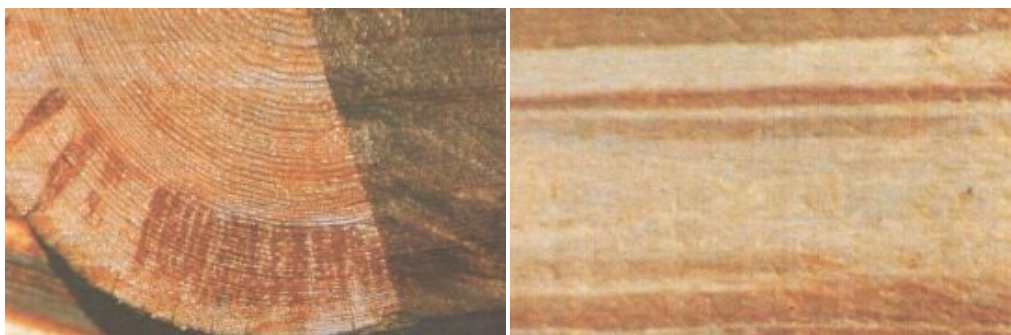


Abbildung 47: Rotstreifigkeit im Querschnitt eines Stammes und im Schnittholz (Quelle: BFH)

<sup>3</sup> Enzyme sind Stoffe, welche chemische Reaktionen beschleunigen. Im Fall der Pilze helfen sie, die Lignin- oder Zellulosemoleküle aufzuspalten und daraus Moleküle zu schaffen, welche der Pilz als Nahrung verwerten kann. Auch wir Menschen brauchen Enzyme um die Nahrung zu verdauen.



Für die Rotstreifigkeit verantwortlich sind verschiedene Pilze und Ursachen. Einerseits werden sie am liegenden oder lagernden Holz vor allem durch die folgenden Pilzarten verursacht:

- *Chondrostereum purpureum* (Violetter Knorpelschichtpilz)
- *Stereum sanguinolentum* (Blutender Nadelholz-Schichtpilz)
- *Stereum hirsutum*<sup>4</sup> (Striegeliger Schichtpilz)

In den nachfolgenden Bildern sehen Sie Beispiele von mit diesen Pilzen befallenes Rundholz.



Abbildung 48: *Chondrostereum purpureum* = violetter Knorpelschichtpilz (Quelle: Wikimedia Foundation)

---

<sup>4</sup> Auch bei den Pilzen empfiehlt es sich, die wissenschaftlichen Namen für die Suche im Internet zu verwenden. Man erhält bessere und genauere Resultate.





Abbildung 49: Stereum sanguinolentum = Blutender Nadelholz-Schichtpilz (Quelle: Wikimedia Foundation)



Abbildung 50: Stereum hirsutum = Striegeliger Schichtpilz (Quelle: Wikimedia Foundation)

Als Gegenmassnahme kann das Holz im Nasslager mit Wasser berieselt werden, um die Holzfeuchtigkeit so hochzuhalten, damit es für die Pilze keine günstigen Entwicklungsbedingungen gibt.



### Andere Ursachen

Rote Streifen im Holz können auch durch einen Befall am stehenden Baum durch einen Wurzelschwamm oder durch eine Hallimaschart verursacht werden. Das geschieht vielfach bei Fichten, wenn durch eine Verletzung der Rinde im Wurzelbereich (Flachwurzler) Pilzsporen in den Baum eindringen können und dort keimen.



Abbildung 51: Links Fruchtkörper des Hallimaschs, rechts Fruchtkörper eines Wurzelschwamms (Quelle: Wikimedia Foundation)

Dann erscheint die rötlich-braune Verfärbung eher im Innern des Stammes. Diese Verfärbung geht dann später in Kernfäule über und das Holz verliert an Festigkeit.



Abbildung 52: Schadbilder von Kernfäule und Rotstreifigkeit ausgehend von Wurzelschwamm oder Hallimasch an Fichtenholz (Quelle: Stalder)

Das Schadbild beider Pilze kann aber auch völlig anders aussehen. So können der Wurzelschwamm und Hallimasch auch eine sogenannte «Weissfäule» oder «Weisslochfäule» verursachen.



Abbildung 53: «Weissfäule», «Weisslochfäule» an Fichte (Quelle: Wikimedia Foundation)

Einen Befall mit dem Hallimasch kann in gewissen Fällen auch am weissen Myzel direkt unter der Rinde erkannt werden.



Abbildung 54: Weisse Myzelmatten des Hallimaschs unter der Rinde (Quelle: WSL)

Das mit Rotstreifigkeit befallene Holz muss je nach Fortschritt der Zerstörung entsprechend klassiert werden. Nagelfeste Teile können noch für spezielle Anwendungen eingesetzt werden, z.B. Sargbau.



Wenn die Festigkeit des Holzes durch den Befall bereits beeinträchtigt ist, müssen die betroffenen Stammteile grosszügig weggeschnitten werden, da sich das Myzel auch noch in scheinbar «gesundem» Holz befinden kann. Die feinen Pilzfäden (Hyphen) können kaum von blossen Auge entdeckt werden.

#### 2.4.5. Braunfäule oder Destruktionsfäule

Bei der Braunfäule wird in erster Linie die Zellulose im Holz abgebaut. Übrig bleibt das braune Lignin. Wenn das Holz trocknet, bildet sich die typische würfelartige Struktur. Das abgebaute Holz kann zwischen den Fingern zu feinem Pulver zerrieben werden.



Abbildung 55: Braunfäule im Stammquerschnitt und bei einer Parkbank (Quellen: Wikimedia Foundation / Stalder)

Die Braunfäule wird durch verschiedene Pilzarten verursacht. Sie kann sowohl am lebenden Baum als auch an totem, z.B. verbautem Holz entstehen. Sie kommt überwiegend an Nadelholz vor. Pilzarten, die Braunfäule am lebenden Baum verursachen, sind der Lärchenporling (*Laricifomes officinalis*), der Schwefelporling (*Laetiporus sulphureus*), der Fichtenporling oder Rotrandige Baumschwamm (*Fomitopsis pinicola*), die Ochsenzunge (*Fistulina hepatica*), der Bittere Saftporling (*Spongiporus stipticus*) und viele andere.



Abbildung 56: Links rotandiger Baumschwamm, rechts Schwefelporling (Quelle: Wikimedia Foundation)

Braunfäule bedeutet eine komplette Entwertung des Holzes. Mit Braunfäule befallene Stammteile müssen deshalb ebenfalls grosszügig weggeschnitten werden, um auch nicht mit blossen Auge sichtbare Hyphen zu erwischen.

#### 2.4.6. Weissfäule oder Korrosionsfäule.

Weissfäule tritt meist schon am lebenden Baum auf. Sie ist aber auch an feucht lagerndem Holz und an verbaute Holz in Gebäuden zu finden. Mehrheitlich wird Laubholz befallen. Die dafür verantwortlichen Pilze benötigen eine recht hohe Holzfeuchtigkeit. Zu den häufigsten Weissfäulepilzen gehören die Pilze des Typs *Trametes*, die Feuerschwämme und Zunderschwämme.



Abbildung 57: Pilze der Gattung *Trametes versicolor* (Schmetterlingsporling) (Quelle: Wikimedia Foundation)

Bei der Weissfäule wird zuerst das Lignin abgebaut. So ergibt sich die typische faserige Struktur des befallenen Holzes. Das Holz nimmt eine hellen bis weisslichen Farbton an. Der Befall zeigt sich jedoch in verschiedenen Formen und Ausprägungen. In einem zweiten Schritt baut der Pilz dann auch die Zellulose ab.

In den folgenden Abbildungen werden Beispiele von mit Weissfäule befallenen Hölzern gezeigt.



Abbildung 58: Weissfäule an einem Eichenpfosten (Quelle: Wikimedia Foundation)

Bei der sogenannten «selektiven Weissfäule» wird am Anfang besonders das Lignin abgebaut. Wenn dies nur punktwise geschieht, wird dies als «Weisslochfäule» bezeichnet.





Abbildung 59: Weisslochfäule durch den Kiefern-Feuerschwamm verursacht (Quelle: WSL)

Bei mit Weissfäulepilzen befallenem Laubholz zeigt sich ein Befall vielfach durch dunkle Linien im Holz, welche das gesunde vom befallenen Holz abgrenzen.



Abbildung 60: Laubholz mit Weissfäulebefall. Gut sichtbar: die Abgrenzung zwischen gesundem und befallenem Holz (Quelle: Stalder)

#### 2.4.7. Moderfäule

Moderfäulepilze brauchen eine hohe bis sehr hohe Holzfeuchtigkeit, um sich zu entwickeln. Moderfäule entsteht daher meist an Holz, das ständig einer hohen Feuchtigkeit ausgesetzt ist. Das kann passieren, wenn das Holz Erdkontakt hat oder an einem ungünstigen Lagerplatz gelagert wird. Die Moderfäulepilze sind in der Lage, auch unter extremen Bedingungen wie hoher Wassersättigung bei gleichzeitig geringem Sauerstoffgehalt Holz abzubauen. Das Schadbild der Moderfäule sieht ähnlich aus, wie das der Braunfäule, da auch in erster Linie die Zellulose abgebaut wird und das Lignin übrigbleibt.



Abbildung 61: Von Moderfäule abgebautes Holzstück mit dem typischen feinstrukturierten Würfelbruch (Quelle: Wikimedia Foundation)

Die Moderfäule geht immer von der Oberfläche aus und dringt meist nur wenige Millimeter tief ein. Die Oberfläche von moderfaulem Holz ist im feuchten Zustand schmierig und dunkel verfärbt (Vergrauung). Das Holz wirkt modrig-weich, es lässt sich mit dem Fingernagel eindrücken. Nach Austrocknung nimmt die Holzoberfläche eine würfelbrüchige Struktur an. Sie unterscheidet sich von der Braunfäule durch eine deutlich feinere Struktur, das heisst, die Würfel sind kleiner.

## 2.5. Schutz des Rundholzes vor einem Befall mit Insekten oder Pilzen

Idealerweise würde geschlagenes Holz kurz nach dem Einschlag aus dem Wald transportiert und im Sägewerk weiterverarbeitet. Das ist aber aus verschiedenen Gründen nicht immer möglich:

- Winterfällung: Das meiste Holz wird in den Wintermonaten gefällt, das Sägewerk braucht aber das ganze Jahr über gleichmässig viel Holz.
- Durch einen Sturm fällt eine grosse Menge an Holz an. Aus Kapazitätsgründen kann nicht alles gleichzeitig verarbeitet werden.

Wie in den vorhergehenden Kapiteln einige Male erwähnt, können sich Pilze und Insekten bei günstigen Umweltbedingungen (Temperatur und Holzfeuchtigkeit) entwickeln. Dies kann passieren, wenn Rundholz längere Zeit liegen bleiben muss.

Holz bewohnende Insekten suchen sich dann einen geeigneten Platz, um ihre Eier abzulegen und Pilzsporen beginnen zu keimen.

Man muss also versuchen, diese günstigen Umweltbedingungen zu verhindern. So wurden verschiedene Methoden entwickelt, um Rundholz länger lagern zu können, ohne dass es Schaden nimmt und an Wert verliert.

- **Lagerung in Rinde:** Holz, das vor November oder nach Februar geschlagen wird, in grossen Poltern lagern, da in dieser Zeit die kleinste Gefahr des Befalls durch Werft- und Nutzholzborkenkäfer besteht.



Abbildung 62: Rundholzpolter (Quelle: WaldSchweiz)



- **Lagerung ohne Rinde:** Holz wird vor dem Flug der Insekten entrindet, so dass Borkenkäfer und Scheiben- oder Fichtenböcke keine Möglichkeit haben, sich einzunisten. Dafür besteht eine grössere Gefahr für Befall mit Bläuepilzen und bei sehr trockenem Wetter kann es Risse im Holz geben.
- **Lagerung ohne Rinde in Trockenpolter:** In gut durchlüfteten Poltern wird die Feuchtigkeit so schnell gesenkt, dass das Risiko von Insekten- und Pilzbefall sinkt. Es besteht jedoch das Risiko von Rissbildung durch zu schnelle Trocknung.



Abbildung 63: Trockenlager (Quelle: FVA/Wonsack)

- **Zudecken der Polter mit Kunststofffolie:** Damit bleibt die Holzfeuchtigkeit für längere Zeit so hoch, dass ein Pilz- und Insektenbefall minimiert wird.
- **Nasslagerung:** Da wird durch dauerndes Berieseln die Holzfeuchtigkeit so hoch wie möglich gehalten. Mit dem Nasslagern kann Holz sehr lange gelagert werden. Es braucht jedoch viel Wasser und geeignete Standorte.



Abbildung 64: Nasslager in Ossingen im Anfangsstadium (Quelle: Winkler)

- **Biologische Bekämpfung:** Bei der biologischen Bekämpfung werden andere Lebewesen wie Räuber, Parasiten, Mikroorganismen, Viren oder Pilze eingesetzt, um die Schädlinge zu dezimieren oder einen Befall zu verhindern. Weiter werden auch sogenannte Lockstoffe (das sind Duftstoffe) eingesetzt, um die Schädlinge entweder anzulocken und in Fallen zu fangen oder das Holz damit für die Holzschädlinge unattraktiv zu machen.
- **Behandlung von Rundholz mit chemischen Schutzmitteln:** Wenn die anderen Möglichkeiten nicht zur Verfügung stehen, kann an geeigneten Standorten eine Behandlung mit Pflanzen- oder Holzschutzmitteln gegen holzbrütende Insekten durchgeführt werden. Mittel gegen Insekten werden «Insektizide» genannt (-id = Gift!).



Abbildung 65: Mit Pflanzenschutzmittel behandeltes und markiertes Rundholz (Quelle: Grubenmann)

### 2.5.1. Gesetze und Verordnungen im Zusammenhang mit dem Umweltschutz und der Verwendung von Pflanzen- und Holzschutzmitteln

#### Gesetze

Zum Schutz der Umwelt besteht heute eine Vielzahl von Vorschriften, die auch beim Bauen zu beachten sind. Denn in einem modernen Betrieb soll weder die Gesundheit der Mitarbeitenden noch die Umwelt über Massen belastet werden. Auch sind Belästigungen, beispielsweise durch unnötigen Lärm, so weit als möglich zu vermeiden oder zu vermindern.

Das Kapitel «Gefährliche Arbeiten und Notfälle» im Lehrmittel des 1. Lehrjahres bietet einen umfassenden Einblick in die Thematik und wir empfehlen Ihnen, dieses Kapitel vor dem Durcharbeiten der folgenden Seiten nochmals zu repetieren.

Die nachstehenden Gesetze und Verordnungen bilden den Rahmen für den sicheren und umweltschonenden Umgang mit Pflanzen- und Holzschutzmitteln.

Im **Umweltschutzgesetz** und **Gewässerschutzgesetz** stehen die grundlegenden Richtlinien, um die Umwelt und die Gewässer zu schützen und ihre Funktionen zu erhalten. Alle Gesetze und Verordnungen in diesem Zusammenhang beginnen mit der Nummer «814».



Das **Chemikaliengesetz** gibt den Rahmen im Umgang mit gefährlichen Stoffen. In der Schweizer Rechtssammlung beginnen alle Erlasse, welche mit dem Schutz der Gesundheit des Menschen zu tun haben, mit der Nummer «813».

Das **Landwirtschaftsgesetz** bildet die Basis für die Pflanzenschutzmittelverordnung.

Das **Waldgesetz** hat den Zweck, den Wald in seiner Fläche und in seiner räumlichen Verteilung zu erhalten, den Wald als naturnahe Lebensgemeinschaft zu schützen und dafür zu sorgen, dass der Wald seine Funktionen, namentlich seine Schutz-, Wohlfahrts- und Nutzfunktion (Waldfunktionen) erfüllen kann.

Im Zusammenhang mit dem Arbeiten mit gefährlichen Stoffen kommen auch noch das **Arbeitsgesetz** (ArG) und das **Unfallversicherungsgesetz** (UVG) zur Anwendung. Das Arbeitsgesetz regelt neben dem Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz (insbesondere Arbeitshygiene, Ergonomie) die Arbeitszeiten, die Arbeitsräume und deren Einrichtungen, die Fluchtwege und weitere Fragen. Das UVG ist primär ein Sozialversicherungsgesetz, welches die Bezahlung der Heilungskosten und allfällige Entschädigungen (Renten, Integritätsentschädigungen) bei Unfällen und Berufskrankheiten regelt. Zusätzlich enthält das UVG ein Kapitel über die Arbeitssicherheit und die Berufskrankheitenprophylaxe.

### Verordnungen

Die verschiedenen Gesetze geben nur den Rahmen und die allgemeingültigen und langfristigen Regeln vor. Die Ausführungsbestimmungen zu den einzelnen Themen werden in zahlreichen Verordnungen geregelt.

- Die **Chemikalienverordnung** (ChemV, SR 813.11) regelt die Pflicht der Herstellerin zur Selbstkontrolle, Klassifizierung, Kennzeichnung, Verpackung der Produkte und die Meldepflicht.
- Die **Biozidprodukteverordnung** (VBP, SR 813.12) regelt die Zulassung von Biozidprodukten, zu denen unter anderen auch die Holzschutzmittel gehören.
- Die **Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung** (ChemRRV, SR 814.81) enthält besondere Bestimmungen für Produkte, die eine besondere Gefahr für Mensch und Umwelt darstellen. Sie enthält insbesondere auch die Vorschrift, dass nur Personen, welche in Besitz Fachbewilligung Holzschutz sind, Holzschutzmittel, beruflich oder gewerblich anwenden dürfen oder andere Personen dazu anleiten dürfen.
- Die **Verordnung des UVEK über die Fachbewilligung für die Verwendung von Holzschutzmitteln** (VFB-H, SR 814.812.37) regelt die Voraussetzungen, welche Personen haben müssen, um die Fachbewilligung Holzschutz zu erlangen und die Berechtigungen, welche damit verbunden sind.
- Die **Verordnung des UVEK über die Fachbewilligung für die Verwendung von Pflanzenschutzmitteln in der Waldwirtschaft** (SR 814.812.36) wird geregelt, zu welchen Tätigkeiten einem die betreffende Fachbewilligung ermächtigt. Zudem regelt sie, welche Kenntnisse und Fähigkeiten erforderlich sind, damit eine solche Fachbewilligung erteilt werden kann.
- Die **Verordnung des EDI über die Chemikalien-Ansprechperson** (SR 813.113.11) regelt die Aufgaben der und die Anforderungen an die Chemikalien-Ansprechperson.
- Die **Verordnung des EDI über die Einstufung und Kennzeichnung von Stoffen** legt die Einstufung und Kennzeichnung bestimmter Stoffe fest.



- Die **Verordnung des EDI über die erforderliche Sachkenntnis zur Abgabe bestimmter gefährlicher Stoffe und Zubereitungen** (SR 813.131.21) regelt die Anforderungen an Personen, welche gefährliche Stoffe und Zubereitungen an gewerbliche Abnehmer oder die breite Öffentlichkeit abgeben.
- Die **Verordnung über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln** (SR 916.161) regelt hauptsächlich die Anforderungen an Pflanzenschutzmittel und an die Verfahren zu deren Zulassung. Dadurch soll gewährleistet werden, dass Pflanzenschutzmittel wirksam sind, beim Ausbringen die Gesundheit der Anwender nicht beeinträchtigen, keine gesundheitsschädlichen Rückstände auf den Lebensmitteln hinterlassen und keine unannehmbaren Auswirkungen auf die Umwelt haben.

Nachfolgend werden die wichtigsten Vorschriften im Zusammenhang mit dem Umgang mit Holz- und Pflanzenschutzmitteln repetiert

#### **Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung, ChemRRV SR 814.81**

Für die Verwendung von Holzschutzmitteln in **Grundwasserschutzzonen** gelten die folgenden Bestimmungen (Anhang 2.4, Ziffer 1.4 Verwendung in Grundwasserschutzzonen):

<sup>1</sup> In den Zonen S1, S2 und S<sub>h</sub> von Grundwasserschutzzonen ist verboten:

- a. die Verwendung von Holzschutzmitteln;
- b. die Lagerung von Holz, das mit Holzschutzmitteln behandelt worden ist.

<sup>2</sup> Wer in der Zone S3 und S<sub>m</sub> von Grundwasserschutzzonen und in der Nähe von Gewässern Holzschutzmittel verwenden oder damit behandeltes Holz lagern will, muss bauliche Massnahmen gegen das Versickern und das Abschwemmen der Mittel treffen.

Bei Pflanzenschutzmitteln gelten gemäss Anhang 2.5, Ziffer 1.1 die folgenden Bestimmungen:

#### **Pflanzenschutzmittel dürfen nicht verwendet werden:**

- a. in Gebieten, die gestützt auf eidgenössisches oder kantonales Recht unter Naturschutz stehen, soweit die dazugehörigen Vorschriften nichts anderes bestimmen;
- b. in Riedgebieten und Mooren;
- c. in Hecken und Feldgehölzen sowie in einem Streifen von drei Metern Breite entlang von Hecken und Feldgehölzen;
- d. im Wald sowie in einem Streifen von drei Metern Breite entlang der Bestockung.
- e. in oberirdischen Gewässern und in einem Streifen von drei Metern Breite entlang von oberirdischen Gewässern, wobei der Streifen bei Fliessgewässern, für die ein Gewässerraum nach Artikel 41a GSchV156 festgelegt wurde oder bei denen nach Artikel 41a Absatz 5 GSchV ausdrücklich auf die Festlegung eines Gewässerraums verzichtet wurde, ab der Uferlinie und bei den übrigen Fliessgewässern sowie bei stehenden Gewässern ab der Böschungsoberkante gemäss Pufferstreifenmerkblatt «Pufferstreifen richtig messen und bewirtschaften», KIP/PIOCH 2009, 157 gemessen wird;
- f. in der Zone S1 von Grundwasserschutzzonen;

#### g. auf und an Gleisanlagen in den Zonen S2 und Sh von Grundwasserschutzzonen.

Es gibt auch einige Ausnahmen, welche für die Praxis wichtig sind in Ziffer 1.2 des Anhangs 2.5 der ChemRRV.

3 Können im Wald Pflanzenschutzmittel nicht durch Massnahmen ersetzt werden, welche die Umwelt weniger belasten, erteilt die zuständige kantonale Behörde in Abweichung vom Verbot nach Ziffer 1.1 Absatz 1 Buchstabe d eine Bewilligung nach den Artikeln 4–6 für die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln:

a. zur Behandlung von Holz im Wald, von dem in der Folge von Naturereignissen Waldschäden ausgehen können, und gegen die Erreger von Waldschäden selbst, wenn dies für den Erhalt des Waldes unerlässlich ist;

b. zur Behandlung von geschlagenem Holz mit Insektiziden, die gestützt auf die Pflanzenschutzmittelverordnung für die Kultur «Liegendes Rundholz im Wald und auf Lagerplätzen» zugelassen sind, auf dazu geeigneten Plätzen, sofern das Holz nicht rechtzeitig abgeführt werden kann, diese Plätze nicht in den Zonen S1, S2 und Sh von Grundwasserschutzzonen liegen und wirksame Massnahmen gegen das Versickern und das Abschwemmen der Mittel getroffen werden;

Sie regelt auch die persönlichen und fachlichen Voraussetzungen für den Umgang mit bestimmten besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen (Fachbewilligungen).

Für die Verwendung von Pflanzen- oder Holzschutzmitteln im gewerblichen oder beruflichen Rahmen wird eine **Fachbewilligung** oder eine als gleichwertig anerkannte Qualifikation benötigt (Art. 7 – 12, ChemRRV; Verordnung des UVEK vom 28. Juni 2005 über die Fachbewilligung für die Verwendung von Holzschutzmitteln VFB-H).

#### **Chemikalienverordnung SR 813.11**

Nebst dem Chemikaliengesetz ist die Verordnung über den Schutz vor gefährlichen Stoffen und Zubereitungen (ChemV) das entscheidende Rechtsinstrument im Umgang mit gefährlichen Stoffen.

Hier ist auch die ganzen Vorschriften über die Einstufung und Kennzeichnung von Gefahrstoffen geregelt.

#### ***Sicherheitsdatenblatt (SDB)***

Für Produkte mit gefährlichen Inhaltsstoffen muss die Herstellerin oder die Importeurin ein Sicherheitsdatenblatt erstellen. Wird das Sicherheitsdatenblatt überarbeitet, muss die Herstellerin allen Abnehmern und Abnehmerinnen, denen sie den bestimmten Stoff oder Zubereitung in den letzten zwölf Monaten geliefert hat, das Sicherheitsdatenblatt kostenlos nachliefern. Heute geschieht dies in der Regel durch Veröffentlichung auf der Website.

Sorgen Sie dafür, dass Sie immer die aktuellen Sicherheitsdatenblätter zur Verfügung haben.

#### **Verpflichtungen aus der Chemikalienverordnung**

Umgang mit Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen

- Es gilt eine allgemeine Sorgfaltspflicht.
- Die Angaben auf der Packung (Etikette) und auf dem Sicherheitsdatenblatt sind zu berücksichtigen

- Lesen Sie auch die Gebrauchsanweisung und das technische Merkblatt durch.
- Das Produkt darf nur für den angegebenen Zweck eingesetzt werden.
- Es darf nur so viel eingesetzt werden, wie für den vorgesehenen Zweck notwendig ist.
- Es müssen alle notwendigen Vorkehrungen getroffen werden, damit der Stoff nicht in die Umwelt gelangen und die benachbarten Ökosysteme schädigen kann.
- Für die Anwendung müssen geeignete Geräte und Hilfsmittel eingesetzt werden.
- Restmengen müssen gemäss den Angaben auf dem SDB entsorgt werden. Fehlen diese, muss der Entsorgungsweg abgeklärt werden.

#### Aufbewahrung und Lagerung

- Die Angaben auf der Packung (Etikette) und auf dem Sicherheitsdatenblatt sind zu berücksichtigen (Abschnitt 7 auf den SDB).
- Stoffe, Zubereitungen und Behälter sind vor mechanischer Einwirkung zu schützen.
- Übersichtliche Lagerung; von anderen Waren getrennt; keine Lebens-, Futter- oder Heilmittel in unmittelbarer Nähe!
- Trennung von Stoffen und Zubereitungen, die miteinander eine gefährliche Reaktion eingehen könnten (Hinweise im SDB beachten).
- Nur in geeigneten Behältnissen aufbewahren (keine Verwechslung, gekennzeichnet, dauerhaft dicht).
- Unzugänglich für Unbefugte wie beispielsweise Kinder aufbewahren. Das heisst, nicht herumliegen lassen, sondern zum Beispiel im Lieferwagen einschliessen.

Konsultieren Sie also immer die Sicherheitsdatenblätter und die technischen Merkblätter und befolgen Sie die Anweisungen.

#### Biozidprodukteverordnung, VBP SR 813.12

Als **Biozidprodukte** gelten **Wirkstoffe** oder Produkte, die **einen oder mehrere Wirkstoffe enthalten**, die dazu bestimmt sind, auf chemischem oder biologischem Weg Schadorganismen abzuschrecken, unschädlich zu machen, zu zerstören oder in anderer Weise zu bekämpfen oder Schädigungen durch Schadorganismen zu verhindern.

Gegenstände, die solche Wirkstoffe enthalten oder freisetzen und die dazu bestimmt sind, auf Schadorganismen ausserhalb dieser Gegenstände einzuwirken, gelten auch als Biozidprodukte (Art. 2, Bst. a).

**Pflanzen- und Holzschutzmittel** gelten wegen der in ihnen enthaltenen auf Pilze und Insekten wirkenden Stoffe als Biozidprodukte.

#### Umgang mit Biozidprodukten

Wer mit Biozidprodukten umgeht, untersteht einer besonderen Sorgfaltspflicht und muss folgende Bedingungen erfüllen:

- Biozidprodukte müssen ordnungsgemäss verwendet werden.
- Biozidprodukte und ihre Abfälle dürfen Mensch, Tier und Umwelt nicht gefährden.

- Die auf der Verpackung und dem Sicherheitsdatenblatt angegebenen Hinweise und die Gebrauchsanweisung müssen berücksichtigt werden.
- Das Biozidprodukt darf nur für den vorgesehenen Zweck verwendet werden.
- Es dürfen nur Geräte eingesetzt werden, die eine fachgerechte und gezielte Verwendung des Biozidprodukts erlauben.
- Der Einsatz des Biozidprodukts ist auf ein Mindestmass zu beschränken.

### Entsorgung

Für die Entsorgung macht die VBP-Vorschriften und Empfehlungen. Konsultieren Sie trotzdem immer auch das Sicherheitsdatenblatt des Produkts.

Tabelle 1: Entsorgungswege von Pflanzen- und Holzschutzmittel.

Verpackungsart	Entsorgung
Ursprüngliche Verpackung (noch im Handel)	Herstellerfirma / Händler (gegen Transportkosten, Kleinmengen gratis)
Geöffnet, aber mit Originalinhalt	Herstellerfirma/ Händler (Kleinmengen gratis)
Geöffnet mit vermischtem Inhalt	Konzessionierte Spezialfirma (kostenpflichtig, mit Abfallcode)

### 2.5.2. Grundlagen zum Behandeln von Rundholz mit chemischen Schutzmitteln (Bioziden)

Wie gesagt, kann in bestimmten Fällen eine Behandlung mit chemischen Schutzmitteln zweckmässig sein, um die Entwertung durch holzbrütende Insekten zu verhindern oder zumindest zu verzögern. Beim Rundholz werden die Schutzmittel aus anwendungstechnischen Gründen gespritzt oder gesprüht.

Sie können nun nicht einfach drauflos spritzen oder sprühen. Für die Behandlung mit Holz- oder Pflanzenschutzmitteln gegen Holzschädlinge gibt es gesetzliche Vorschriften, die zwingend einzuhalten sind. Die zahlreichen rechtlichen Grundlagen für die Anwendung von chemischen Schutzmitteln am Rundholz werden wir nun im Folgenden anschauen.

Als Erstes müssen Sie oder eine andere Person im Betrieb eine entsprechende **Fachbewilligung** haben. Ohne die darf eine Behandlung nicht durchgeführt werden.

Dabei gibt es zwei Möglichkeiten:

- Wenn das Rundholz auf dem Rundholzplatz des Sägewerks liegt, genügt eine «**Fachbewilligung für die Anwendung von Holzschutzmitteln**», kurz «**Fachbewilligung Holzschutz**».
- Wenn das Rundholz noch in einem Polter im Wald liegt, braucht es eine «**Fachbewilligung für die Verwendung von Pflanzenschutzmitteln in der Waldwirtschaft**» kurz «**Fachbewilligung Pflanzenschutz im Wald**» plus eine **Anwendungsbewilligung** der kantonalen Vollzugsbehörde. Das sind meistens die kantonalen Forstdienste oder die kantonalen Waldschutzbeauftragten.

## Behandlung im Wald

Grundsätzlich ist gemäss Waldgesetz und Waldverordnung die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln im Wald verboten. Wenn die Behandlung bereits im Wald erfolgen muss, gelten zusätzlich verschiedene Anforderungen in Bezug auf den Umweltschutz.

Das Rundholz darf nur dann mit Schutzmitteln behandelt werden, wenn das betreffende Polter auf einem Platz liegt, wo dies erlaubt ist. Diese Orte werden von den Vollzugsbehörden (siehe oben) bezeichnet.

Es dürfen nur Pflanzenschutzmittel verwendet werden, welche auf der Liste «Pflanzenschutzmittel im Wald» vom Bundesamt für Landwirtschaft BLW aufgeführt werden. Die Liste muss vor jeder Behandlung konsultiert werden, da die Zulassungen für diese Mittel zeitlich begrenzt sind. Am einfachsten geht dies auf der entsprechenden Website.

Link zur Website: <https://waldschutz.wsl.ch/de/diagnose-und-beratung/pflanzenschutzmittel-im-wald.html>



## Pflanzenschutzmittel im Wald

**Auszug aus dem Eidg. Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis**  
(BLW, (<https://www.psm.admin.ch/de/produkte>), Stand: 11. Januar 2023)

(Gewisse Stoffe wie Pheromone zu Monitoringzwecken sind als Zubereitung auf dem Markt verfügbar und nicht Teil dieser Liste.)

Im Zweifelsfall gelten die Originaldokumente der Zulassung. Die Erwähnung eines Produktes, Wirkstoffes oder einer Firma stellt keine Empfehlung dar und bedeutet nicht, dass sich das Produkt im Verkauf befindet.

Bitte beachten Sie die jeweiligen Sicherheitsblätter mit den entsprechenden Auflagen (insbesondere Gewässerschutz beachten), Gefahrenkennzeichnungen und Gefahrensymbole.

Zugelassene Insektizide zur Behandlung von liegendem Rundholz im Wald und auf Lagerplätzen				
Wirkstoff	Produktname (Mittel)	Vertreiber (Firma)	Oberflächen-gewässer, Ab-standsaufgaben	Aufbrauchsfrist
alpha-Cypermethrin <sup>1,2,3</sup>	Fastac Forst	BASF Schweiz AG	20 m	30.06.2023 <sup>4</sup>
	Storanet	BASF Schweiz AG	6 m	30.06.2023 <sup>4</sup>
Cypermethrin <sup>1,2,3</sup>	Cypermethrin	Sintagro AG	20 m	ohne
	Cypermethrin	Sharda Swiss GmbH	20 m	ohne
	Forester	UPL Switzerland AG	20 m	Mit Zulassungsnummer: <b>W-6943: bis 25.01.2023.</b> <b>W-7411: ohne Beschränkung.</b>
Lambda-Cyhalothrin <sup>1,2,3</sup>	Xerondo Forst	Syngenta Agro AG	20 m	ohne
<b>Hinweis zu FSC:</b> Holzlager dürfen in der Schweiz und dem Fürstentum Liechtenstein im FSC-zertifizierten Wald unter bestimmten Voraussetzungen weiterhin mit Insektiziden geschützt werden.				

<sup>1</sup> Gefahrenkennzeichnungen u.a.: H410 Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung.

<sup>2</sup> Gefahrenkennzeichnungen u.a.: 5Pe 8 Bienengefährlich.

<sup>3</sup> Gefahrensymbole u.a. GHS09 Gewässergefährdend

<sup>4</sup> Gemäss PSMV Art. 86g

Abbildung 66: Liste Pflanzenschutzmittel im Wald, Stand Januar 2023. (<https://waldschutz.wsl.ch/de/diagnose-und-beratung/pflanzenschutzmittel-im-wald.html>; abgerufen am 19.06.2023)

### Behandlung auf dem Rundholzplatz

Auch auf dem Rundholzplatz darf unter Umständen nicht an jedem Ort behandelt werden. Ältere Sägewerke sind oftmals in der Nähe eines Fliessgewässers angelegt. Und für die Behandlung mit Bioziden muss immer ein Mindestabstand zu offenen Gewässern eingehalten werden. Das Mittel darf auch nicht versickern und ins Grundwasser gelangen, falls Sie beim Spritzen einmal von einem Platzregen überrascht werden. Sie müssen also abklären, ob Sie am vorgesehenen Platz spritzen dürfen. Andernfalls muss das Rundholz an einen geeigneten Platz verschoben werden.

Ausgeschlossen ist die Behandlung gemäss Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV) in den Grundwasserschutzzonen S1, S2 und S<sub>h</sub>. In diesen Zonen ist ebenfalls die Lagerung von behandeltem Holz verboten.

Auch für die Behandlung auf dem Rundholzplatz müssen Produkte verwendet werden, welche zugelassen sind. Da diese Produkte immer wieder ändern können, muss grundsätzlich vor jeder Behandlung abgeklärt werden, ob das vorgesehene Mittel noch zulässig ist. Auch hier gibt es eine Website, wo dies jederzeit überprüft werden kann.

Link zum Pflanzenschutzmittelverzeichnis:

<https://www.psm.admin.ch/de/produkte>

Die Produkte sind dort in alphabetischer Reihenfolge mit dem Handelsnamen verzeichnet.

### 2.5.3. Behandeln von Rundholz auf dem Rundholzplatz

In einem kleinen Polter Eiche (rund 30 m<sup>3</sup>), welches schon einige Wochen auf dem Rundholzplatz liegt, hat ein Kollege verdächtige Insekten entdeckt. Er hat einige Exemplare in einem Konfi-Glas eingefangen und übergibt das an Sie. Wir sind in der letzten Februarwoche und es war die letzten Tage sonnig und warm. Sie erhalten nun den Auftrag, einen möglichen Befall festzustellen und bei Bestätigung die notwendigen Schritte einzuleiten.

#### 1. Verifizieren des Befalls

Sie vergleichen die Insekten mit den Bildern im Lehrmittel und tippen auf den Sägehörnigen Werftkäfer. Eine zusätzliche Recherche im Internet bestätigt den Verdacht. Nun kontrollieren Sie den betroffenen Stapel und stellen einen Befall an zwei Stämmen fest. Sie finden das typische Frassmehl und ein paar wenige kreisrunde Ausfluglöcher von 3–5 mm Durchmesser.



Abbildung 67: Beispiel Ausfluglöcher Werftkäfer auf Eiche (Quelle: FVA/ Wonsack)

Sie melden Ihre Ergebnisse Ihrem Vorgesetzten, der mit Ihnen den Stapel nochmals anschaut und Ihre Diagnose bestätigt. Sie finden auch zusammen keine weiteren befallenen Stämme. Sie markieren die beiden Stämme mit Farbe. Weiter

entfernen Sie die Rinde, um die befallenen Stellen besser beobachten zu können und damit das Insektizid an dieser Stelle direkter wirken kann.

Es wird beschlossen den betroffenen Stapel mit einem Insektizid gegen einen weiteren Befall zu schützen und die vorhandenen Insekten abzutöten. Das Holz soll in etwa 10 Wochen weiterverarbeitet werden.

Links und rechts davon liegen je ein Polter mit Nadelholz. Sie und Ihr Vorgesetzter schätzen das Risiko, dass hier ebenfalls ein Befall stattfindet als gering ein. Sie werden die Situation aber beobachten damit sie bei einem Befall schnell reagieren können.

Sie erhalten nun den Auftrag, alle Vorbereitungen für die Behandlung mit einem Insektizid zu treffen und abzuklären.

### **Was sind eigentlich Insektizide und wie wirken sie?**

Insektizide sind Stoffe, welche giftig (-zid) auf Insekten wirken. Sie bewirken den Tod von Insekten, indem sie irgendein Organ oder eine Stoffwechselfunktion im Körper stören. Die Wirkung von insektenvernichtenden, gefährlichen Stoffen ist aber nicht auf Insekten beschränkt. Auch Vögel, Amphibien, Fische, Säugetiere und der Mensch können je nach Fall von negativen Auswirkungen betroffen sein. Das Ausmass der Gefährdung ist von Produkt zu Produkt unterschiedlich.

Es gibt viele Möglichkeiten, Insektizide zu unterscheiden, beispielsweise nach der Art, wie sie auf Insekten einwirken:

- **Kontaktgifte:** Durch Berührung mit Fühler, Haut oder Rüssel nehmen die Insekten die Gifte in den Körper auf, wo sie ihre Wirkung entfalten.
- **Frassgifte:** Giftbesprühte Pflanzenteile gelangen bei der Nahrungsaufnahme in den Körper der Insekten.
- **Atemgifte:** Die Spritzmittel bilden durch Verdampfen Giftgase, die über die Atmungsorgane in den Insektenkörper eindringen.

Die meisten verwendeten Insektizide wirken gleichzeitig als Kontakt- und Frassgifte.

## **2. Vorbereitungen zum Behandeln**

Als erstes klären Sie ab, ob das Holz an einem Platz liegt, wo die Behandlung mit Insektiziden gesetzlich erlaubt ist (siehe Bestimmungen in der ChemRRV). Im vorliegenden Fall haben Sie Glück und der Lagerplatz ist dafür geeignet.

Nun beginnen Sie mit den Vorbereitungen. Folgende Fragen sind dabei abzuklären:

- Welches Produkt/ Insektizid setzen wir für die Behandlung ein?
- Wie behandeln wir: spritzen oder sprühen?
- Wie lange soll die Wirkung anhalten?
- Wie lange wirkt das gewählte Produkt?
- Wieviel brauchen wir für die Behandlung des betreffenden Polters (Menge)?
- Welches Gerät setzen wir für die Behandlung ein?
- Wann behandeln wir? Zeitpunkt der Behandlung?
- Welche Bedingungen in Bezug auf Wetter sind ideal?

## Produkt

Als erstes legen Sie zusammen mit Ihrem Vorgesetzten das zu verwendende Behandlungsmittel fest.

Sie holen im Büro das technische Merkblatt und das Sicherheitsdatenblatt des Produkts. Dann klären Sie ab, ob das betreffende Produkt noch zugelassen ist. Dazu gehen Sie ins elektronische Pflanzenschutzmittelverzeichnis des BLV<sup>5</sup> suchen nach dem Produkt.

Bundesverwaltung > EDI > BLV

Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Bundesamt für Lebensmittelsicherheit  
und Veterinärwesen BLV –  
Pflanzenschutzmittelverzeichnis

DE FR IT

Search

< Zulassung Pflanzenschutzmittel BLV

Pflanzenschutzmittelverzeichnis

Produkte

Wirkstoffe

Produktkategorien

Kulturen

Schaderreger

Anwendungsgebiete

Firmenadressen

Standardsuche

Handelsbezeichnung: Fastac Forst

zur Druckversion

Pflanzenschutzmittelverzeichnis (Stand: 02.03.2023)

Bewilligung beendet: Ausverkaufsfrist: 30.06.2022, Aufbrauchsfrist: 30.06.2023

Produktkategorie: Insektizid

Bewilligungsinhaber: BASF Schweiz AG

Eidg. Zulassungsnummer: W-6062

Stoff(e): alpha-Cypermethrin

Gehalt: 1.48 % 15 g/l

Formulierungscode: SCSuspensionskonzentrat

Beistoffe, zusätzlich zu deklarieren: Tributyl phenol polyglycol ether

Anwendungen

A	Kultur	Schaderreger/Wirkung	Dosierungshinweise	Auflagen
S	Liegendes Rundholz im Wald und auf Lagerplätzen	Borkenkäfer Werftkäfer	Konzentration: 2 % Anwendung: 2.5 - 3 l Brühe/m <sup>3</sup> .	1, 2

Auflagen und Bemerkungen:

- Geprüft gegen den Linierten Nutzholzborkenkäfer und den Sägehörnigen Werftkäfer.
- SPe 3: Zum Schutz von Gewässerorganismen vor den Folgen von Drift eine unbehandelte Pufferzone von 20 m zu Oberflächengewässern einhalten. Diese Distanz kann beim Einsatz von driftreduzierenden Massnahmen gemäss den Weisungen der Zulassungsstelle reduziert werden.

Abbildung 68: Auszug elektronisches Pflanzenschutzmittelverzeichnis des BLV  
(Quelle: [www.psm.admin.ch/de/produkte](http://www.psm.admin.ch/de/produkte), abgerufen am 10. März 2023)

Zum Zeitpunkt der Kontrolle ist dieses Mittel noch zugelassen. Die Zulassung läuft aber bald aus und es muss für zukünftige Behandlungen möglicherweise ein anderes Produkt gesucht werden. Es kann auch sein, dass der Hersteller die Zulassung verlängert.

Das technische Merkblatt lesen Sie aufmerksam von der ersten bis zur letzten Seite durch und notieren sich die für die Aufgabe notwendigen Details.

- Anwendung für Werftkäfer: Konzentration 2% (2 L/100 L Wasser)
- Menge: 2.5–3 l/m<sup>3</sup> Holz
- Arbeitsdruck Spritze unter 3 bar
- Arbeitsschutz:
  - Ansetzen der Spritzbrühe: Schutzhandschuhe tragen
  - Spritzen: Schutzhandschuhe und Schutzanzug tragen
- Umweltschutz: Das Produkt ist gefährlich für Bienen. Es darf nur gespritzt werden, wenn keine Bienen fliegen. Also am Abend.

<sup>5</sup> Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen BLV

- Generell: Nur bei trockener Witterung spritzen, wenn es windstill ist, um ein Abschwemmen durch den Regen und eine Abtrift durch den Wind zu vermeiden.

Im Sicherheitsdatenblatt schauen Sie sich die folgenden Abschnitte genau an:

- 2: Mögliche Gefahren
- 7: Handhabung und Lagerung
- 8: Begrenzung und Überwachung der Exposition/Persönliche Schutzausrüstung
- 13: Hinweise zur Entsorgung an.

Sie besorgen sich also die notwendige Schutzausrüstung und fahren weiter mit der Auswahl des Geräts. Für die Auswahl des Geräts müssen die folgenden Punkte abgeklärt werden:

- die Verfahrensart
- zu behandelnde Objekte, z.B. gesamte Holzmenge / Menge pro Holzpolter
- Behandlungszeitraum
- Betriebsgrösse / Distanzen der Holzlagerplätze
- Zugänglichkeit

Falls im technischen Merkblatt steht, dass das Mittel **gespritzt** werden muss, rechnen Sie die benötigte Menge aus:

$30 \text{ m}^3 \text{ Holz} \times 2.5\text{--}3 \text{ L/m}^3 = 75\text{--}90 \text{ L Spritzbrühe in 2\%iger Konzentration.}$

Sie haben die beiden folgenden Modelle zur Auswahl:



Abbildung 69: Links Spritzwagen mit 50 Liter Behältergrösse; rechts Schubkarrenspritzgerät mit 130 Liter Behälterinhalt (Quelle: Birchmeier)

Sie entscheiden sich für die Schubkarrenspritze mit einem Behälterinhalt von 130 Liter. Das Polter ist gut zugänglich und Sie müssen nur einmal die Spritzbrühe ansetzen.

Bevor Sie die Brühe ansetzen, kontrollieren Sie noch einmal die folgenden Dinge und stellen die fehlenden Sachen bereit:



- Sind Spritzgeräte und das Zubehör richtig gewählt?
- Schläuche, Spritzrohr, Düse funktionstüchtig?
- Spritzgerät ist nicht defekt? Es sind keine Leckagen vorhanden?
- Ist die Schutzausrüstung vorhanden? Richtige Maske? Richtiger Filter? Gebrauchsdauer beachtet?
- Spritzmittel vorhanden? Ist das Spritzmittel noch nicht überlagert (Ausfällung oder Absenkung des Wirkstoffs, Farbveränderung)? Verfalldatum kontrollieren. Gegebenenfalls bei Lieferfirma rückfragen.
- Ist Frischwasser für erste Hilfe vorhanden?
- Sind die Spritztechnik und der Arbeitsablauf bekannt und überlegt?
- Sind eventuell benötigte Helfer vorhanden? Ist auch für sie die Schutzausrüstung da?

Nachdem Sie alles kontrolliert und bereitgestellt haben, setzen Sie nun die Brühe an. In Absprache mit Ihrem Vorgesetzten, der die Fachbewilligung Holzschutz besitzt, legen Sie die Menge fest. Da es sich noch nicht um einen starken Befall handelt, entscheiden Sie sich, 2,5 Liter/m<sup>3</sup> anzusetzen. Das ergibt bei 30 m<sup>3</sup> Holz 75 Liter Spritzbrühe. 2% davon sind:

$$\frac{75 \text{ Liter}}{100} * 2 = 1.5 \text{ Liter Insektizid}$$

Sie rüsten sich mit der PSA gemäss Sicherheitsdatenblatt aus und geben etwa die Hälfte der 75 Liter Wasser in den Tank des Spritzgerätes. Anschliessend leeren Sie die 1.5 Liter vom Schutzmittel nach. Dann spülen Sie den Messbecher gründlich mit Frischwasser aus und geben dieses Spülwasser auch in den Tank. Nun geben Sie den Rest der 75 Liter Wasser in den Behälter rühren Sie die Brühe gut durch und sind zum Spritzen des Stapels bereit.

**Anmerkung:** Die benötigte Menge ist so zu berechnen, dass möglichst keine Brühe übrigbleibt. Kleine Restmengen sind auf den Stapeln zu verspritzen, grössere Mengen müssen vorschriftsgemäss entsorgt werden (Kosten und unnötige Umweltbelastung!).

Sie besprechen mit Ihrem Vorgesetzten anschliessend das Vorgehen des Spritzens und führen den Spritzvorgang gemäss Anweisung auf dem Technischen Merkblatt oder der Gebrauchsanweisung durch.

Beim Spritzen sind folgende Punkte zu beachten:

- Vor dem Spritzen müssen die Geräte überprüft und bei Bedarf repariert oder gewartet werden.
- Es darf nur gespritzt werden, wenn es windstill ist und es nicht regnet.
- Nicht kurz vor eintretendem Regen behandeln. Der Spritzbelag muss einige Stunden antrocknen können.
- Die richtige Tröpfchengrösse ist zu beachten. Der Spritznebel soll so fein sein, dass er weder vom Holz abtropft noch in die Luft oder neben das Holz versprüht wird. Die Tröpfchengrösse ist abhängig von der Düsenöffnung und vom Druck. Für das Einstellen die Gebrauchsanweisungen der Spritze und des Schutzmittels konsultieren.
- Die Rinde oder das Holz müssen gut benetzt werden.

- Nicht auf feuchte, nasse oder gefrorene Rinde spritzen. Die Wirkstoffaufnahme ist nicht ausreichend, das Mittel tropft schneller ab. Die behandelte Fläche ist nicht sichtbar und erschwert so die Kontrolle, ob alles gut behandelt ist.
- Es dürfen keine Spritzschatten (unbehandelte Flächen) entstehen. Bei grober Borke sind die Spritzwinkel entsprechend anzupassen. Die Hohlräume im Stapel sind so zu vernebeln, dass möglichst viel Holz einen Spritzbelag aufweist.
- Bienengiftige Produkte nicht bei Flug der Bienen und nicht auf Blüten spritzen. Nur bei Windstille anwenden.
- Behandeltes Holz muss gekennzeichnet werden. Diese Markierung ist sehr wichtig für die weitere Bearbeitung und Verwendung des Holzes.
- Die Berieselung von behandeltem Holz ist verboten.
- Behandeltes Holz darf nur in speziellen Anlagen verbrannt werden (LRV Anhang 2 Ziff. 72).

### Anwendung, Vorgehen beim Spritzen

Nur eine systematische und überlegte, konsequente und gründliche Anwendung ist erfolgreich und umweltschonend. Misserfolge sind praktisch immer auf Missachtung der Behandlungsregeln zurückzuführen. Beim Spritzen von Holzstapeln hat sich folgender Ablauf gut bewährt.

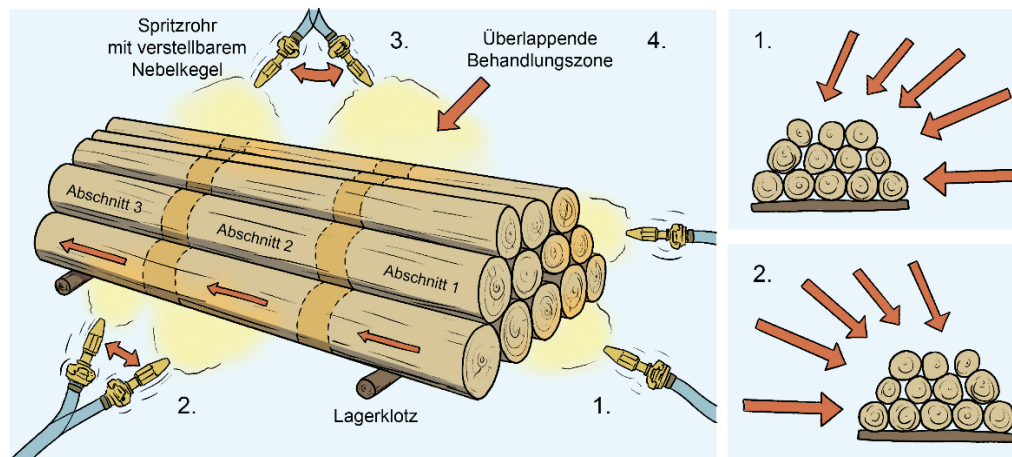


Abbildung 70: Vorgehen bei der Stapelbehandlung (links). Spritzbereich beim ersten [1] und beim zweiten Übergang [2] (rechts) (Quelle: HIS).

1. Beginn an der Stirnseite (dickörtig, Stammfuss) [1]. Ausspritzung der Lücken, Stämme oben, unten und seitlich gut benetzen. Durch Veränderung des Spritzkegels einige Meter tief in die Hohlräume spritzen.

2. Behandlung der Längsseite hinter dem Stapel [2]. Behandlung der Längsseite der Stämme in Abschnitten von 4–6 m. Zuerst den Stapel gründlich gegen die Käfer, die aus dem Boden direkt unter dem Stapel ausfliegen oder hinaufkriechen, unterspritzen. Dann die zugewandte Unterseite, Seite und Oberseite der Stämme behandeln.

3. Zweite Stirnseite (dünnörtige, Wipfelseite) gut ausspritzen [4].

4. Behandlung der anderen Längsseite vor dem Stapel [3].

### **Nach dem Spritzen**

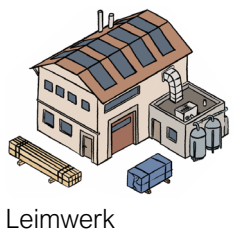
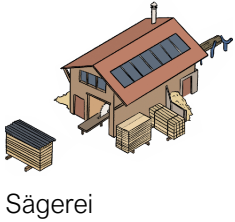
Nach jedem Gebrauch ist der Spritzbehälter zu entleeren. Die fertig angemischte Spritzbrühe darf niemals im Gerät aufbewahrt werden.

Verschieben Sie das Spritzgerät an einen geeigneten Ort im Sägewerk, wo keine Gefahr besteht, dass Spritzmittel unkontrolliert in die Umwelt gelangt. Öffnen Sie das Ablassventil und entleeren Sie den Behälter. Fangen Sie das Restmittel auf und entsorgen Sie es nach den Angaben des Herstellers (siehe Sicherheitsdatenblatt und Biozidprodukteverordnung VBP).

Reinigen Sie danach das Gerät mit einem geeigneten Mittel (siehe Betriebsanleitung Gerät und technisches Merkblatt Spritzmittel). Geben Sie etwas sauberes Wasser in den Behälter und spülen Sie das Gerät inklusive Schlauch und Sprühvorrichtung (Filter, Rohr und Düse) durch. Das restliche Wasser im Behälter können Sie nach der Reinigung ablassen.

Lassen Sie das Gerät nach dem Reinigen zum Trocknen geöffnet stehen. Kontrollieren Sie alle Teile auf Beschädigungen und ersetzen Sie defekte Teile unverzüglich gemäss Betriebsanleitung des Geräts. Nicht alle Arbeiten dürfen Sie selbst durchführen. Einige müssen vom Gerätehersteller erledigt werden. Vermeiden Sie Basteleien. Nur ein einwandfrei gewartetes Gerät garantiert gute Spritzergebnisse.

### 3. Elektrische, hydraulische und pneumatische Anlagen



HK e1: Anlagen und Maschinen der Holzverarbeitung warten

HK e2: Anlagen und Maschinen der Holzverarbeitung instandhalten

Eine effiziente, präzise und sichere Holzverarbeitung wäre ohne Maschinen undenkbar. Entsprechend benötigen die Produktionsmittel im Betrieb besondere Aufmerksamkeit. Mitarbeitende in holzverarbeitenden Unternehmen kennen die im Einsatz stehenden Maschinen, warten die Anlagen, sie identifizieren und interpretieren Störungen und wissen, wann welche Sofortmassnahmen ergriffen werden können.

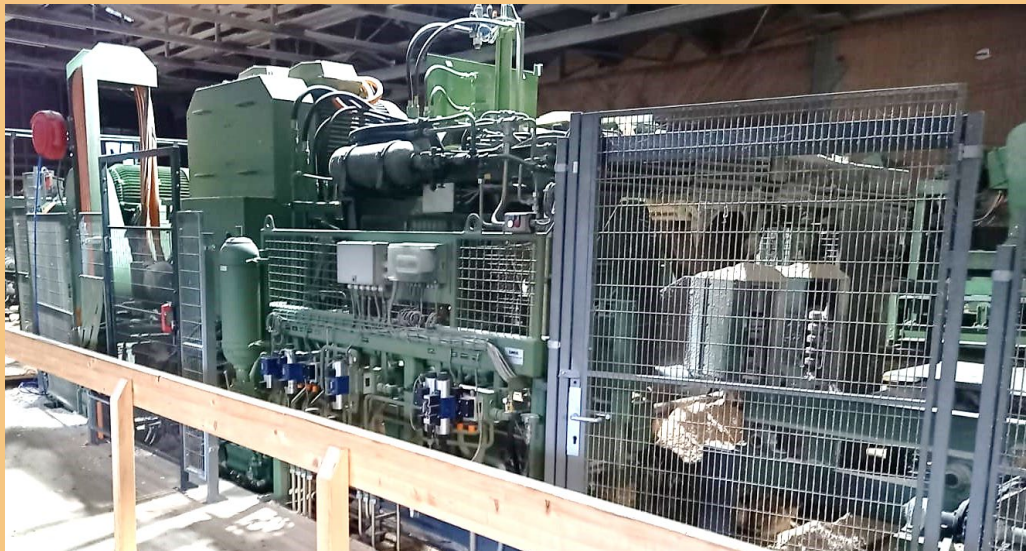


Abbildung 71: Hydraulik an einer Hauptmaschine (Quelle: P. Schmider, Schilliger AG)

Im Lehrmittel des 1. Lehrjahres werden die Maschinen der Holzverarbeitung vorgestellt und deren Reinigung und Schmierung erläutert. Thematisiert wird ebenfalls die Optimierung des Energieverbrauchs bei verschiedenen Arbeitsschritten. Im 2. Lehrjahr liegt der vertiefende Fokus bei möglichen Energieverlusten bei Anlagen und Prozessen sowie bei den Gefahren und Risiken am Arbeitsplatz sowie der Prävention.



## Praxisaufträge im Betrieb

- Energieverbrauch reduzieren
- Mechanische, hydraulische und pneumatische Störungen lokalisieren und korrekt reagieren

## Überbetrieblicher Kurs 5

- Störungen an Anlagen und Maschinen lokalisieren und angemessen reagieren

## Berufliche Situationen:

- Der Kippschalter ist umgelegt, doch die Kreissäge macht keinen Wank. Der Startknopf ist gedrückt, doch die Hobelmaschine springt nicht an. Was ist zu tun?
- In diesem Kapitel lernen Sie Anzeichen von Schäden an Maschinen und Anlagen zu erkennen und entsprechend zu reagieren

## Lernziele

- Sie erklären die Begriffe Pneumatik, Hydraulik, Elektrik und Elektronik
- Sie nennen die wesentlichen Komponenten von strombetriebenen Maschinen
- Sie beschreiben Ursachen von Energieverlusten bei Anlagen und in Prozessen eines holzverarbeitenden Betriebes und leitet konkrete, in seinen Zuständigkeitsbereich fallende Möglichkeiten zur Optimierung und Reduktion des Energieverbrauchs her.
- Sie beschreiben anhand von Bildern typische Schäden und deren Erkennungsmerkmale bei Mechanik-, Hydraulik-, Pneumatik- und Elektronikkomponenten der Maschinen und Anlagen sowie geeignete Messmittel zu deren Prüfung.
- Sie beschreiben und listen einfache Schaltschemas als Grundlage für die Verständigung mit dem Spezialisten und für die Ausführung von Handgriffen und Abklärungen nach dessen Weisung.
- Sie erklären anhand von Beispielen die am Arbeitsplatz in der Holzindustrie auftretenden Gefahren und Risiken im Umgang mit hydraulischen, elektrischen und pneumatischen Anlagen und beschreibt die entsprechenden präventiven Massnahmen, insbesondere die geeigneten Schutzeinrichtungen, und die PSA.

### 3.1.1. Grundlagen

In jedem holzverarbeitenden Betrieb sind die diversen Maschinen und Anlagen ein wichtiger Bestandteil des Unternehmens. Sie sollen Arbeiten schnell, sauber und präzise erledigen. Ausserdem sind sie meist das Herzstück des Produktions- oder Verarbeitungsprozesses. Damit die Produktionssicherheit im Betrieb und auch die Sicherheit der Mitarbeitenden gewährleistet sind, gilt es den Maschinen und Anlagen ein spezielles Augenmerk zu widmen. Ungeplante Ausfälle der Anlagen, fehlende oder defekte Sicherheitseinrichtungen oder auch Unfälle kosten schnell viel Geld und können den Betrieb für längere Zeit lahmlegen. In vielen Fällen übernehmen Mitarbeitende im Betrieb oder Maschinenführer die Aufgabe, kleinere Wartungen an Maschinen selbst durchzuführen. Das Beheben von kleinen Störungen wie auch die regelmässige Kontrolle der Maschinen und Anlagen gehören zum Arbeitsalltag dazu.

Damit Sie als Maschinenbediener Eingriffe an der Maschine vornehmen können, finden sie hier ein paar Grundlagen zu Antriebstechnik der verschiedenen Maschinen.

Maschinen-technik	Merkmale	Vorteile	Nachteile
Pneumatik	Energieerzeugung durch komprimierte Luft	<ul style="list-style-type: none"><li>• Einfache Verfügbarkeit von Luft</li><li>• Geringere Kosten</li><li>• Hohe Geschwindigkeiten möglich</li><li>• Geringe Komplexität</li><li>• Sauber, wenig Risiken für die Umwelt</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Unpräzise Steuerung, keine exakten Bewegungen möglich</li><li>• Explosionsgefahr durch rasche Erhitzung</li><li>• Zügigerer Verschleiss</li><li>• Grosse Anlagen nötig für grosse Kräfte</li><li>• Wartungsintensiv</li></ul>
Hydraulik	Energieerzeugung durch Flüssigkeitsdruck	<ul style="list-style-type: none"><li>• Grosse Lasten können bewegt werden</li><li>• Kaum Energieverlust</li><li>• Präzise Steuerung möglich</li><li>• Anwendung auf kleinem Raum</li><li>• Sichere Anlage</li><li>• Langlebigkeit</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Eher teuer</li><li>• Komplexität der Anlagen</li><li>• Flüssigkeitsaustritt kann Umwelt schädigen</li><li>• Eher langsam</li><li>• Wartungsintensiv</li></ul>
Elektrik	Energieerzeugung durch Rotation des Elektromotors	<ul style="list-style-type: none"><li>• Leicht steuerbar</li><li>• Flexibilität in der Anwendung</li><li>• Energiesparender</li><li>• Hohe Geschwindigkeit</li><li>• Wenig Platz nötig</li><li>• Langlebigkeit</li><li>• Weniger Wartung nötig</li><li>• Temperaturunempfindlicher</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hoher und permanenter Kraftaufwand bei Klemmen oder Spannen</li><li>• Weniger Kraft</li><li>• Eher teuer</li></ul>

Elektronik	Einsatz von umfassenden Steuersystemen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ermöglicht Automatisierung</li> <li>• Erhöht Effizienz</li> <li>• Steigert Produktivität</li> <li>• Erhöht Sicherheit</li> <li>• Energiesparend</li> <li>• Gleichbleibende Qualität</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eher teuer</li> <li>• Komplexität</li> <li>• Spezialisierung von Fachleuten nötig</li> </ul>
------------	--	---	---

### 3.1.2. Pneumatik

In der Technik und im Maschinenbau wird die Anwendung von komprimierter Luft als Pneumatik bezeichnet. Damit Luft als Energieträger verwendet werden kann, muss diese zuerst angesaugt und durch eine Maschine komprimiert/verdichtet werden. Dies geschieht in einem Kompressor mittels Kolben- oder Schraubenverdichter. Die Luft wird dann in einem oder mehreren Tanks gespeichert und via Druckluftnetz an den Einsatzort befördert. Zum Einsatz kommt sie bei diversen Ventilen zur Signaleingabe, Signalweitergabe oder Signalausgabe. Sie kann auch mittels Zylinder oder Motor als Antriebselement genutzt werden.

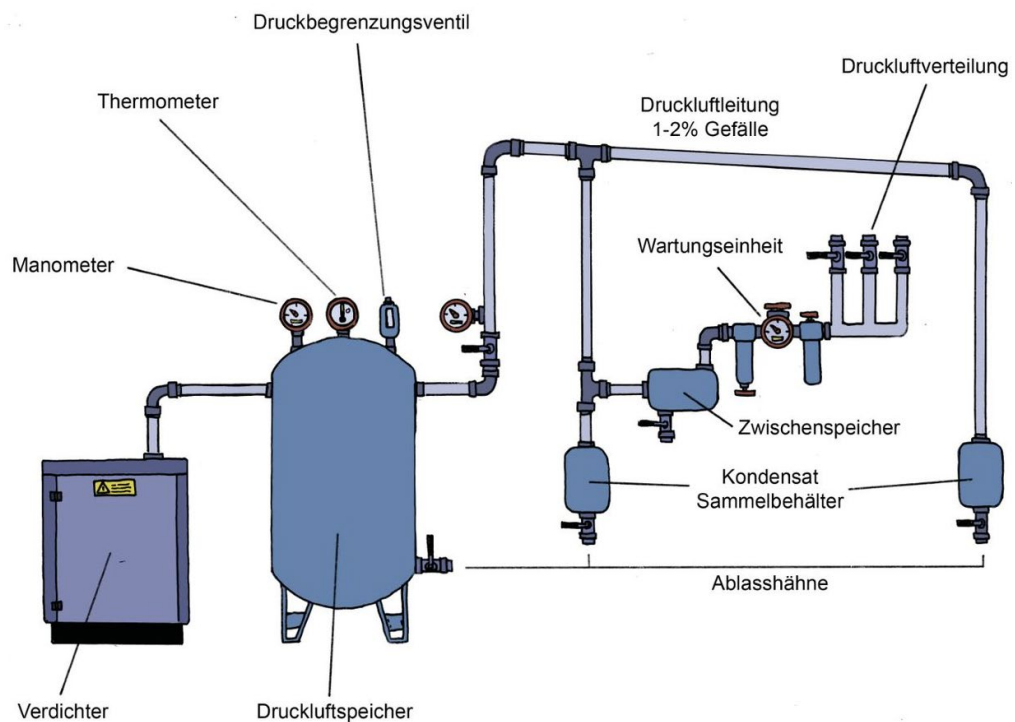


Abbildung 72: Pneumatikschema (Quelle: HIS)

Druckluftenergie wird mit Strom erzeugt, daher ist es eine verhältnismässig teure Energie. Luftverlust im Druckluftnetz oder an Maschinen ist zudem ein häufig auftretender Energieverlust. Wie im Schema erklärt, ist ein Absperrhahn hinter dem Kompressor eingebaut, damit das Netz von der Anlage getrennt werden kann. So wird am Abend oder am Wochenende ein unnützer Luftverlust verhindert.

An vielen Maschinen kommen Druckluftzylinder zum Einsatz. Diese wandeln die Druckluft in Bewegungen um oder werden zum Beispiel zum Spannen eines Werkstücks genutzt. Im Folgenden findet sich ein Schnittbild eines Pneumatikzylinders.

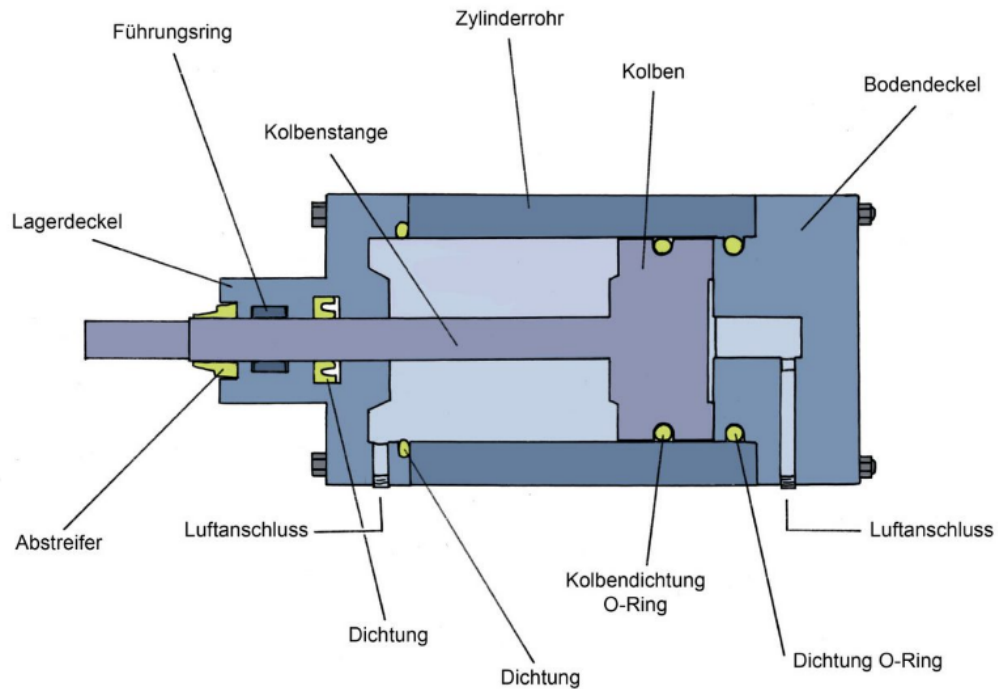


Abbildung 73: Pneumatikzylinder (Quelle: HIS)

Der Aufbau eines Pneumatikzylinders besteht aus dem Zylinderrohr, dem Boden- sowie einem Lagerdeckel. Hinzu kommen der Kolben, die Kolbendichtung, die Pleuelstange, der Pleueifring, die Pleuelbuchse sowie diverse Verbindungsteile und Dichtungen.

Mit diesem relativ einfachen Aufbau kann ein Pneumatikzylinder seine Funktion bereits zuverlässig erfüllen. In der Realität kommen jedoch auch komplizierter und aufwändiger konstruierte Zylinder zum Einsatz.

Spannende Links:

<https://www.maschinenbau-wissen.de/skript3/fluidtechnik/pneumatik/256-pneumatikzylinder>

<https://www.konstruktionspraxis.vogel.de/was-ist-pneumatik-funktion-vorteile-und-anwendungen-erklart-a-789299/>

### 3.1.3. Hydraulik

Bei hydraulischen Systemen oder Antrieben werden mittels Flüssigkeit Energie oder Signale übertragen. Da sich Flüssigkeit gleichmässig ausdehnt, kann mittels Druck ein Zylinder in Bewegung gesetzt werden. Dieser Druck wird durch eine elektrische Hydraulikpumpe erzeugt. Die Flüssigkeit ist in einem Tank, fließt durch ein Filter und wird dann mittels Pumpe unter Druck gesetzt. Über die Hydraulikleitung wird die Flüssigkeit zum entsprechenden Einsatzort transportiert.

Ein typischer Anwendungsbereich sind Hydraulik-Zylinder. Diese können Bewegungen auslösen oder auch Druck erzeugen. Im Bereich der Holzverarbeitung werden hydraulische Elemente vor allem dort eingesetzt, wo eine gleichmässige



Bewegung gefordert ist. Sei dies bei einem Vorschub für ein Sägeblatt oder bei einem Pressvorgang in einer Verleimpresse.

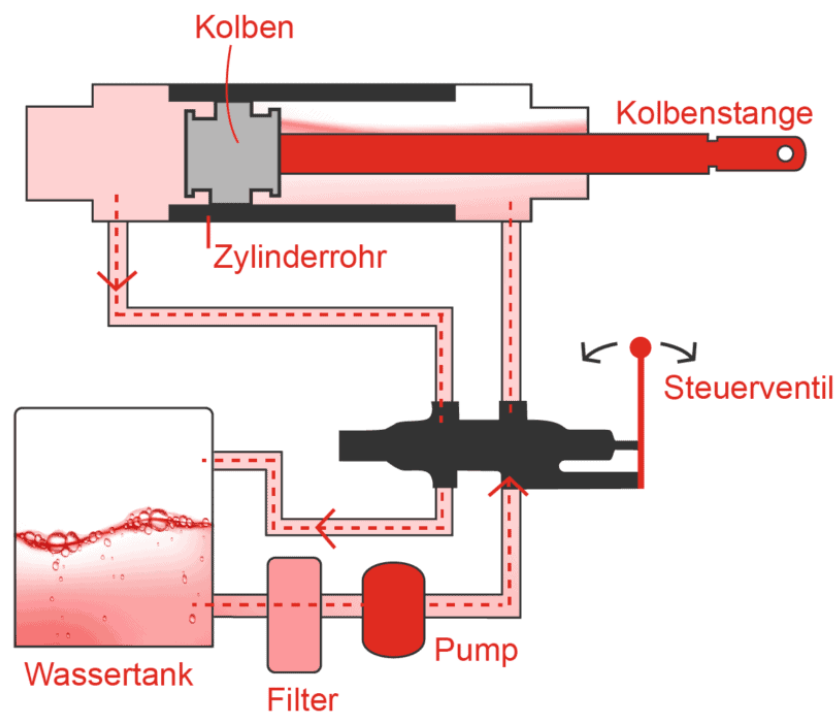


Abbildung 74: Hydraulikschema (Quelle: <https://busch-hydraulik.de/hydraulik-vs-pneumatik>)

### 3.1.4. Elektrik

Bei elektrischen Antrieben wird die Rotationskraft eines Elektromotors für eine Bewegung genutzt. Diese wird meist über ein Getriebe oder einen Riemen auf das Werkzeug umgeleitet.

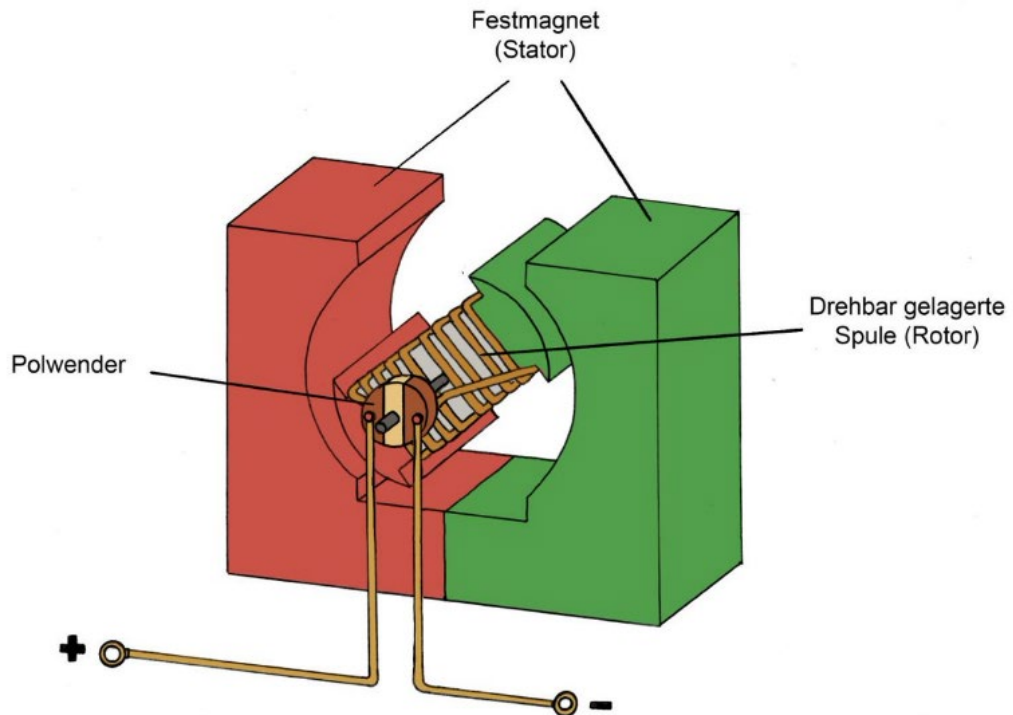


Abbildung 75: Elektromotor (Quelle: HIS)

Ein Elektromotor besteht im Grundsatz aus drei Komponenten. Dies sind der Festmagnet (Stator), die drehbare Spule (Rotor) und der Polwender. Durch Zuführung von Strom in die Spule löst der Festmagnet eine Ausrichtung der Spule, eine Drehbewegung, aus. Sobald die Spule in der richtigen Position ist, unterbricht der Polwender den Strom für einen kurzen Augenblick und ändert anschliessend die Fliessrichtung des Stroms. Somit dreht sich der Rotor stetig weiter. Mit diesem System wird aus fließendem Strom eine Bewegung erzeugt. Diese kann über ein Getriebe, einen Riemen oder auch direkt auf ein Werkzeug übertragen werden. In der Holzverarbeitung werden zum Beispiel Kreissägeblätter oder Kehlspindeln auf diese Art angetrieben. In der Praxis werden je nach Anwendung stärkere oder schwächere Elektromotoren eingesetzt.

Früher wurden viele Maschinen in der Holzverarbeitung mit Wasserkraft und Transmissionsriemen angetrieben. Jedoch waren die offenen Riemen in der Werkstatt zum einen sehr gefährlich, zum anderen konnten die wirkenden Kräfte des Wassers nicht immer gleichmässig abgerufen werden.

Die Elektromotoren bieten hier eine ideale Lösung. Durch die stetige und gleichmässige Leistungsabgabe kann sauber und präzise gearbeitet werden. Ebenfalls kann zum Beispiel die Drehrichtung des Motors mit einfachen Mitteln geändert werden.

### 3.1.5. Elektronik

Die Elektronik ist der Überbegriff für die Steuerung des elektrischen Stroms durch elektronische Schaltungen. Im Unterschied zur Elektrik wird mit der Elektronik nichts angetrieben, vielmehr wird der Antrieb ausgelöst oder gesteuert. Die Elektronik hat in den letzten Jahren im Maschinenbau immer mehr Aufgaben übernommen. So finden wir heute fast keine Maschine ohne elektronische Steuerungen mehr. Auch in der Holzverarbeitung werden die Maschinen vermehrt mit immer

komplexeren Steuerungen ausgestattet. Bediener nehmen dies meist über die Benutzeroberfläche z.B. den Touchscreen wahr. Die Eingabe der gewünschten Daten wird in dieser Oberfläche erledigt. Die Weiterverarbeitung der Daten geschieht meist in einem Schaltschrank über Schaltplatten und SPS-Steuerungen (Speicherprogrammierbare Steuerungen).

### 3.2. Komponenten von Maschinen

Nun folgt ein Überblick über die gängigsten Komponenten an Maschinen. Die Aufzählung ist nicht abschliessend, doch verschafft sie einen guten Überblick über die verschiedenen Maschinenteile.

#### 3.2.1. Notaus-Schalter

Die meisten Maschinen verfügen über einen oder mehrere Notaus-Schalter. Dieser kann durch einfaches Drücken betätigt werden. Er stoppt die Maschine sofort. Der Schalter muss gut zugänglich montiert sein, damit er im Fall von Gefahr sofort betätigt werden kann.



Abbildung 76: Notaus-Schalter (Quelle: Näf Service und Maschinen AG)

#### 3.2.2. Endschalter

Endschalter werden an vielen Maschinen als Sicherheitselemente eingesetzt. So kann eine Maschine nicht gestartet werden, wenn z.B. die Haube nicht geschlossen ist. Auf dem Bild ist der Endschalter einer Schleifmaschine zu sehen. Im offenen Zustand kann die Maschine nicht gestartet werden, damit sich niemand verletzen kann. Beim Schliessen der Türe geht der Stecker in die Dose und der Schalter gibt die Maschine zum Betrieb frei.

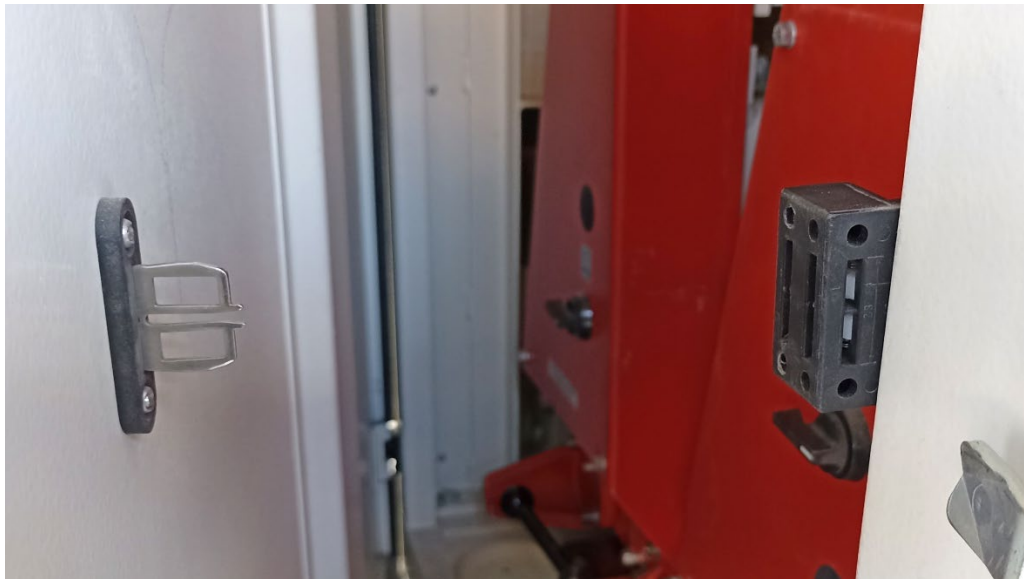


Abbildung 77: Endschalter (Quelle: Näf Service und Maschinen AG)

Solche Sicherheitsvorkehrungen werden vom Maschinenhersteller eingebaut und dürfen auf keinen Fall demontiert oder überbrückt werden.

### 3.2.3. Schutzschalter

Die verschiedenen Schutzschalter in einer Maschine sorgen dafür, dass elektrisch betriebene Komponenten nicht überlastet werden. So hat zum Beispiel der Motor einen Motorschutzschalter vorgeschaltet. Dieser prüft, den fließenden Strom und reagiert, wenn zu viel Strom fließt. Mit diesem Schutzmechanismus kann in vielen Fällen ein grösserer Schaden verhindert werden.

Nicht nur gegen Überlastung der Leitung sondern auch gegen Stromschläge schützt der Fehlstrom-Schutzschalter (FI-Schalter). Dieser Schalter stellt bei Fehlströmen (ungewollt abfließender Strom) sofort den Stromkreis ab. Dieser Schalter kann, dank seiner schnellen Reaktionszeit, Leben retten.

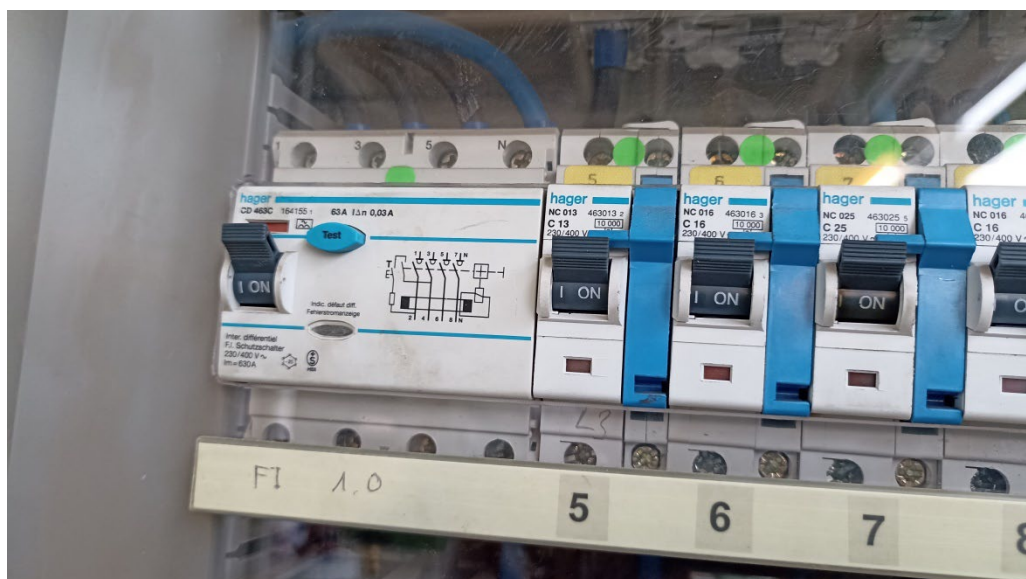


Abbildung 78: Fehlerstromschutzschalter (Quelle: Näf Service und Maschinen AG)



### 3.2.4. Frequenzumrichter

Der Frequenzumrichter in einer Maschine wird zur Steuerung des Elektromotors eingesetzt. Durch das verändern der Frequenz und der Spannung arbeitet der Elektromotor mit verschiedenen Drehzahlen. Ebenfalls kann mit einem Frequenzumrichter das Anlaufen und das Auslaufen des Motors gesteuert werden. So wird heute an vielen drehzahlgesteuerten Maschinen anstelle des früher verwendeten Wechselriemens mit einem Frequenzumrichter die Drehzahl vorgegeben. Dies ermöglicht eine einfache Umstellung der Drehzahl (ohne Umhängen des Keilriemens) und auch eine stufenlose Drehzahlenregelung.



Abbildung 79: Frequenzumrichter (Quelle: Näf Service und Maschinen AG)

### 3.2.5. Druckreduzierventile

Maschinen, welche mit Druckluft betrieben oder versorgt sind, werden beim Druckluftanschluss meist mit einem Druckventil ausgestattet. Über dieses Ventil wird der Druck in der Maschine geregelt. Nicht alle Zylinder und Ventile können mit demselben Druck betrieben werden. Mittels Ventil kann der Druck auf den gewünschten Wert reduziert werden. Unter dem Ventil, welches mit einem Handrad und einer Messuhr (Manometer) ausgestattet ist, befindet sich ein Behälter, der Wasser abscheidet.



Abbildung 80: Druckreduzierventil (Quelle: Näf Service und Maschinen AG)

### 3.2.6. Pneumatikventile

Die Druckluft in der Maschine wird meist über Pneumatikventile verteilt und geregelt. Diese Ventile sind an den Pneumatikschläuchen erkennbar, welche zum Ventil hin und auch wieder davon weg führen. Gesteuert werden die Ventile über elektronische Komponente, welche mit einem Kabel mit der Maschinensteuerung verbunden sind.



Abbildung 81: Pneumatikventile (Quelle: Näf Service und Maschinen AG)

### 3.2.7. Pneumatikzylinder

Der pneumatische Zylinder löst eine Bewegung in der Maschine aus. Zu erkennen sind Pneumatikzylinder an den Pneumatikschläuchen, welche zum Zylinder hin und auch wieder davon wegführen. Diese Zylinder gibt es in verschiedenen Größen und für verschiedene Anwendungen. Angesteuert werden sie in der Regel von einem Pneumatikventil, welches dem Zylinder vorgeschaltet ist.



Abbildung 82: Pneumatikzylinder (Quelle: Näf Service und Maschinen AG)

### 3.2.8. Elektromotor

Der Elektromotor ist das Herzstück vieler Maschinen. Er wandelt elektrischen Strom in Bewegung um. Je nach Maschine ist der Motor fix verbaut oder auf einer beweglichen Achse montiert. Er ist mit dem Stromkasten verbunden und seine Welle (Spindel in der Mitte) treibt direkt oder indirekt etwas an. Im verwendeten Bild sind zwei Elektromotoren zu sehen, welche auf der Spindel eine Riemenscheibe haben. Über diese treiben sie Keilriemen an (senkrechte Gummizüge).

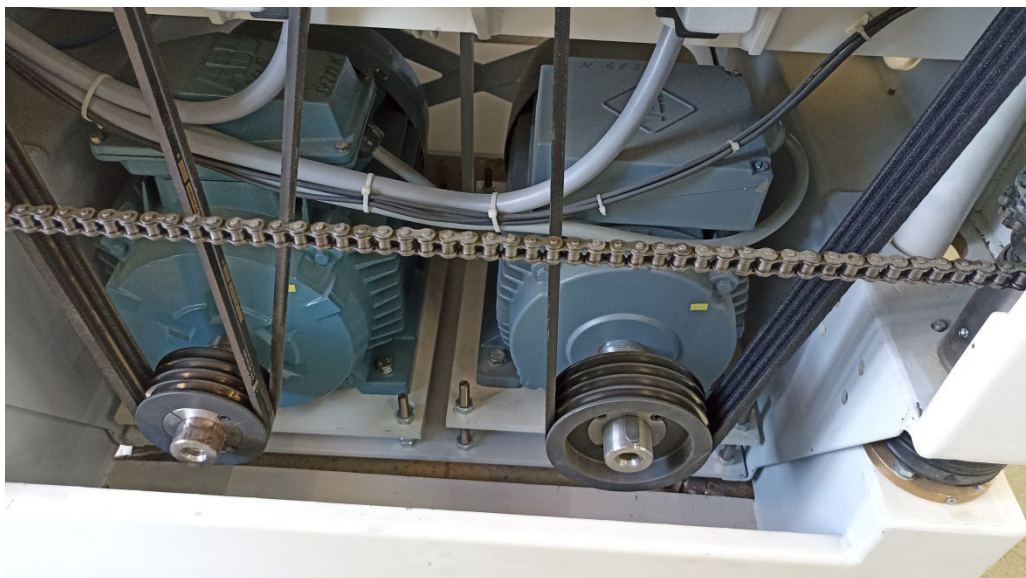


Abbildung 83: Elektromotoren mit Keilriemen (Quelle: Näf Service und Maschinen AG)

Die Keilriemen sind mit dem zu bewegenden Teil der Maschine verbunden. An diesem befindet sich ebenfalls eine Riemenscheibe, welche die Bewegung überträgt. Durch verschiedene Durchmesser der Scheiben können unterschiedliche Drehzahlen eingesetzt werden.



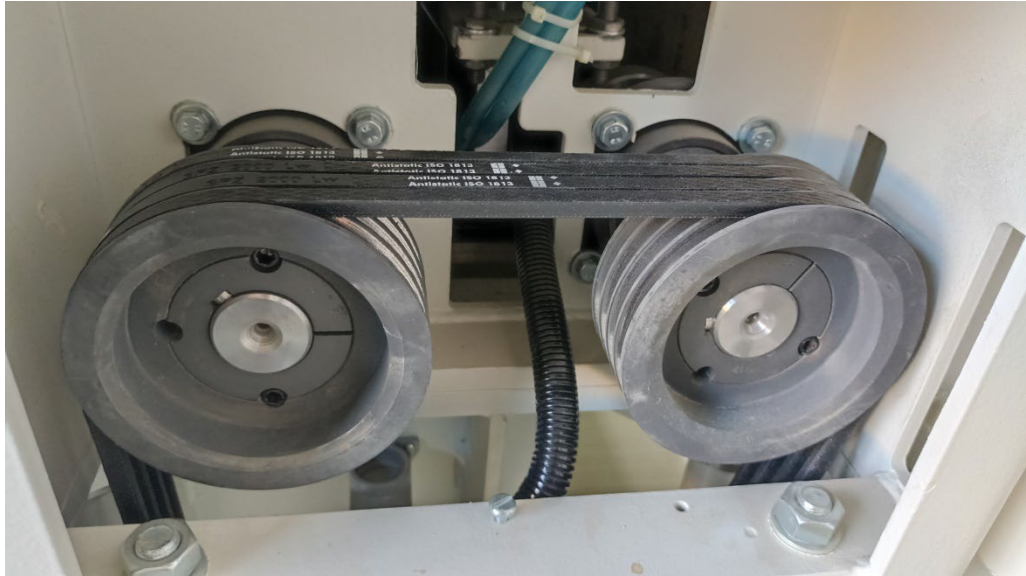


Abbildung 84: Riemenscheiben und Keilriemen (Quelle: Näf Service und Maschinen AG)

### 3.2.9. Hydraulikpumpe

Die Hydraulikpumpe ist eine elektrisch angetriebene Pumpe für Flüssigkeit. Sie verfügt über einen Flüssigkeitstank / Öltank und einen Elektromotor. Durch die Pumpe wird im Hydrauliksystem ein Druck erzeugt, welcher eine Bewegung auslöst.

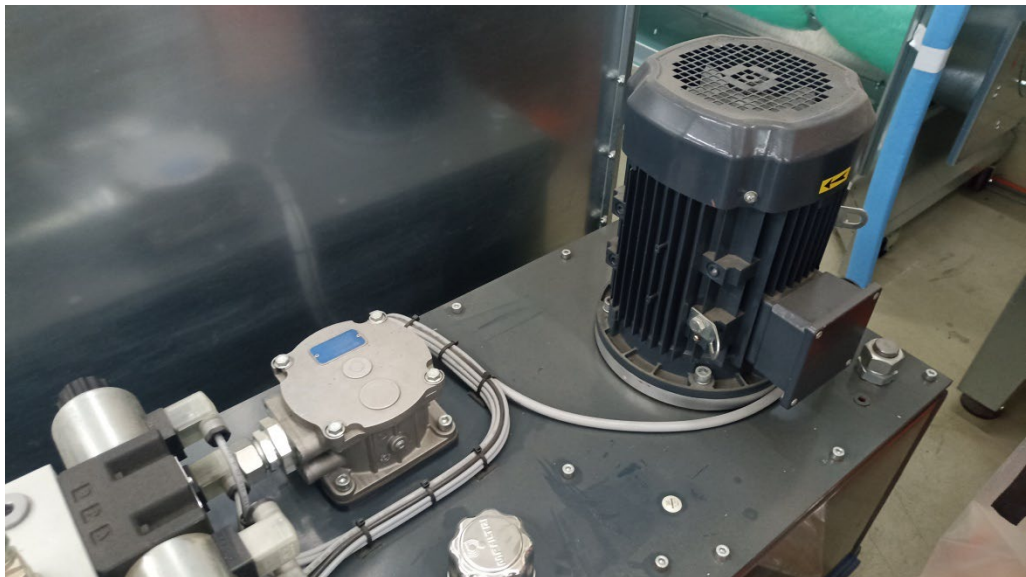


Abbildung 85: Hydraulikpumpe (Quelle: Näf Service und Maschinen AG)

### 3.2.10. Hydraulikventil

Die Regelung, wann wohin Flüssigkeit fließt, geschieht über ein Hydraulikventil. Dieses ist an den robusten, verpressten Schläuchen zu erkennen, welche zum Ventil hin und wieder davon wegführen. Diese Schläuche sind speziell für den Einsatz in der Hydraulik gemacht und können enormem Druck standhalten. Gesteuert werden die Ventile über elektronische Komponenten, welche mit einem Kabel mit der Maschinensteuerung verbunden sind.





Abbildung 86: Hydraulikventil (Quelle: Näf Service und Maschinen AG)

### 3.2.11. Hydraulikzylinder

Der Hydraulikzylinder wird von der Hydraulikpumpe betrieben. Durch den entstehenden Druck wird die Bewegung im Zylinder ausgelöst. Der Zylinder hat einen Zufluss- und einen Abflussschlauch, damit die Flüssigkeit zirkulieren kann.

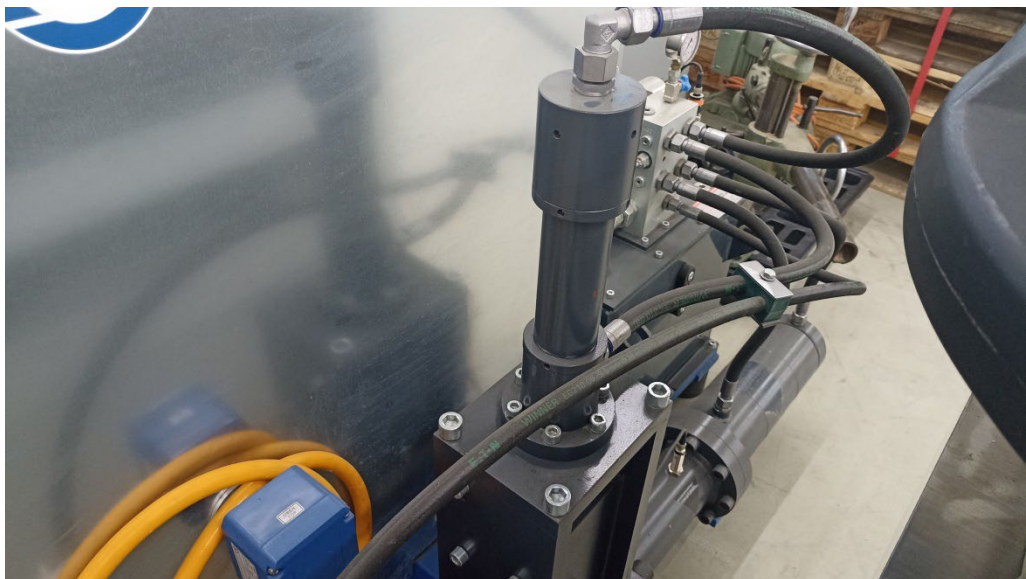


Abbildung 87: Hydraulikzylinder (Quelle: Näf Service und Maschinen AG)

### 3.2.12. Steuerung

Die Steuerung einer Maschine ist das Element, über welches die Maschine bedient wird. Je komplexer der Prozess einer Maschine, desto komplexer ist in der Regel auch die Steuerung. Bediener nutzen in der Regel die Bedieneinheit der Maschine als Steuerung. Diese kann mit Knöpfen oder heute auch immer öfters mit Touchpanel ausgestattet sein.



Abbildung 88: Touchpanel (Quelle: Näf Service und Maschinen AG)

Hinter der Bedieneinheit einer Maschine befindet sich immer eine Steuerung. Diese gibt die eingegeben Informationen an die entsprechende Stelle an der Maschine weiter. Die Steuerung befindet sich im Schaltschrank und ist im Schema der Maschine erklärt, damit ein Fachmann weiss, wie sie zu funktionieren hat.



Abbildung 89: Steuerung (Quelle: Näf Service und Maschinen AG)

### 3.2.13. Sensoren

Die Sensoren sind im Grunde die Augen der Steuerung. Sie geben Informationen weiter und lösen so z.B. eine Bewegung aus. Sensoren gibt es in verschiedenen Varianten. Diese können optisch oder mechanisch sein sowie messend oder schaltend zum Einsatz kommen.



Abbildung 90: Sensoren (Quelle: Näf Service und Maschinen AG)

### 3.2.14. Datenübertragung

Durch die zunehmende Intelligenz der Maschinen, werden heute viele Daten direkt von einer vorbereitenden Software auf die Maschine übermittelt. So werden zum Beispiel Schnittlisten in der Software automatisch optimiert, damit möglichst wenig Ausschuss produziert wird. Anschliessend werden die optimierten Daten mittels Netzkabel auf die Maschine übertragen. Die Maschine arbeitet die Schnittliste ab und vermerkt mittels Papieretikette die Kommission auf dem Werkstück.

Solche Schnittstellen in ein Netzwerk werden aber nicht nur zur Datenübermittlung für Bearbeitungen genutzt. Ebenfalls können Fernwartungen auf Maschinen durchgeführt werden. Gibt es eine Störung im Prozessablauf der Steuerung kann der Servicetechniker via Internet auf die Maschine zugreifen und so den Fehler im Programm korrigieren. Ebenfalls können Fehler an Sensoren oder weiteren Komponenten ausfindig gemacht werden. Dieser Zugriff erspart oft eine Anfahrt durch einen Servicetechniker und somit viel Zeit.

## 3.3. Schaltschemata

### 3.3.1. Grundlagen

Das Schaltschema einer Maschine ist die grafische Darstellung der elektronischen Schaltung. Die verschiedenen elektronischen Komponenten haben unterschiedliche Aufgaben im Schaltschrank oder an den Bedienelementen. Das Schaltschema zeigt diese Aufgaben anhand von Verbindungen und genormten Symbolen auf und ermöglicht die Kontrolle oder auch die Fehlersuche an einer Maschine. Bei einer Störung kann mit dem Schaltschema der Fehler deutlich schneller gefunden werden, als ohne. Der Fachmann kann ablesen, welche Funktionen die Maschine hat und wie die Abläufe sind. Aus diesem Grund empfiehlt es sich, das Schema immer im Maschinenschaltschrank zu lagern und dieses nie zu entsorgen. Wichtig: wer eine Maschine nicht kennt, nimmt selber keine Handlungen am Gerät vor, sondern zieht den Fachmann persönlich oder telefonisch dazu.



Bei der Entwicklung einer neuen Maschine wird zuerst das Schaltschema der Steuerung gezeichnet und damit die Funktion der Steuerung festgelegt. Anhand dieses Bauplans wird dann die Steuerung produziert und in Betrieb genommen.

### 3.3.2. Aufbau

Ein Schaltplan besteht aus genormten Schaltzeichen und den entsprechenden Verbindungen zwischen den Zeichen. Jedes Element auf dem Plan steht für eine Komponente der Maschine und hat entsprechend eine Bedeutung. Damit ein Schaltplan gelesen werden kann, muss man die verschiedenen Schaltzeichen und deren Bedeutung kennen.

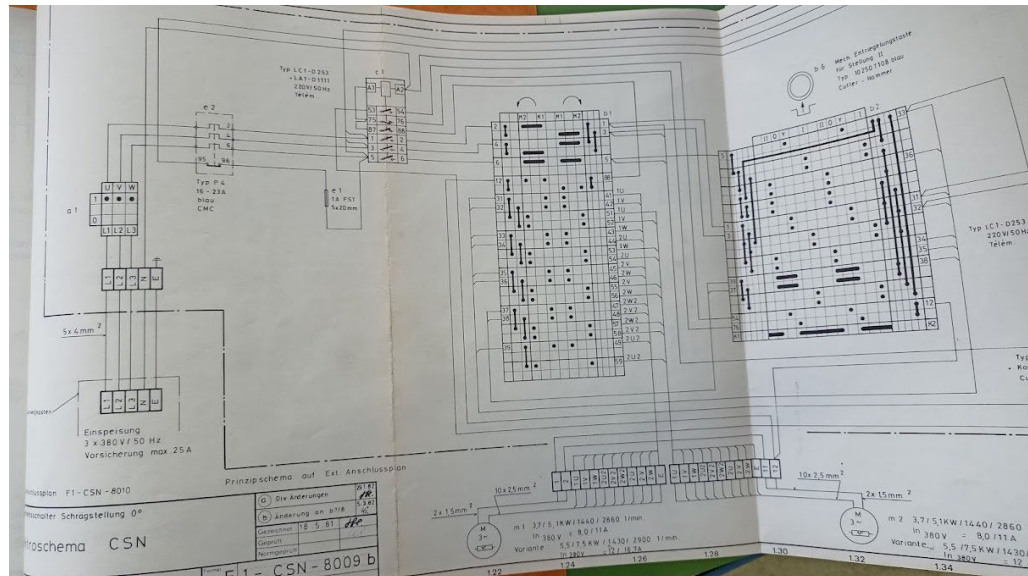




Abbildung 91: Schaltschema (Quelle: Näf Service und Maschinen AG)

### 3.3.3. Schemata lesen

Damit die Schaltschemas oder Schaltpläne von unterschiedlichen Personen gelesen werden können, orientieren sich die verwendeten Symbole grundsätzlich an der Norm ICE 60617, bzw. SN EN 60617. Hier die wichtigsten Symbole und ihre Bedeutung:

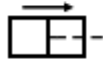
 **Betätigung durch Berühren**  
*Commande par effleurement*  
*Attuatore a sfioramento*  
 Actuator operated by touching

 **Betätigung durch Hebel**  
*Commande par levier*  
*Attuatore a leva*  
 Actuator operated by lever

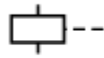




Betätigung durch Schlüssel  
*Commande par clé*  
*Attuatore a chiave*  
Actuator operated by key



Hydraulischer oder pneumatischer Antrieb  
*Actionné par énergie hydraulique ou pneumatique*  
*Attuatore azionato da energia idraulica o pneumatica a semplice effetto*  
Actuator actuated by pneumatic or hydraulic power



Elektromagnetischer Antrieb  
*Actionné par effet électromagnétique*  
*Attuatore azionato da effetto elettromagnetico*  
Actuator actuated by electromagnetic effect



Antrieb durch Elektromotor  
*Commande par moteur électrique*  
*Azionamento da un motore elettrico*  
Actuator operated by electric motor



Abschirmung  
*Ecran*  
*Schermo*  
Screen



Energie-, Signalfluss in einer Richtung  
*Propagation dans un seul sens*  
*Propagazione in un solo senso*  
Propagation (one way)



Leiter, Leitungen, Kabel, Stromkreise, allgemeines Symbol  
*Liaison, symbole général*  
*Conduttore, simbolo generale*  
Connection, general symbol



Trennlinie von funktionalen zusammengehörenden Teilen  
*Séparation*  
*Separazione*  
Boundary



In einer Richtung drehbar  
*Mouvement circulaire unidirectionnel*  
*Movimento circolare unidirezionale*  
Circular motion (unidirectional)

---



Steckdose und Stecker  
*Fiche et prise*  
*Presà e spina*  
Plug and socket

---



Sicherung, allgemeines Symbol  
*Fusible, symbole général*  
*Fusibile, simbolo generale*  
Fuse, general symbol



Motor  
*Moteur*  
*Motore*  
Motor



Dreiphasen-Asynchronmotor mit Kurzschlussläufer  
(Käfigankermotor)  
*Moteur asynchrone triphasé à rotor en court-circuit*  
*Motore asincrono trifase con rotore in corto circuito (a gabbia)*  
Induction motor, three-phase, squirrel cage



Warnaufschrift «spannungsführende Teile»  
*Panneau d'avertissement parties sous tension*  
*Iscrizione di avvertimento parti sotto tensione*  
Warning sign «live parts»

Erkennen Sie einzelne Symbole in der Abbildung oben?

## 3.4. Störungen und Energieverluste

### 3.4.1. Schäden und Störungen bei strombetriebenen Anlagen

Strombetriebene Anlagen werden von einem oder mehreren Elektromotoren angetrieben. Der Elektromotor besteht zu einem grossen Teil aus gewickelten Kupferdrähten. Diese können bei Überlast oder auch mit der Zeit verbrennen. Wenn die Wicklung nicht mehr komplett ist, funktioniert der Motor nicht mehr richtig oder gar nicht mehr. Ein Elektromotor kann mit einem Multimeter (elektrotechnisches Messwerkzeug) ausgemessen werden. So wird festgestellt, wo der Fehler genau liegt. Für diese Messung lohnt es sich einen Fachmann hinzuzuziehen, da diese je nach Motortyp recht komplex ist.

Ein weiterer, häufig angetroffener Schaden ist ein Defekt am Schalter. Meist liegt die Ursache beim Kontakt zwischen Schalter und Maschine. Stern-Dreieck-Schalter können durch häufigen Gebrauch im Inneren schwinden.

Wenn die Maschine nach dem Einschalten nicht anläuft oder sich im Betrieb plötzlich ausschaltet, ist zu prüfen, ob ein Stromausfall vorliegt, ob die Werkzeuge am Gerät nicht mehr richtig funktionieren oder ob Sicherheits- und Schutzelemente der Maschine nicht richtig auf- und eingesetzt sind. Möglich ist auch, dass der Motorschutzschalter wegen Überhitzung ausgelöst hat. In diesem Fall kann der Motor nach einer Abkühlzeit wieder gestartet werden.

### 3.4.2. Energieverluste bei Maschinen

Überall wo Energie für einen Arbeitsprozess gebraucht wird, kann diese auch verloren gehen. In der Holzverarbeitung kennen wir folgende, häufigste Energieverluste.

Leerlaufverlust	Von einem Leerlaufverlust wird gesprochen, wenn die Maschine läuft, aber keine Bearbeitung durchgeführt wird. Dies kann zum Beispiel zwischen zwei Arbeitsschritten der Fall sein. Der Energieverbrauch eines Motors ist im Leerlauf zwar geringer als unter Last, doch ist der Verbrauch trotzdem unnötig. Ebenfalls von Leerlaufzeiten wird zum Beispiel bei einem Schraubenkompressor bei der Einlauf- oder Auslaufzeit gesprochen. Diese Zeit benötigt das Gerät, um die nötigen Tourenzahlen hinzubekommen, damit anschliessend gearbeitet werden kann.
Druckluftverlust	Druckluft ist nichts anderes als gespeicherte Energie. Wenn die Druckluft ohne einen bestimmten Zweck entweicht, ist dies ein Energieverlust. In vielen Fällen wird dieser nicht als sehr tragisch wahrgenommen, da er nicht direkt spürbar ist. Wenn die entweichende Luft aber einmal addiert wird und die nötigen Arbeitsstunden eines Kompressors zur Erzeugung dieser Luft eruiert werden, wird doch klar, dass dieser Energieverlust doch ins Gewicht fällt.
Absauganlagen-Leerlauf	Die Absauganlage ist dafür zuständig, dass der Staub, die Späne oder das Sägemehl abgesogen werden. Damit dies passiert, werden mit elektrischer Energie ein oder mehrere Ventilatoren angetrieben. Wenn die Anlage läuft, obwohl keine Arbeiten an der Maschine vollzogen werden, geht viel Energie verloren.

### 3.4.3. Massnahmen gegen Energieverlust

Um den Energieverbrauch von Anlagen möglichst gering zu halten, gilt es Leerlaufzeiten zu vermeiden. Bediener sollten die Anlagen und Maschinen daher nur einschalten, wenn diese wirklich gebraucht werden. Dasselbe gilt auch bei unterstützenden Maschinen wie zum Beispiel der Absauganlage oder dem Kompressor. Beim Kompressor kann ausserhalb der Arbeitszeit mit einem Kugelhahn die Anlage vom Netz getrennt werden, damit keine unnötige Luft verbraucht wird. Moderne Kompressoren haben in der Steuerung einen Zähler für Arbeitsstunden und Leerlaufstunden. Es empfiehlt sich dieses Verhältnis in regelmässigen Abständen zu kontrollieren. Bei der Absauganlage ist eine Anlaufautomatik von Vorteil. So läuft die Anlage automatisch an, wenn eine Bearbeitungsmaschine gestartet wird. Moderne Anlagen verfügen ausserdem über einen frequenzgesteuerten Motor. Dieser läuft nicht immer auf Volllast sondern passt sich dem Absaugbedarf in der Werkstatt an.

Wer einen anderen Energieverlust bei einer Maschine feststellt, soll dies sofort einer verantwortlichen Person melden. Klassisch ist der Verlust von Druckluft. Wenn ein Pneumatikschlauch oder eine Verbindung nicht mehr dicht sind, geht Druckluft verloren. Dieser Energieverlust ist zu hören und soll möglichst rasch behoben werden.

## 3.5. Gefahren, Risiken und Prävention

Jede Maschine, die eine Arbeit ausführt, birgt auch Gefahren. So können Personen eingeklemmt, geschnitten, elektrifiziert oder anderweitig verletzt werden. Im Grundsatz muss jeder Maschinenhersteller eine Gefahrenanalyse erstellen. Diese dient dazu, die nötigen Schutzvorkehrungen an Maschinen anzubringen, damit das Unfallrisiko auf ein Minimum beschränkt werden kann. Ausserdem wird in regelmässigen Abständen eine Typenprüfung durch eine unabhängige Stelle durchgeführt. Dabei wird kontrolliert, ob die Maschinenbaurichtlinien eingehalten sind. Ebenfalls werden die Schutzmassnahmen kontrolliert und auch geprüft, ob diese wirklich wirken.

Wenn die Maschinen in Betrieb sind, ist der Betreiber in erster Linie selber für die Arbeitssicherheit verantwortlich. Regelmässige interne Kontrollen verhindern, dass Schutzvorrichtungen durch Maschinenbediener demontiert oder überbrückt werden. In der Schweiz führt die Unfallversicherung SUVA regelmässige Betriebskontrollen durch, bei denen die Arbeitssicherheit im Allgemeinen kontrolliert wird.

Damit die Gefahr bei einer Maschinenbedienung möglichst klein ist, muss das Bedienpersonal geschult werden. Diese Schulung findet in der Regel in der Grundausbildung in Überbetrieblichen Kursen statt.

### 3.5.1. Gefahren und Risiken am Arbeitsplatz

An fast allen Arbeitsplätzen setzen sich Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter Gefahren und Risiken aus. Damit es möglichst nicht zu Unfällen kommt, ist es wichtig, Gefahren und Risiken zu kennen.



## Pneumatische Anlagen

Die Druckluft ist ein unsichtbarer Energieträger. Wie der Name schon sagt, kann diese sehr grosse Energie abgeben und somit auch Verletzungen verursachen. Wichtig ist, dass die Verbindungen im Druckluftnetz korrekt angeschlossen sind. Bei Steckverbindungen sind zwingend Sicherheitskupplungen zu verwenden. Diese verhindern das ruckartige Abspringen von Schläuchen oder Handgeräten. Das Abblasen von Personen mit Druckluft ist ebenfalls zu vermeiden. Durch die ausströmende Luft können Schäden an Haut oder auch an Gliedmassen entstehen. Die Druckluft ist zwar nicht sichtbar aber dafür umso deutlicher hörbar. Das Rauschen von ausströmender Luft kann zu Gehörschäden führen. Wenn dieses Rauschen nicht verhindert werden kann, muss ein Gehörschutz getragen werden (suva, Druckluft: die unsichtbare Gefahr, 2014).

Spannender Link:

<https://www.suva.ch/download/dokument/druckluft---die-unsichtbare-gefahr--sicherheits-blaspistolen-und-sicherheits-kupplungen--schutzziele-und-loesungen--44085.D>

## Hydraulische Anlagen

Bei hydraulischen Anlagen stehen Flüssigkeiten unter sehr hohem Druck. Dieser kann über undichte Schläuche oder Verbindungen entweichen und Verletzungen verursachen. Der Vorteil ist, dass die undichten Stellen durch austretende Flüssigkeit erkannt werden können. Wenn solche Stellen vorhanden sind, müssen diese geflickt werden. Ansonsten besteht die Gefahr, dass ein Hydraulikschlauch mit grossem Druck von seiner Kupplung abspringt und jemanden verletzt. Der Ersatz von Hydraulikelementen muss zwingend mit dafür vorgesehenen Komponenten geschehen. Der Druck im System ist sehr hoch und die verwendeten Schläuche müssen daher explizit für diesen Einsatz hergestellt werden. Bei hydraulischen Anlagen ist auch die gespeicherte Energie gefährlich. So wird zum Beispiel eine Hebebühne durch einen Hydraulikzylinder nach oben bewegt. Wenn dieser Zylinder plötzlich Druck ablässt, schnellt die Hebebühne nach unten. Menschen sollten sich daher nie in die Gefahrenzone von gespeicherten Energien begeben oder eine Sicherung der Energie sicherstellen.

## Elektrische Anlagen

Elektrizität ist eine Energie, die nicht sichtbar, nicht riechbar und auch nicht hörbar ist. Aus diesem Grund kann das Arbeiten mit Strom auch äusserst gefährlich sein. Im Grundsatz sind elektrische Arbeiten durch einen Fachmann zu erledigen. Wer einen Mangel an einer Maschine feststellt, nimmt die Maschine vom Strom (Stecker ausziehen, Hauptschalter ausschalten, Sicherung rausnehmen usw.) und informiert den Vorgesetzten. Es passieren jährlich um die 600 Berufsunfälle wegen Stromschlägen (suva.ch/praevention, 2023). Das Überbrücken von Sicherungen oder sicherheitsrelevanten Teilen ist untersagt und kann zu schwerwiegenden Unfällen führen.

Spannender Link:

<https://www.suva.ch/de-ch/praevention/nach-gefahren/gefaehrliche-materialien-strahlungen-und-situationen/umgang-mit-elektrizitaet#state=%5Banchor-BA9A8064-EC8C-410E-9E8B-0C732B819861%5D>

### 3.5.2. Prävention

Wie erwähnt, müssen alle Maschinenhersteller eine Gefahrenanalyse für Maschinen erstellen. Nach der Analyse werden entsprechende Schutzeinrichtungen an der Maschine montiert. Sei dies ein Endschalter, der die Maschine nicht starten lässt, wenn ein Verdeck noch offen ist oder auch ein Schutz über beweglichen Teilen. Trotz der Schutzvorkehrungen an der Maschine hat sich der Bediener aber auch selber zu schützen. Dafür steht jedem Arbeitnehmer eine persönliche Schutzausrüstung zur Verfügung. In der Holzverarbeitung gehört Gehörschutz zur Standardausrüstung. Je nach Arbeit wird die Ausrüstung durch eine Schutzbrille und Handschuhe erweitert. Geeignete Kleidung / Schutzkleidung und auch Sicherheitsschuhe gehören zur Ausrüstung dazu. Wenn die entsprechende Schutzausrüstung fehlt, ist der Sicherheitsbeauftragte im Betrieb zuständig. Er ist erste Ansprechperson für Arbeitssicherheit.

Damit die Maschinen nach der Inbetriebnahme weiterhin den gängigen Sicherheitsstandards entsprechen, stellt die SUVA entsprechende Checklisten zur Verfügung. Mit diesen Checklisten können die Maschinen geprüft und allfällige Mängel erfasst werden. Auch hier ist der Sicherheitsbeauftragte in der Firma erste Ansprechperson. Er ist verantwortlich, dass die Vorgesetzten über allfällige Missstände informiert und diese anschliessend behoben werden.

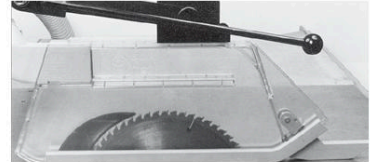
### 1. Füllen Sie die Checkliste aus.

Wo Sie eine Frage mit «nein» oder «teilweise» beantworten, ist eine Massnahme zu treffen. Notieren Sie die Massnahmen auf der letzten Seite. Sollte eine Frage Ihren Betrieb nicht betreffen, streichen Sie diese einfach weg.

### 2. Setzen Sie die Massnahmen um.

#### Antriebsselemente

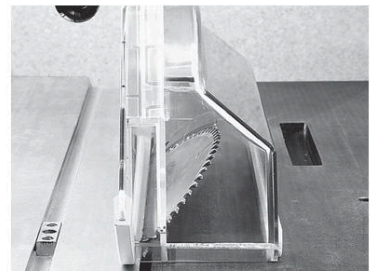
- 1 Sind die Antriebselemente (z. B. Riemen) durch **Verdeckungen** gesichert?
- ☐ ja  
☐ teilweise  
☐ nein



1 Parallel geführte Schutzhaube mit Vorritzblatt-Verdeckung.

#### Verdeckung des Sägeblattes

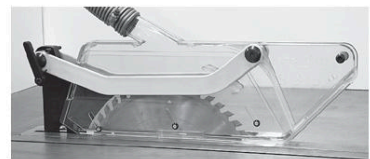
- 2 Ist das **Sägeblatt** unter dem Tisch gegen Berühren gesichert?
- ☐ ja  
☐ nein
- 3 Ist eine **Schutzhaube** montiert? (Bild 1)
- Bei Maschinen mit schrägstellbarem Sägeblatt muss eine breite Schutzhaube vorhanden sein. (Bild 2)
  - Bei Maschinen mit Vorritzblatt muss eine entsprechende Verdeckung vorhanden sein. (Bild 1)
  - Bei Tischkreissägen ab Baujahr 1997 mit einem Blattdurchmesser < 315 mm kann die Schutzhaube auch am Spaltkeil montiert sein. (Bild 3)
- 4 Ist die **Schutzhaube in funktionstüchtigem Zustand** (z. B. Haubenleisten, Verstellmechanismus) und weist sie keine Beschädigungen auf?
- ☐ ja  
☐ teilweise  
☐ nein



2 Auswechselbare, breite Schutzhaube.

#### Spaltkeil

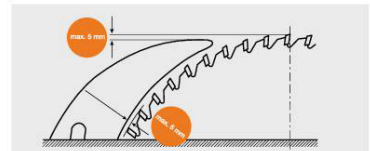
- 5 Ist der **Spaltkeil korrekt eingestellt** und liegt er genau in der Flucht des Sägeblattes? (Bild 4)
- ☐ ja  
☐ nein
- 6 Hat der Spaltkeil die **richtige Dicke**?
- Der Spaltkeil muss dünner sein als die Schnittbreite, aber mindestens so dick wie der Sägeblattkörper.
- ☐ ja  
☐ nein



3 Am Spaltkeil montierte Schutzhaube.

#### Stosshölzer

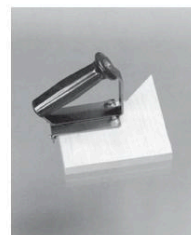
- 7 Sind ein **Seiten-** und ein **Längsstossholz** an der Maschine griffbereit? (Bilder 5 und 6)
- ☐ ja  
☐ teilweise  
☐ nein



4 Korrekt eingestellter Spaltkeil.

#### Parallel- und Queranschlag

- 8 Ist ein in der **Längsrichtung verschiebbarer** Parallelanschlag vorhanden? (Bild 7)
- ☐ ja  
☐ nein
- 9 Ist sichergestellt, dass der Parallel- und Queranschlag im Bereich der Schutzhaube nicht höher als 15 mm ist?
- Der Anschlag darf die **Schutzwirkung der Schutzhaube nicht beeinflussen**. Die Schutzhaube muss immer auf das Werkstück absenkbar sein.
- ☐ ja  
☐ teilweise  
☐ nein



5 Seitenstossholz

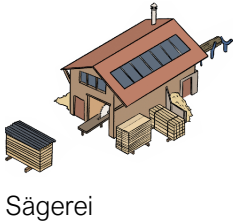


6 Längsstossholz

Abbildung 92: Checkliste Tischkreissäge (Quelle: SUVA)

Im Grundsatz ist der Maschinenführer selber verantwortlich, dass die Maschine korrekt funktioniert. Wer also einen Mangel feststellt, sei dies pneumatisch, hydraulisch oder elektrisch, informiert den Vorgesetzten. Nur so kann sichergestellt werden, dass der Mangel auch behoben wird. Mitarbeitende verschaffen sich vor dem Bedienen einer Maschine einen kurzen Überblick über die Funktionsweise und auch die möglichen Gefahren (schneiden, klemmen, gespeicherte Energien usw.). Wer sich einer Gefahr bewusst ist, kann auch eher ein Unfall verhindern.

## 4. Rundholzeinteilung



### HK c1: Produktion von Schnittholz vorbereiten

Der Rundholzplatz mit seinen Vermessungs- und Einteilstationen steht am Anfang des gesamten Produktionsprozesses eines Sägewerkes. Eine systematische Ordnung ist das «A und O» für jeden Betrieb. Nur so kann man den Qualitätsstandard für die Produktion beibehalten und ohne Stehzeiten die gewünschten Längen und Sortimente zur richtigen Anlage bringen.



Abbildung 93: Arbeit auf dem Rundholzplatz (Quelle: Lang-Sägewerk AG)

Auch ist eine optimale Einteilung des Rundholzes für die Wirtschaftlichkeit eines Unternehmens enorm wichtig. Bei der Einteilung wird das Rundholz gemäss der Massliste nach Länge, Durchmesser und Qualität eingeteilt. Dabei wird versucht, möglichst zur Massliste passendes Rundholz zu verwenden und mit dem geeigneten Schnittbild eine hohe Ausbeute zu erreichen.

### Praxisaufträge im Betrieb

#### Verarbeitungsstufe 1:

- Mit Unterstützung komplexe Aufträge ausführen wie z.B. Bauholzliste rüsten
- Mit Unterstützung Einschnittechnik und Schnittbild für verschiedene Produkte bestimmen
- Masslisten erstellen (3.LJ)



- Ausbeute berechnen (3. LJ)
- Praktikum Verarbeitungsstufe 1 (unter Aufsicht)
- Auftrag rüsten inkl. Dimensionen berechnen
- Einschnitttechnik und Schnittbild bestimmen, Einschnitt vorbereiten

### Überbetrieblicher Kurs 4 & 5

- Rundholz prüfen und sortieren
- Schadorganismen identifizieren und Massnahmen besprechen
- Einschnitt vorbereiten
- Einteilung Rundholz, Berechnung Zopfdurchmesser, Einschnitttechnik und Schnittbild bestimmen
- Masslisten erstellen
- Ausbeute beurteilen und berechnen
- Schnitt- und Massivholz beurteilen, messen, klassieren

### Berufliche Situationen:

- Sie vergewissern sich durch den Austausch mit den Maschinisten im Sägewerk über die Qualität des Schnittproduktes.
- Sie nehmen Masslisten vom Büro entgegen und teilen Rundholz nach den Schweizer Handelsgebräuchen ein.
- Sie versuchen beim Einteilen mit der korrekten Wahl des Schnittbildes immer die maximale Ausbeute aus einem Rundholzstamm zu erreichen.
- Sie kontrollieren die Rundholzlisten und geben diese dem Rundholzeinkäufer weiter.
- Sie legen grossen Wert auf die Sicherheit auf dem Rundholzplatz, auch in Bezug auf die Höhe der Rundholzpolter.

### Lernziele

- Sie beschreiben den Ablauf der Rundholzeinteilung.
- Sie beschreiben die spezifischen Eigenschaften des Massivholzes für den Einsatz als Werk- und Baustoff bzw. als Rohstoff für holzbasierte Produkte.
- Sie erklären die Einstufung von Nadel- und Laubrundholz nach Stärke- und Güteklassen anhand der Schweizer Handelsgebräuche für Rohholz.
- Sie klassieren Rundholz anhand von Anschauungsmaterial.

- Sie vergleichen Rundholz mit den Anforderungen des Schnittholzes und teilen es entsprechend ein.
- Sie ordnen die verschiedenen Wuchsmerkmale der Holzarten richtig ein, um die maximale Ausbeute aus dem Rundholz zu erreichen.
- Sie unterscheiden zwischen manueller Vermessung und Werksvermessung auf dem Rundholzplatz und können dieses Vorgehen beschreiben.
- Sie berechnen Zopfdurchmesser anhand von Aufträgen bzw. Masslisten.
- Sie erläutern die Bedeutung der optimalen Wertschöpfung des Rundholzes für einen Betrieb.

#### 4.1. Sortierung und Einteilung auf dem Rundholzplatz

Jeder Baum ist ein Produkt der Natur. Die Sondermerkmale des Baumwachstums (Astigkeit, Unregelmässigkeiten im Jahrringbau, Abholzigkeit, Drehwuchs, Reaktionsholz usw.), die Holzschäden (Harztaschen, Sturmschäden, Frostrisse, Sonnenbrandschäden usw.) und die Auswirkungen von Baumkrankheiten (Mosaikfarbkern bei Buche, Mondringe bei Eiche usw.) sind vielfältig. Auch die Abmessungen der Bäume sind unterschiedlich. Selbst bei derselben Holzart ist deshalb jeder Baum einzigartig und hat uneinheitliche Eigenschaften. Um das gefällte Rohholz möglichst gut verwerten zu können, wird es sortiert. Beim Rundholz werden dafür vier unterschiedliche Sortierungen angewendet, siehe «Schweizer Handelsgebräuche für Rohholz, Ausgabe 2021» (HGR Lignum, 2021) (hier kurz als «HG Rohholz» bezeichnet) Kapitel 2.:

- nach Längenklassen
- nach Verwendungszweck
- nach Durchmesser
- nach Qualitäten

Die Messung der Sortiermerkmale ist in den HG Rohholz, Kapitel 1.3 festgelegt.

Heute wird die Sortierung des Rundholzes oft zumindest teilweise im Rahmen der Werksvermessung im Sägewerk durchgeführt. Das Rundholz wird dann entsprechend der Klassierung dem jeweiligen Polter zugeführt und dort für den späteren Einschnitt zwischengelagert.



Abbildung 94: Rundholzplatz (Quelle: OLWO AG)

Schnittholz wird meistens als Zwischenprodukt hergestellt und nach dem Aussehen in einer sogenannten Erscheinungsklassierung sortiert. Die Kriterien dieser Erscheinungsklassierung sind hinsichtlich der Anforderungen für die weitere Verarbeitung festgelegt. Siehe dazu Kapitel «Sortimentskenntnisse».

Um einen möglichst guten Ertrag erzielen zu können, verwendet der Holzindustriefachmann für den Einschnitt eines Produktes dann vorteilhafterweise das Rohholz mit:

- der passenden Länge,
- dem notwendigen Zopfdurchmesser,
- der ausreichenden Qualität.

Die Merkmale des Holzes können die Eignung für einen Verwendungszweck einschränken.

Beispiel: Ein Ast mit Durchmesser 40 mm:

- wird in einer Dachlatte 24/48 mm praktisch den ganzen Querschnitt ausfüllen und damit die Festigkeit reduzieren. Bei diesem Ast wird die Dachlatte bereits bei geringer Biegebeanspruchung brechen. Die Verwendbarkeit der Dachlatte wird durch diesen Ast eingeschränkt.
- ist in einem Kantholz 100/200 mm im Verhältnis kleiner. Der Ast kann je nach seiner Lage im Querschnitt zwar die Festigkeit auch mehr oder weniger stark schwächen. Trotzdem wird die Verwendbarkeit des Kantholzes durch den Ast kaum eingeschränkt werden.

Bei der Wahl des Rundholzes für den Einschnitt ist es deshalb empfehlenswert, wenn Sie sich überlegen, welche Qualität für das vorgesehene Schnittholz am besten geeignet ist.

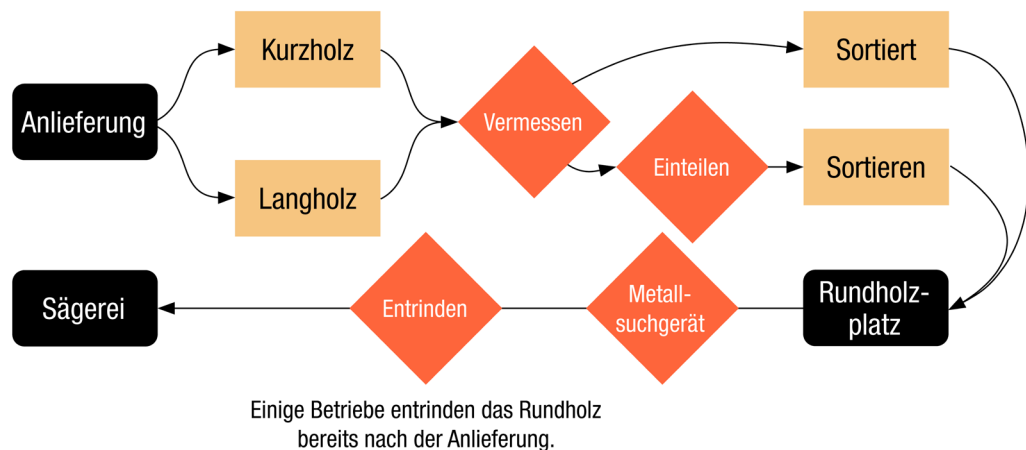


Abbildung 95: Von der Anlieferung bis zum Sägewerk (Quelle: HIS)

## 4.2. Rundholzeinteilung

Anhand der voraussichtlich benötigten Menge für die Produktion des jeweiligen Schnittholzes wird Rundholz eingekauft. Anschliessend wird dieses wie beschrieben auf dem Rundholzplatz sortiert. In einem nächsten Schritt wird nun das richtige Rundholz für das richtige Schnittholzprodukt eingeteilt. Ziel der Rundholzeinteilung ist es, eine möglichst hohe Ausbeute, d.h. möglichst viel «Eckiges» aus dem Rundholz zu erhalten (siehe Kapitel Ausbeute, 2. Lehrjahr). Natürlich von der verlangten Holzart und in der nach den HG Rohholz und HHG Holz + HWS geregelten Qualität. Ist das Holz eingeteilt und fertig zugeschnitten, muss es mit dem jeweiligen Schnittbild oder Sortimentsangaben an der Stirnseite beschriftet werden. Damit es korrekt sortiert werden kann und der Holzindustriefachmann im Sägewerk weiss, was er aus dem Stamm einschneiden muss.

Das Einteilen des Rundholzes ist also richtungsweisend für die Rentabilität eines Sägewerkes und dadurch eine der verantwortungsvollsten Arbeiten im Betrieb.

Beim Kurzholz ist es eher ein optimales Sortieren, nach den oben genannten Kriterien (Holzart, Länge, Zopfdurchmesser und Qualität), das zur erfolgreichen Wertschöpfung beitragen kann.

Von Rundholzeinteilen spricht man hauptsächlich beim Mittellang- und Langholz.

Dabei geht man beim Rundholzeinteilen wie folgt vor:

- Überblick über die Kundenaufträge (Massliste) verschaffen
- Rundholzstamm messen
- Holzart und Qualität (A, B, C, D) bestimmen
- Zopfdurchmesser mit Kluppe ermitteln (ist meist durch die Messung schon gewährleistet)
- Schnittbild für den jeweiligen Rundholzabschnitt bestimmen
- Stamm von Hand oder mit Einteilungsprogramm in der Länge optimieren (Stamm in der passenden Länge mit fiktiven Trennschnitten versehen)
- Stamm entsprechen in der Länge kappen und mit den richtigen Sortimentsangaben / Schnittbild an der Stirnfläche beschriften
- Stamm in die verschiedenen Rundholzpolter befördern (Sortieren)



#### 4.2.1. Kundenauftrag (Massliste)

Sobald ein Kundenauftrag von der Arbeitsvorbereitung (AVOR) im Büro entgegen genommen und erfasst wird, erstellt diese eine Massliste. Diese wird anschliessend vom Produktionsleiter im Büro abgeholt und an die nötigen Arbeitsorte in einem Sägewerk wie beispielsweise Disposition, Paketierung, Kranführer, Maschinist und Rundholzeinteilung verteilt.

Auf Grund dieser Massliste werden die verschiedenen Kundenaufträge auf dem Rundholzplatz eingeteilt und anschliessend produziert.

Das rasche und effiziente Erstellen von Ausgangsbelegen jeder Art ist eine administrative Notwendigkeit in jedem Unternehmen. Effizienz bedeutet, dass nebst automatisierbaren Vorgängen auch die Computer-Programme bestimmte wiederkehrende Abläufe einfach aufzeichnen und wieder abspielen können. Offerten, Auftragsbestätigungen, Holzlisten, Lieferscheine, Rechnungen, Belege können so ineinander überführt werden. Dabei kann der Belegfluss selbstverständlich definiert werden, so dass die Unternehmens- oder Organisationsprozesse optimal abgebildet werden können.

Die Dokument-Abfolge sieht meistens folgendermassen aus:

**Offerte > Auftragsbestätigung > Massliste / Holzliste > Lieferschein > Rechnung**

In der Mass- oder Holzliste werden sämtliche Produkte mit ihren Holzarten erfasst. Die Mass- oder Holzliste wird für die Produktion und Kontrolle verwendet. Die Abrechnung wird anhand dieser Daten erstellt.

Die Holzliste muss deshalb genau ausgefüllt werden, damit ein Auftrag korrekt ausgeführt und am Schluss auch abgerechnet wird.

Es muss folgendes in einer Massliste ersichtlich sein:

<b>Massliste</b> (Holzliste)							Blatt Nr.
Unternehmer <i>Lärche Tanner Sägerei AG</i> ..... .....					Kunde: <i>Herbert Muster AG</i> ..... .....		
Telefon ..... Fax .....					Auftrags-Nr. <i>145.02</i>		
Sachbearbeiter: <i>Max Planer</i>					Bestellt am: <i>21.10.20...</i>		
Datum: <i>01.11.20...</i>					Lieferant:		
Liefertermin: <i>03.11.20...</i>							
Vollholz generell herzetrennt gem. SIA-Norm					Vollholz klar & deutlich auf Stirnseite markie-		
Nr.	Benennung	Stück	Dim		Länge in Meter	m <sup>3</sup>	Bemerkungen
1	<i>Schwelle</i>	4	140	100	7.500	0.420	<i>sägeroh</i>
2	<i>Balken</i>	16	140	140	8.500	2.666	.....
3	<i>Balken</i>	6	140	220	4.600	0.850	
4	<i>Parallelbretter</i>	50	160	30	5.000	0.960	

#### 4.2.2. Messen des Rundholzstammes (HG Rohholz, Teil 1)

Die Länge, der Durchmesser oder das Gewicht des Rundholzes wird entweder im Wald mit der manuellen Vermessung oder im Sägewerk mit der Werksvermessung ermittelt. So wird festgestellt, ob es sich um Kurz- oder Mittellangholz oder um Langholz handelt. Diese Angaben dienen auch für die Berechnung des Rundholzes und somit für die Rechnungsstellung (siehe Kapitel Rundholz und Schadorganismen 2. LJ).

Der Stamm kann in einem Stück oder in Abschnitten gemessen werden. Er kann auch nach einer Gewichtseinheit gewogen werden. Die Längen-, Durchmesser- oder Gewichtsermittlung hat mit Massband, Doppelmeter, Ablängstab, geeichten Kluppen, geeichten elektronischen Messgeräten oder geeichten Waagen zu erfolgen.

Bis ungefähr zur Jahrtausendwende war es selbstverständlich, dass die Rundholzdaten vom Waldbesitzer angegeben und bestimmt wurden. Das Rundholz wurde also manuell eingemessen. Nur die grossen und modernen Sägewerke in unserem Land konnten eine Werksvermessung vornehmen. Heute können dies auch mittelgrosse Sägewerke und Kleinbetriebe. Dies ist aber nur möglich, wenn der Forst einwilligt und das Sägewerk über eine entsprechende Rundholzvermessungsanlage verfügt. Im Folgenden werden die beiden Verfahren beschreiben.

**Manuelle Vermessung** bedeutet, dass der Baum, nach dem er gefällt und entastet wurde, vom Förster in verschiedene Längenklassen eingeteilt wird. Dazu wird manuelles Messwerkzeug wie Massband und Kluppe verwendet. Das Vorgehen wird in den Schweizer Handelsgebräuchen für Rohholz (HG Rohholz) genauestens

Manuelle  
Vermessung

beschrieben. Folgende Schritte werden bei der Vermessung des Stammes angewendet:

1. Holzart des Rohholz-Stammes (RH-Stamm) wird bestimmt
2. Verwendungszweck des RH-Stammes wird bestimmt, z.B. Stammholz
3. Messung der Längsachse des RH-Stammes mit dem Massband unter Einbezug des obligatorischen Zumasses
4. Mitteldurchmesser des RH-Stammes wird übers Kreuz gemessen
5. Der RH-Stamm wird in eine Qualität (A, B, C, D) eingeteilt.

Der Mitteldurchmesser (d.h. auf halber Länge) wird bei Stämmen bis 19 cm Durchmesser durch einmaliges Kluppen (Messen), ab 20 cm durch zweimaliges Kluppen senkrecht zueinander ermittelt.

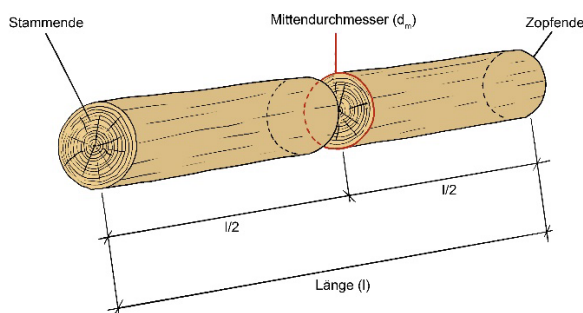


Abbildung 96: Mitteldurchmesser  $d_m$  (Quelle: HIS)

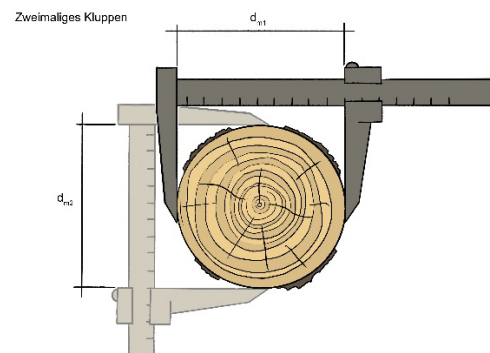


Abbildung 97: zweimaliges Kluppen (Quelle: HIS)

Anschliessend wird der Baum an den Waldrand oder zur Waldstrasse gebracht und zu einem Polter (Rundholzstapel) gestapelt. Der Rundholzlastwagen holt die Stämme zur gegebenen Zeit ab. Nach der Lieferung wird dem Sägewerk die Rechnung mit den ermittelten Rundholzdaten gesendet.

Die manuelle Vermessung von Rundholz im Wald ist zwar eine zeitaufwändige und arbeitsintensive Methode. Sofern dem Sägewerk kein automatisiertes Vermessungssystem (Werksvermessung) zur Verfügung steht, muss jedoch diese Methode angewandt werden. Aber auch bei der Werksvermessung müssen in periodischen Abständen Stichproben mit manueller Vermessung im Wald gemacht werden. Damit wird sichergestellt, dass die Werksvermessung die Masse korrekt erfasst.

Die Kluppe für die manuelle Vermessung muss ebenfalls periodisch geeicht werden.

#### Werksvermessung

Einerseits werden in den Sägewerken immer grössere Rundholzmengen verarbeitet. Andererseits hat auch die Technologie gewaltige Schritte in Richtung Digitalisierung gemacht. Dies führt dazu, dass die meisten Sägewerke mittlerweile auch auf dem Rundholzplatz über eine moderne Infrastruktur verfügen. Dazu gehört auch ein automatisiertes Vermessungssystem, mit dem **Werksvermessungen** durchgeführt werden können. Somit fällt das mühsame Messen im Wald und im steilen Gelände praktisch weg.

Nach den Regeln der HG Rohholz müssen folgende Daten ermittelt werden: Referenznummer, Baumart, Länge, Durchmesser, Nettovolumen und Qualität. Diese müssen dem Verkäufer in elektronischer Form nach dem Einmessen im Werk zur Verfügung gestellt werden.



Abbildung 98: Werksvermessung (Quelle: Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

Das Messverfahren muss in den Ablauf des Betriebes passen und darf die Rundholzannahme nicht beeinträchtigen. Die Werkvermessung geschieht berührungslos und wird mit einem Infrarotvorhang, Ultraschall, Vollkonturscanner mit Laser-Kamera-Technik (3D), sowie auch mit Röntgen- und Vollkonturscanner vorgenommen.

Folgender Ablauf ist bei der Werkvermessung üblich:

1. Rundholzablad durch die Rundholzlastwagen
2. Vereinzelung des Rundholzes
3. Qualitätsbeurteilung durch das Fachpersonal
4. Beschickung der Messstation mit Blockzug (Kurzholz) oder Stammanheber (Langholz) oder mit integrierter Messstation auf dem Sortierkran
5. Längen- und Durchmessermessung durch elektronisches Messgerät
6. Sortierung oder Einteilung des Rundholzstammes

In modernen Sägewerken geschieht die Entrindung automatisch. Je nach Anlagenslayout wird mit- oder ohne Rinde gemessen.

#### Längenmessung

Bei der Längenmessung wird der kürzeste Abstand zwischen den beiden Stammenden ermittelt.

Der Stamm durchläuft Sensoren (z.B. Lichtschranken). Innerhalb der Zeit, in der der Stamm in der Messung ist, das heißt die Sensoren den Stamm registrieren, erfolgt die Längenmessung mittels Längenimpulsgebern. Diese ermitteln die Strecke, die der Stamm beziehungsweise die Fördereinrichtung in der Zeitspanne der Messung zurücklegt.



Kreuzmessung  
(Durchmesser)

Bei der Erfassung des Durchmessers wird bei der Werksvermessung nach wie vor die Kreuzmessung eingesetzt. Diese besteht aus einem Infrarot-Lichtvorhang, der die vertikalen Ebenen des Stammes abdeckt und einer Ultraschallmesseinheit, welcher für die horizontale Ebene zuständig ist. Die Auswertung der Messdaten erfolgt mit einem digitalen Signalprozessor. Alternativ kommen auch Vollkontur-scanner mit Laser-Kamera-Technik zum Einsatz. Die Messdaten können über eine Standardschnittstelle abgerufen werden. Durch die freilaufende Infrarotmessung mit einer Messfrequenz von 200 Messungen pro Sekunde garantiert die Kreuzmessung eine exakte Stückerkennung und dadurch eine direkte Längenzuordnung zu den Durchmesserwerten. Die Stammoberfläche wird kontinuierlich in zwei Achsen virtuell abgetastet und entlang der Längsachse in Intervallen von 25 Zentimetern eingeteilt.

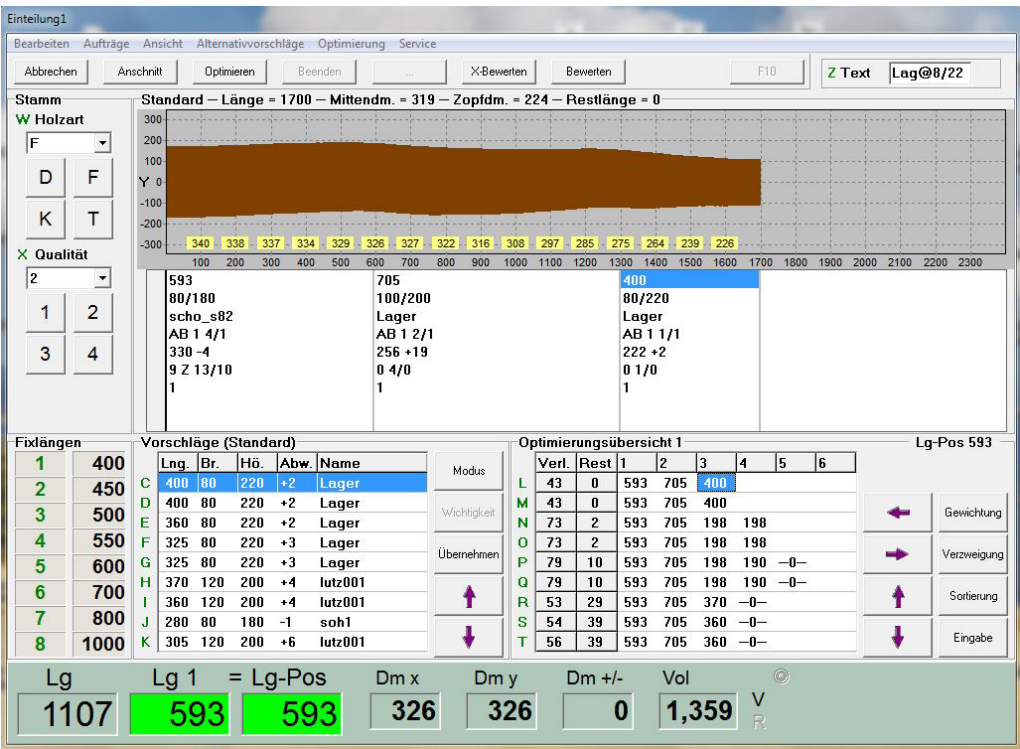


Abbildung 99: Rundholzeinteilung (Quelle: Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

Der kleinste gemessene Durchmesser jedes Stammes (Zopfdurchmesser) in diesem Längenintervall wird pro Messachse separat ermittelt und für die Durchmesserbestimmung abgespeichert.

Eichung der Werks-  
vermessung

Die Rundholzdaten sind in einem Sägewerk heikle Daten und haben grossen wirtschaftlichen Einfluss. Sie werden in erster Linie für die Rundholzabrechnungen benötigt, aber auch als Grundlagen für die Preiskalkulationen und Betriebsstatistiken verwendet. Dies bedeutet, dass die verwendeten elektronischen Messgeräte für die Werksvermessung dem Mess- und Eichgesetz unterliegen. Deshalb ist es obligatorisch, dass die Mess- und Steuerelektronik werkseitig, periodisch nach vorgegebenen Richtlinien und den ISO- Normen kontrolliert wird. Die Testprotokolle sind aufzubewahren.

#### 4.2.3. Bestimmen der Holzart und Qualität (HG Rohholz, Teil 2)

Am Anfang des Rundholzeinteilens stehen die Beurteilung der Holzart und der Qualität bzw. Wuchsmerkmalen (siehe Kapitel Rundholz und Schadorganismen, 2. LJ).

Bei der Beurteilung der Holzart geht es darum, dass beim Rundholzstamm, den man sortiert oder einteilt, die korrekte Holzart bestimmt wird. Natürlich darf man sich dabei in Bezug auf das fertige Endprodukt keine Fehler erlauben. Dies kann gerade bei Betrieben, die viele verschiedene Holzarten einschneiden, verheerende Folgen haben.

Sowohl beim Einteilen als auch beim Sortieren muss nach der richtigen Wahl der Holzart auch auf die Qualität (A, B, C, D) des Rundholzes geachtet werden. Dabei sind die Vorgaben der HG Rohholz und HHG Holz + HWS oder die Abmachungen mit dem Kunden massgebend (siehe Kapitel Rundholz und Schadorganismen, 2. LJ).

Für die Wirtschaftlichkeit des Unternehmens ist es wichtig, dass nicht eine höhere Qualität als nötig verwendet wird, weil sonst der Erlös aus dem Schnittholz die Einkaufskosten für das Rundholz nicht deckt. Im Weiteren kann eine zu tiefe Qualität aber zu Unzufriedenheit bei der Kundschaft führen. Schlimmstenfalls muss der Auftrag nachproduziert werden.



Abbildung 100: Rundholz- und Schnittholzqualität (Quelle: Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

#### 4.2.4. Zopfdurchmesser ermitteln

Grundsätzlich geht es beim Einteilen immer darum, eine möglichst grosse Ausbeute vom Hauptprodukt, wie beispielsweise Bauholz aus einem Rundholzstamm zu gewinnen. Denn Nebenprodukte wie Seitenbretter für Parallelbretter und dergleichen fallen sowieso in genügender Menge an und sind wirtschaftlich weniger interessant. Ausgehend vom Zopfdurchmesser, also dem Durchmesser am dünnsten Teil des Stammes, ist wegen der besseren Ausnützung möglichst ein

quadratischer Querschnitt des Hauptprodukts anzustreben. Je grösser die Abweichung, desto mehr sinkt die Ausbeute d.h. auch der Erlös. Denn in der Regel ist in der Holzindustrie der Verkauf von Hauptprodukten, gewinnbringender als das anfallende Nebenprodukt. Ist dies bei gewissen Produkten nicht der Fall, so kann natürlich von der obigen Erklärung und damit von einem quadratischen Querschnitt abgewichen werden.

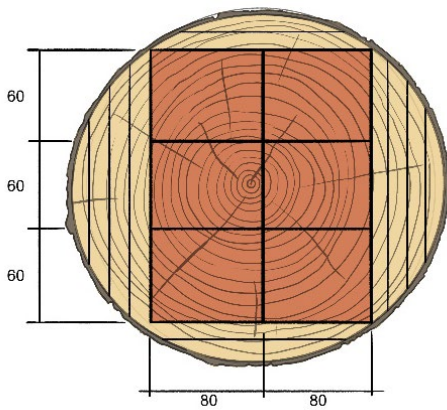
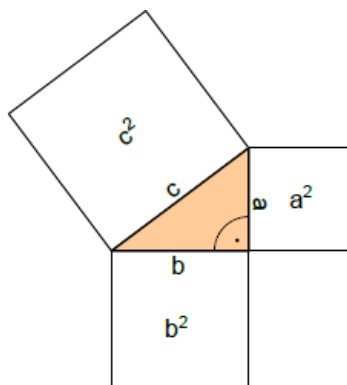


Abbildung 101: Zopfdurchmesser (Quelle: HIS)

In einem Sägewerk bekommt der dünnere Teil des Stammes, also der sogenannte Zopfdurchmesser, einen hohen Stellenwert. Der Zopfdurchmesser (dz) entscheidet darüber, ob ein Schnittprodukt nach dem Einschnitt vollkantig ist oder nicht. Auch ist er mit dem Schnittbild zusammen verantwortlich für eine möglichst hohe Ausbeute des Hauptproduktes. Umso genauer das Rundholz nach Zopfdurchmesser eingeteilt ist, desto höher ist nach dem Einschneiden im Sägewerk die Ausbeute des Hauptproduktes. Deshalb bildet man in den meisten Nadelholz- Sägewerken auf dem Rundholzplatz Polter (Lagerplätze) nach Zopfdurchmesser, Qualität und Holzart. Da es aus Platzgründen auf einem Rundholzplatz oft nicht möglich ist, jedem beliebigen Zopfdurchmesser einen Rundholzpolter zuzuordnen, werden sogenannte Zopfdurchmesserspannen gebildet.

Es werden also Durchmesserklassen gebildet. Meistens sind diese Durchmesserspannen 2cm gross, also beispielsweise von 30cm – 31.9cm. Somit werden Rundholzstämmen mit einem Zopfdurchmesser von 30cm und 31.9cm zusammen eingeschritten. Grössere Abstände werden bei extremem Platzmangel auch vorgenommen. Allerdings hat dies direkte Konsequenzen auf die Ausbeute und auf den Anteil an Baumkante, da das Schnittbild beim Einschneiden das gleiche bleibt. Der zugelassene Baumkantenanteil beim Schnittholz ist in den Schweizerischen HHG Holz + HWS geregelt. Wenn wir Kanthölzer oder fixbreite Bretter von bestimmten Dimensionen einteilen und einschneiden wollen, müssen wir den Zopfdurchmesser (dz) des Rundholzes ermitteln. Dies machen wir mit Hilfe des Lehrsatzes von Pythagoras.

Im rechtwinkligen Dreieck ist die Fläche des Hypotenusenquadrates  $c^2$  gleich der Summe der Flächen der beiden Kathetenquadrate  $a^2$  und  $b^2$ .



$$a^2 + b^2 = c^2$$

$$a^2 = c^2 - b^2$$

$$b^2 = c^2 - a^2$$

$$\sqrt{a^2 + b^2} = c$$

$$a = \sqrt{c^2 - b^2}$$

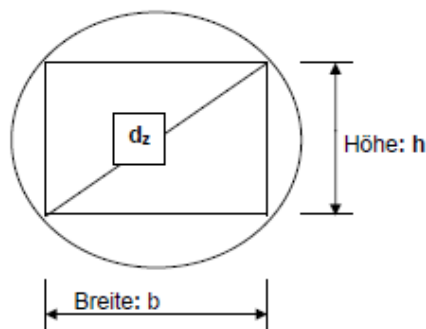
$$b = \sqrt{c^2 - a^2}$$

Der Zopfdurchmesser ist die Diagonale des Balkenquerschnittes und somit die Quadratwurzel aus der Summe der Quadrate der Modelhöhe und der Auflagebreite. Um die beste Ausbeute zu bekommen, muss immer möglichst ein quadratischer Querschnitt herangezogen werden. z.B. 2 Stk 10 cm / 20 cm

Im täglichen Gebrauch rechnen wir für quadratische Querschnitte mit der vereinfachten Formel, um den Zopfdurchmesser des Rundholzes für scharfkantiges Bauholz zu berechnen:

$d_z = 0.71 \times \text{die Summe aus Modelhöhe (cm) und Auflagebreite (cm)}$

ACHTUNG: Gilt nur für Querschnitte, die möglichst quadratisch sind!!



$$d_z = 0,71 \cdot (h + b)$$

$$b = \frac{d_z}{0.71} - h$$

$$h = \frac{d_z}{0.71} - b$$

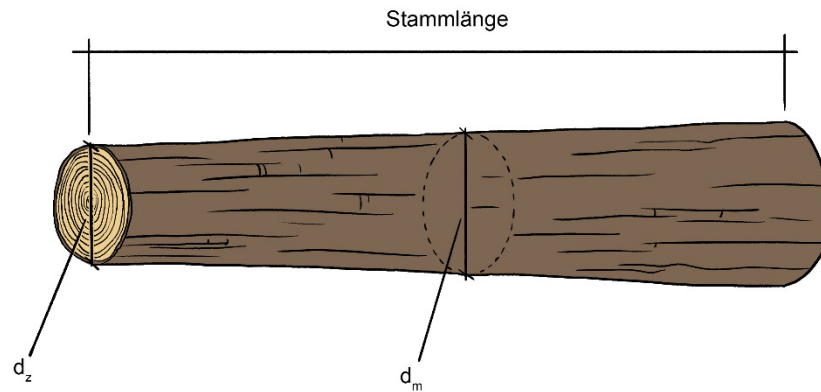
Mindestens genauso wichtig wie der Zopfdurchmesser ist die Berechnung des Stamminhaltes, das heisst die Festmeterberechnung. Festmeter ist ein Raum-mass, das für die Waldwirtschaft und die Holzindustrie von enormer Bedeutung ist. Als Festmeter (1fm) wird ein Kubikmeter (1m<sup>3</sup>) feste Holzmasse in Form von Rundholz oder Schnittholzprodukten bezeichnet. In einem Sägewerk werden sämtliche Kalkulationen und Statistiken auf Festmeter bezogen. Die Festmeterberechnung ist aber zum Beispiel für uns auf dem Rundholzplatz auch wichtig, um die Rundholzliste zu überprüfen oder das ungefähre Gewicht eines Rundholzstammes zu ermitteln. Dies ist gerade in Bezug auf die Nutzlasten der Hebe- und Fördergeräte manchmal nötig.

Für die Inhaltsberechnung und damit die Festmeterberechnung des Rundholzes benötigen wir die Länge (l) und den Mittendurchmesser (d<sub>m</sub>). Dieser wird mit der Kluppe auf halber Länge ermittelt. Zusätzlich ist für das Ausrechnen des Stamminhaltes noch die Kreiszahl Pi (π) notwendig.

Ist der Zopfdurchmesser (d<sub>z</sub>) bekannt, können wir den Mittendurchmesser (d<sub>m</sub>) anhand der konischen Verjüngung (Abholzigkeit) berechnen.

Rundholzstämme weisen vom Stock bis zum Stammende eine Durchmesserabnahme auf, was wir Abholzigkeit nennen. Diese beträgt im Normalfall **1 cm/m**, man nimmt an, dass der Stamm von unten nach oben gleichermassen abnimmt.





Abholzigkeit pro m<sup>1</sup> = 1cm

Abbildung 102: Abholzigkeit (Quelle HIS)

$$V = l \cdot r^2 \cdot \pi$$

$$V = l \cdot d_m^2 \cdot \pi / 4 \quad \pi/4 = 0,785$$

$$V = l \cdot d_m^2 \cdot 0.785 \quad \text{Beispiel: } 10\text{m} \times (0.35\text{m})^2 \times 0.785 = \underline{0.96\text{fm}}$$

Für die Volumenberechnung nehmen wir die vereinfachte Formel mit dem Wert 0.785.

Festmeter werden auf zwei Stellen nach dem Koma gerundet.

#### 4.2.5. Schnittbild bestimmen

Für die passende Einschnitttechnik sind oft Faktoren wie die Wahl der Hauptmaschinen und der Holzarten verantwortlich. Bei der Suche nach dem geeigneten Schnittbild geht es hingegen eher um Fragen zum Endprodukt und dessen Einsatz. Natürlich können auch die Hauptmaschinen einen Einfluss auf das Schnittbild haben, da das Rundholz nicht bei jeder Maschine mit dem gleichen Schnittbild eingeschnitten werden kann (siehe Kapitel Einschnitt, 1. LJ).

Um das Rundholz zu Schnittholz zu verarbeiten, braucht es die geeignete Einschnitttechnik. Diese ist abhängig von den zu verarbeitenden Holzarten und dem Produktionsprogramm (Schnittholzprodukte). Es ist also auch eine Frage der Struktur und Philosophie, die das Sägewerk wählt. Diese ist wiederum abhängig von der Positionierung des Sägewerkes im Markt.

Es wird unterschieden zwischen:

#### Handelssägewerk

- mehrheitlich Nadelholzsortimente
- grosses Schnittwarenlager (Auswahl)
- wenig Rundholz (wenig verschiedene Sortimente)
- standardisierte Dimensionen

#### Listensägewerke (Auftragsbezogene Sägewerke)

- Nadelholz- und Laubholzverarbeitung
- grosses Rundholzlager (verschiedene Sortimente)
- wenig Schnittwaren am Lager (Produktion auf Kundenwunsch)

#### Sägewerk mit Weiterverarbeitung

- grosses Rundholzlager
- grosse Trocknungskapazität
- angehängtes Hobel- und Leimwerk
- generelle Weiterverarbeitung (Kistenfabrik etc.)
- Sortimente für Eigenvertrieb

#### Exportsägewerk (selten in der Schweiz)

- Standort oft in Holzüberschuss gebieten
- standardisierte Dimensionen
- Massensortimente

Auf Grund der oben genannten Unterscheidung nach dem Produktionsprogramm findet die nächste Unterscheidung nach Wahl der Holzarten statt. Diese ist oft entscheidend für die Einschnitttechnik und damit die Auswahl der geeigneten Hauptmaschinen für das Sägewerk und damit für das angestrebte Schnittbild. Es steht heute nicht mehr zur Debatte, ob Gatter, Blockbandsäge, Kreissäge oder Profilsäner die bessere Einschnittmaschine ist. Entscheidend ist vielmehr die Wirtschaftlichkeit, die jeder Maschine bei den einzelnen Einschnitttechniken zu eigen ist.

Unterscheidung der Einschnitttechnik nach Holzarten:

Nadelholzsägewerk

- Vollgatter
- Blockbandsäge
- Kreissägezentrum
- Profilierspaner /- Linie

Laubholzsägewerk

- Blockbandsäge (horizontale oder Diagonale Ausführung)

Nadel- und Laubholzsägewerk

- Blockbandsäge (vertikal oder Diagonale Ausführung)
- Vollgatter
- Kreissägezentrum

Tropenholz/-, mobile- oder Spezialsägewerke

- Blockbandsäge (oft Horizontale Ausführung)

Je nach Holz- und Wuchsmerkmalen des Baumes (siehe Kapitel Einschnitt, 1. Lehrjahr) muss ein Rundholzstamm ganz anders in die Hauptmaschine eingedreht (positioniert) und damit eingeschnitten werden.

Einige Beispiele zum Eindrehen des Stammes:

Rundschnitt

Beim Einschnitt von Klotzbrettern ist die Krümmung generell möglichst nach unten zu legen, da die Holzfasern so am wenigsten zerschnitten werden und die Ausbeute am grössten ist.



Abbildung 103: Eindrehen mit Krümmung nach unten (Quelle: HIS)

Gibt das Schnittholzprodukt Parallelbretter, macht es wiederum Sinn, denn Stamm mit der Krümmung seitlich zu legen, da es für dieses Produkt so die grösste Ausbeute gibt. Denn die Besäumbreite am Stock wird immer nur so breit, wie dies die Breite am Zopf des Stammes zulässt.

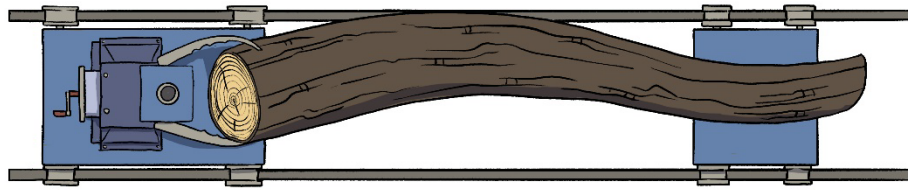


Abbildung 104: Eindrehen mit Krümmung seitlich (Quelle: HIS)

Hat der Stamm einen grossen Markriss, so ist der Stamm möglichst so zu positionieren, dass der Riss horizontal liegt. Dies, weil das Mark in den meisten Fällen bei Klotzbrettern sowieso rausgeschnitten wird. Es besteht auch die Möglichkeit, den Riss vertikal zu positionieren, so dass er möglichst nur in einem Brett verbleibt, das anschliessend zu Hackschnitzel verarbeitet wird.

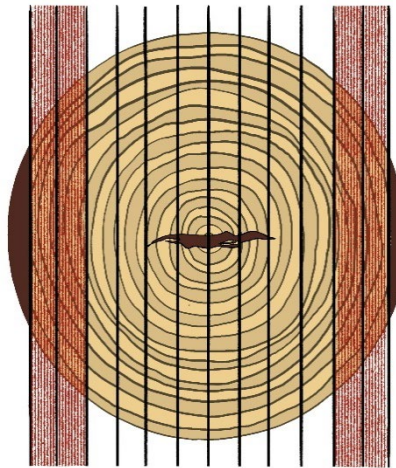


Abbildung 105: Eindrehen mit grossem Markriss (Quelle: HIS)

Wenn es möglich ist, sollte man Schäden oder Holzmerkmale beim Rundholz immer versuchen auf die Seite zu legen. So sind die Schäden im minderwertigen Nebenprodukt und nicht im Hauptprodukt.



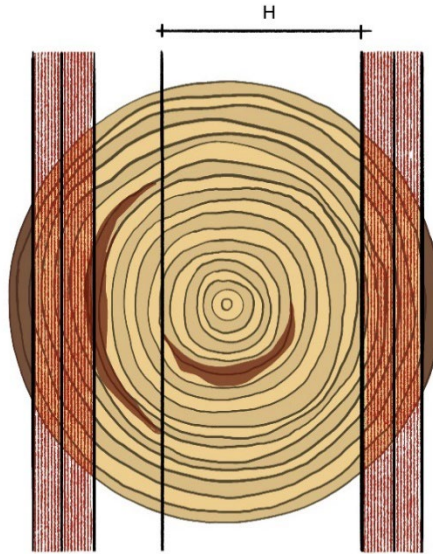


Abbildung 106: Eindrehen mit Schäden/Holzmerkmalen (Quelle: HIS)

Modelschnitt

In den meisten Fällen wird das Schnittprodukt markgetrennt produziert. Deshalb sollte die Krümmung beim Vorschneiden auf die Seite gelegt werden, damit das Mark beim Nachschneiden schön zentral liegt und genau getrennt werden kann.

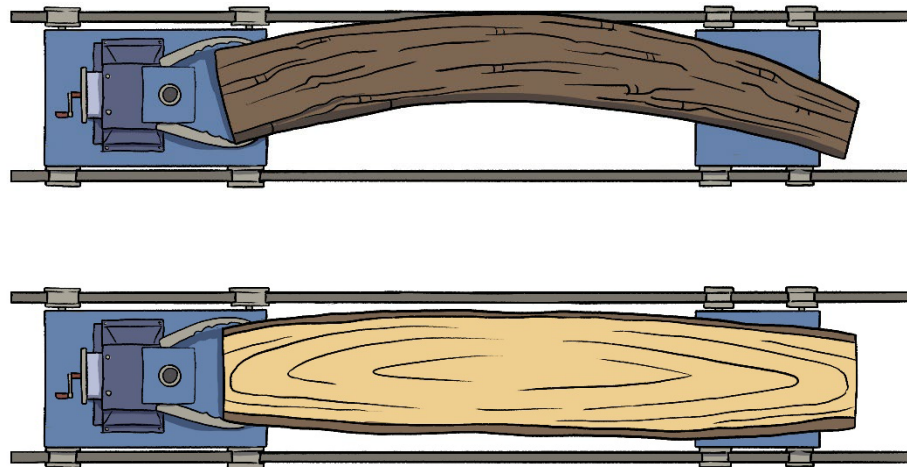


Abbildung 107: Modelschnitt (Quelle: HIS)

Bei einem grossen Markkris im Rundholzstamm, muss zwischen Krümmung und Riss ein Kompromiss gemacht werden, wobei der Riss Vorrang hat. Beim Kantholz sägen sollte der Markkris beim Vorschneiden aufgestellt werden, damit er beim Nachschneiden waagrecht und somit zentral in beiden Kanthölzern liegt.

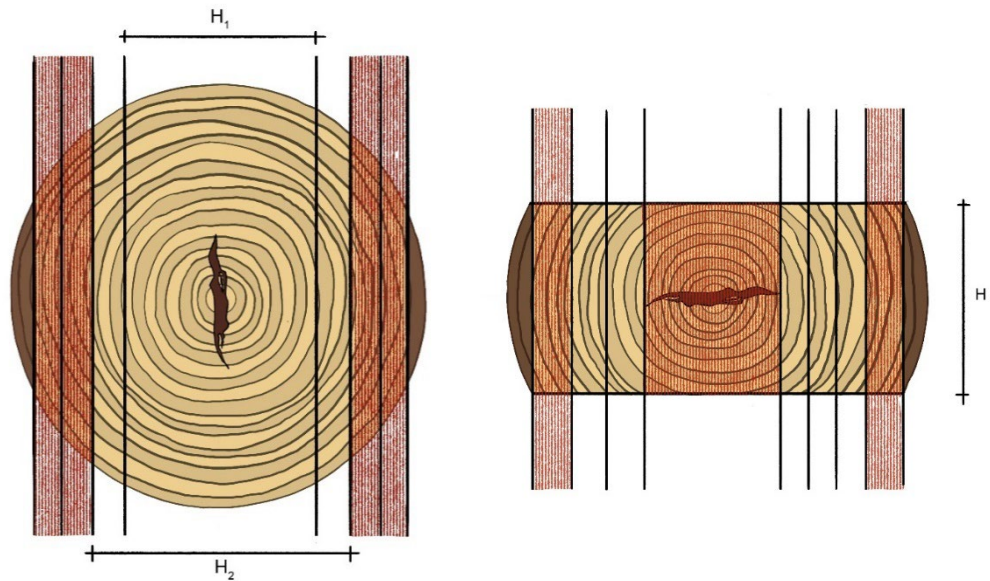


Abbildung 108: Umgang mit Markriss (Quelle: HIS)

Es kann auch die Variante mit einem Markbrett gewählt werden. Hier wird wieder versucht, den Riss in ein Brett zu bekommen und dieses danach zu Hackschnitzel zu verarbeiten. Bei diesem Vorgehen muss der Markriss beim Vorschneiden horizontal positioniert werden, damit er beim Nachschneiden vertikal im Modell liegt.

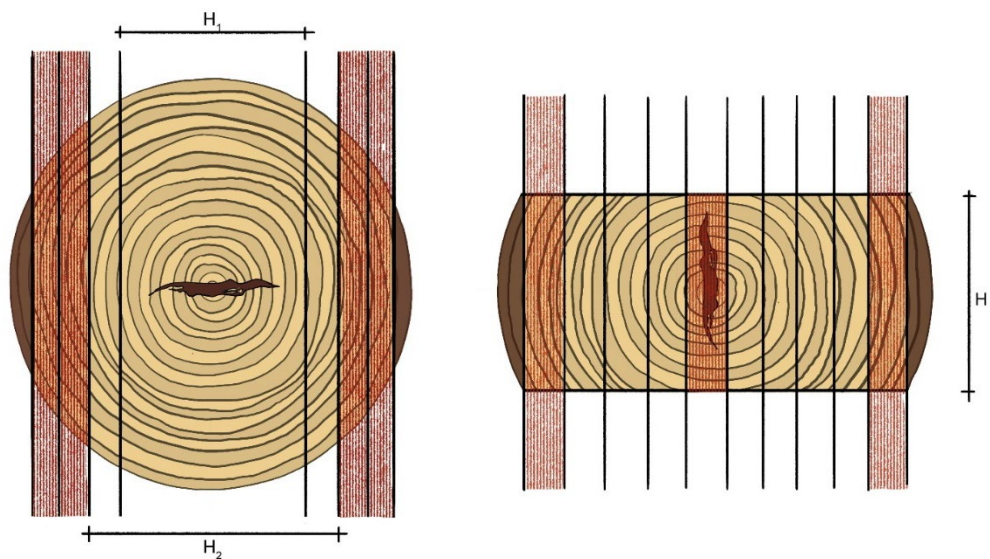


Abbildung 109: Variante Markbrett (Quelle: HIS)

Hat man Rundholz, das mit vielen Mantelrissen oder mit Rot- und Blaufäule behaftet ist, sollte das Rundholz immer vorgemodell werden. Dies führt dazu, dass die Holzschäden beim Vorschneiden und Nachschneiden im Nebenprodukt und nicht im Hauptprodukt landen.

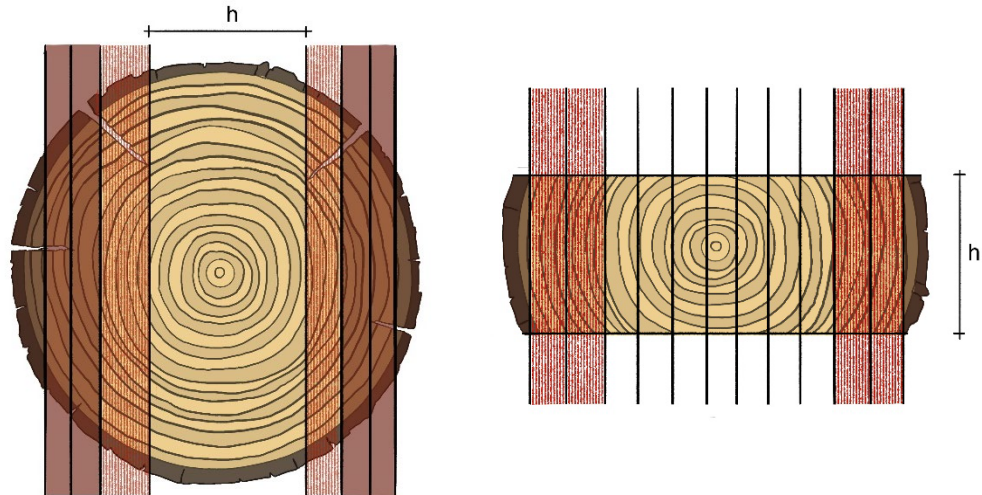


Abbildung 110: Vormodeln bei Mantelriss oder Rot- und Blaufäule (Quelle: HIS)

#### Markgetrennt

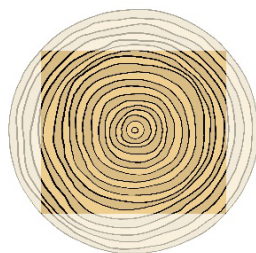
Bei der Wahl des geeigneten Schnittbildes muss die geforderte Festigkeit des Endproduktes beachtet werden. Gerade bei Bauholz dürfen beispielsweise nur Sparen und Pfetten markgetrennt eingesägt werden, da dort die Krümmung beim Verbauen wieder ausgeglichen wird. Hingegen sollte das Mark bei Pfosten oder allgemein quadratischen Querschnitten nicht durchschnitten werden. Bei fixbreiten Brettern versucht man das Mark bis zu einer Dicke von ca. 30mm zu trennen, darunter nicht mehr.

Nachfolgend werden einige Schnittbilder beschrieben und nach Schnittholzprodukten unterteilt.

#### Einschnitt für Vollholz (Kantholz / Bauholz)

Diese Schnittbilder können auf allen Hauptmaschinen eingeschnitten werden. Alle gehören dem sogenannten Modelschnitt an und werden deshalb zuerst vorge-schnitten und danach nachgeschnitten.

#### Vollholz mit Mark / einstieliger Einschnitt



- wird oft für Pfosten oder Kantholz eingesetzt
- grosse Gefahr durch Risse und Verdrehung
- ab gewissen Querschnitten unumgänglich

Abbildung 111: einstieliger Einschnitt (Quelle: HIS)

Vollholz markgetrennter, zweistieliger Einschnitt

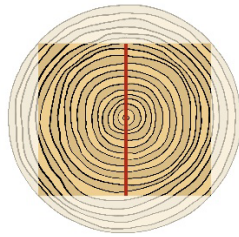


Abbildung 112: markgetrennter, zweistieliger Einschnitt (Quelle: HIS)

- meistvorkommendes Schnittbild für Vollholz
- Mark wird durchschnitten, dadurch Streifmark im Holz
- Rissbildung wegen Markdurchschnitt bedeutend kleiner

Vollholz: markfreier, zweistieliger markfreier Einschnitt

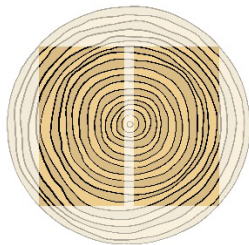


Abbildung 113: markfreier, zweistieliger Einschnitt (Quelle: HIS)

- edle Variante der Bauholzschnittbilder
- kein Mark im Hauptprodukt, da Markbrett herausgeschnitten (30–50mm)
- nur sehr geringe Rissbildung und Formveränderung

Vollholz: Viertelholz markfrei und/oder markgetrennt und/oder vierstieliger Einschnitt

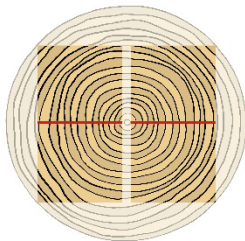


Abbildung 114: vierstieliger Einschnitt (Quelle: HIS)

- kommt vor allem bei kleineren quadratischen Querschnitten zum Einsatz
- meistens nur markgetrennt
- optimale Ausbeute

Vollholz: fixbreite Bretter markfrei und/oder markgetrennt und/oder beliebige Stieligkeit

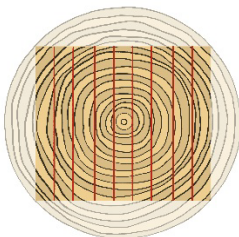


Abbildung 115: beliebige Stieligkeit (Quelle: HIS)

- markfrei oder markdurchtrennt möglich
- Brettbreite bestimmt die Modelhöhe, Brettdicke erfolgt im Nachschnitt
- Einsatz sowohl für Brettschichtholz-Lamellen, Gerüstbretter, Schalbretter als auch als Vollholz



### Einschnitt für edle Parallelbretter Rift / Halbrift / Fladerbrett

Bei diesen Schnittbildern geht es um die Erzeugung von Brettern oder Dielen mit fast ausschliesslich stehenden Jahrringen oder der Absicht, solche mit vorwiegend liegenden Jahrringen zu erhalten. Diese Schnittbilder werden hauptsächlich bei Starkholz und für Sonderzwecke wie beispielsweise Hobelware, Bodenriemen, Sportgeräte und Fensterkanten angewendet. Die ideale Hauptmaschine für solche Schnittbilder ist die Blockbandsäge, teilweise sind sie aber auch mit einem Vollgatter möglich.

Rift- und Spiegelschnitt

Die in radialer Richtung durchschnittenen Holzstrahlen, besonders hervorstehend bei einigen Laubholzarten wie Eiche, Esche und auch Rotbuche, werden in ihrer Oberflächenmarkierung als «Spiegel» bezeichnet, daher auch die Bezeichnung Spiegelschnitt. Für diese Einschnittart werden vorwiegend astreine, geradfaserige Stämme mit Durchmessern über 40 cm eingeteilt.

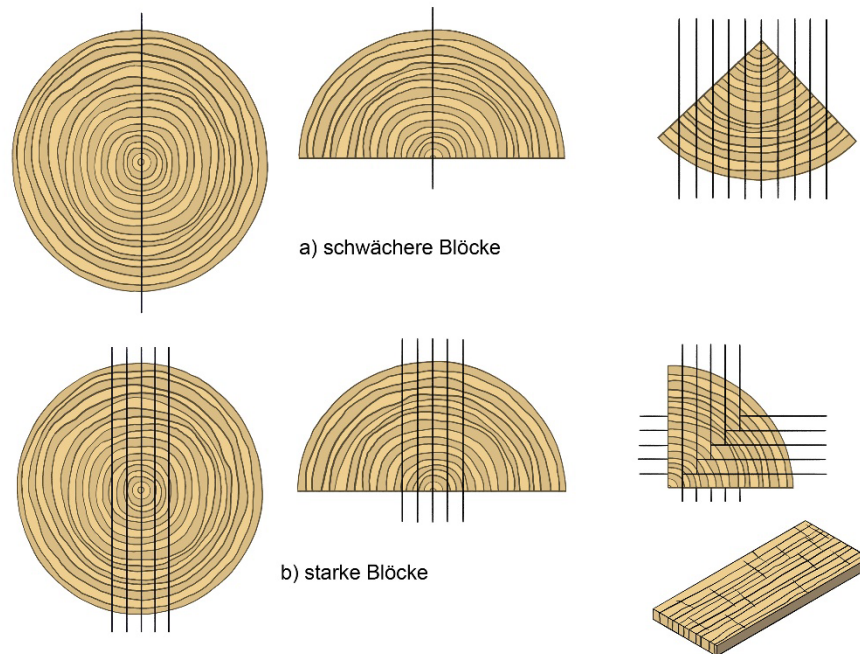


Abbildung 116: Rift- und Spiegelschnitt (Quelle: HIS)

Wagnerschnitt

Beim Wagnerschnitt handelt es sich um ein Schnittbild, das früher oft von Wagnern nachgefragt wurde. Aus der Stammmitte werden je nach Durchmesser mehrere Markbretter herausgeschnitten, dabei ist die Markzone herauszuschneiden. Die beiden Stammhälften werden anschliessend im 90 Grad- Winkel zur Stammmitte nachgeschnitten. Es entstehen verschieden breite Bretter mit einseitiger Baumkante, die Ausbeute an Edleriftbrettern ist hoch.

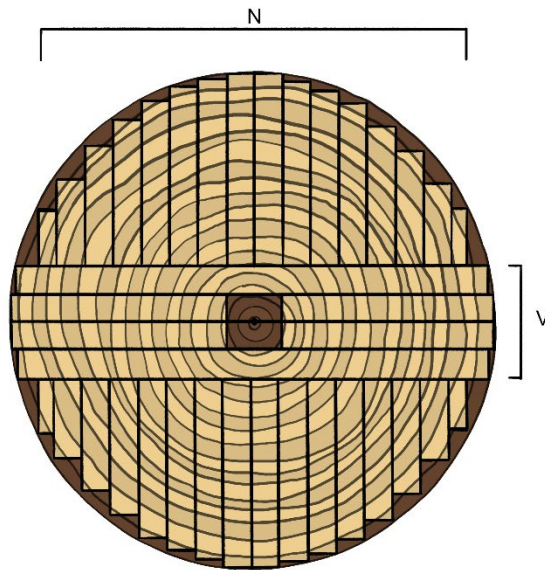


Abbildung 117: Wagnerschnitt (Quelle: HIS)

Halbriftschnitt /  
Lamellenschnitt  
oder Doppelmodel-  
schnitt

Die Seitenbretter sind oft auch Teil des Hauptproduktes. Danach werden zwei Model vorgeschnitten, die im Nachschnitt zu fixbreiten Halbriftbretter gesägt werden, deren Anteil aber nicht so gross ist. Dabei sind die mittleren Bretter Edelrift, jedoch beinhalten diese an der inneren Kante die Markzone, welche besäumt werden muss.

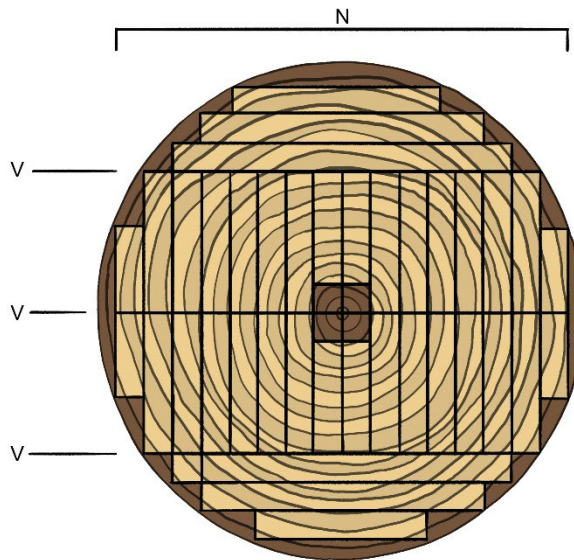


Abbildung 118: Halbriftschnitt (Quelle: HIS)

Edelriftschnitt /  
Doppelmodel-  
schnitt mit Mark-  
brettern

Anders als beim Halbriftschnitt werden beim Edelriftschnitt zusätzlich zwei bis vier Bretter aus der Stammmitte im Vorschnitt herausgeschnitten. Dies ist allerdings abhängig vom Durchmesser des Stammes. Nach dem Rausschneiden der zwei bis vier Bretter und dem Entfernen des Markes erhalten wir Edelriftbretter. Die beiden

## Fladerschnitt

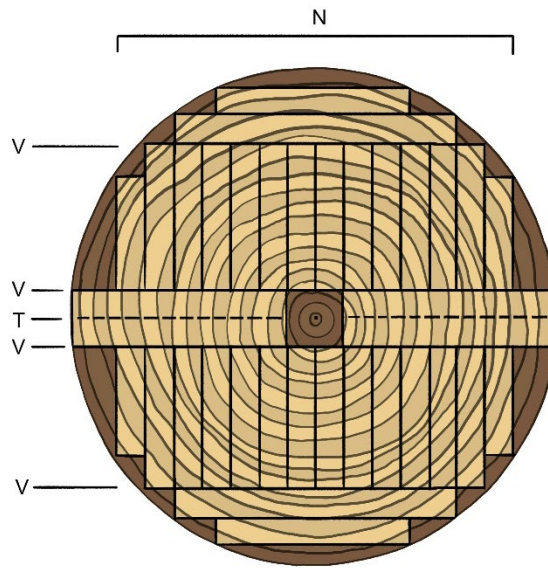


Abbildung 119: Edelriftschnitt (Quelle: HIS)

Mit diesem Einschnitt kann mit einer Gesamtausbeute von 50–55 % und davon mit etwa 75% Edelfrucht gerechnet werden.

Der Fladerschnitt ist das Gegenteil des Spiegelschnitts. Damit möchte man geflachte Schnittstücke erhalten, also solche mit vorwiegend liegenden statt stehenden Jahrringen. Beim Fladerschnitt wird vom Stamm zunächst einseitig etwa  $\frac{1}{8}$  des Durchmessers abgeschnitten. Dann wird er um  $90^\circ$  gedreht und auf den Anschnitt gelegt. Nun wird etwa  $\frac{1}{4}$  des Durchmessers abgeschnitten und der Restblock wiederum um  $90^\circ$  gedreht. In dieser Stellung werden Schnittstücke bis zur Markröhre abgetrennt. Nach abermaliger  $90^\circ$  Drehung folgen Schnitte bis in die Nähe der Markzone. Das letzte Stück schliesslich wird nochmals um  $90^\circ$  gedreht und endgültig aufgeschnitten. Auf diese Weise erhält man eine Anzahl Schnittstücke mit weitgehend einheitlicher Struktur, aber sehr unterschiedlichen Breiten.

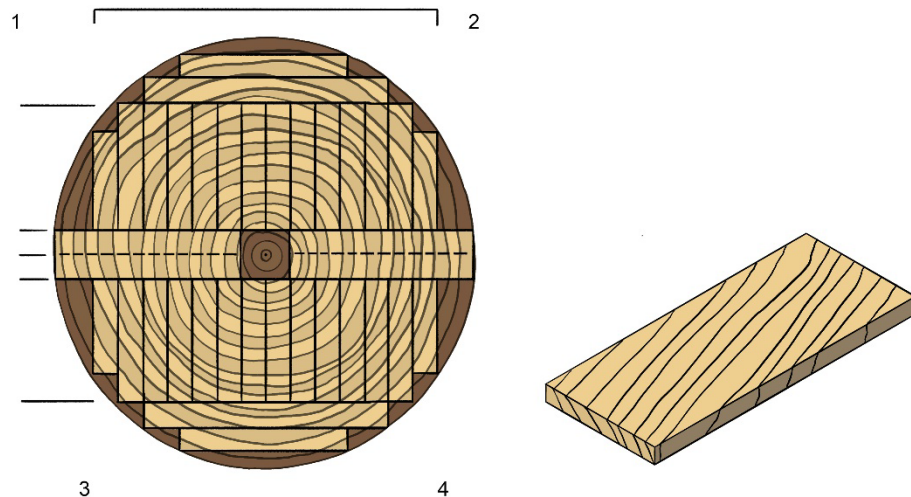


Abbildung 120: Fladerschnitt (Quelle: HIS)

Rundschnitt /  
Einfachschnitt /  
Scharfschnitt

Der Rundschnitt ist das meistangewandte Schnittbild für den Einschnitt von edlerem Rundholz. Durch den Einschnitt erhält man Klotzbretter oder Bohlen, die unbesäumt und verschieden breit sind. Die Mittelbretter haben stehende Jahrringe (= Edelrift).

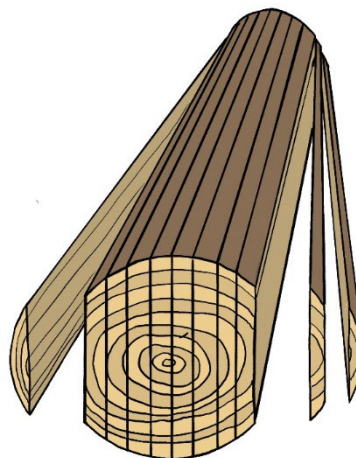


Abbildung 121: Rundschnitt (Quelle: HIS)

#### 4.2.6. Stammeinteilung vornehmen

Die Einteilung ist so vorzunehmen, dass der gesamte Stamm bestmöglich verwertet wird. Grundsätzlich beginnen wir mit dem Einteilen des Stammes beim Stockanfang. Wenn ein Reststück übrigbleibt, fällt dies am schwachen Zopfstück an, somit ist der Volumenverlust am geringsten. Andererseits soll der für die Ausbeute des Hauptezeugnisses wichtige Zopfdurchmesser nicht vernachlässigt werden.

Vom Gesamtbild des Stammes und den vorliegenden Aufträgen ausgehend muss es dem erfahrenen Rundholz-Einteiler überlassen werden, wie er die Einteilung vornimmt. Hat man eine Reihe von Aufträgen vorliegend, so wird primär das Sortiment



mit der grössten Erlösaussicht (Rohhobler, Bauholz, etc.) eingeteilt, diesem folgt das Sortiment mit der grössten Schnittholzausbeute (Klotzbretter, fixbreite Bretter, etc.).

Beim Nadelholz werden die Stämme, welche eine starke Krümmung haben oder die abholzsig sind in der Regel mit Trennschnitten halbiert. Damit wird die Ausbeute gesteigert, und es werden schnitttechnisch und arbeitstechnisch keine Störungen im Sägewerk verursacht. Bei relevanten Merkmalen im und am Holz wie beispielsweise sehr grossen Astansammlungen oder Faul- und Bruchstellen wird oft versucht, diese Stellen rauszuschneiden.

Trennschnitt  
Nadelholz

- Krümmungen
- Astgrösse
- Starke Abholzsigkeit
- Faul- und Bruchstellen
- eingewachsene Teile (Nägel und Splitter)

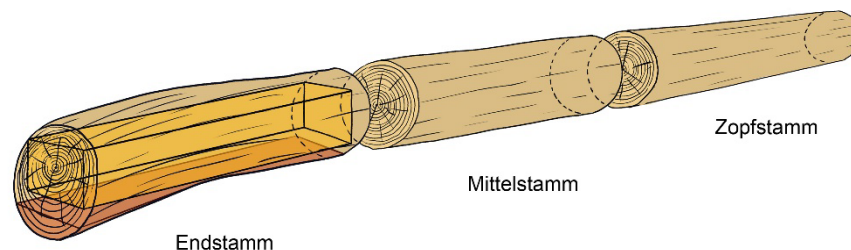


Abbildung 122: Beispiel eines Trennschnitts bei einem Nadelholzstamm. (Quelle: HIS)

Trennschnitt  
Laubholz

Für Laubholz gelten bezüglich Krümmung andere Regeln, da Laubschnittholz in der Regel unbesäumt geliefert wird. Stämme mit Krümmungen, die schnitttechnisch und arbeitstechnisch nicht genutzt werden können, müssen durch Ablängen nutzbar gemacht werden. Splitter und ähnliche Metallteile, in modernen Betrieben durch Metalldetektoren entdeckt, sollten in der Schnittware grundsätzlich nicht enthalten sein; je nach Tiefe und Lage werden sie herausgehackt oder die entsprechende Stelle herausgekappt. Ausserdem müssen

- Drehwuchs
- Astigkeit
- Reaktionsholz (Buchsigkeit)
- Lagerfehler

beim Einteilen besonders berücksichtigt werden. So wird der Stamm mit fehlerhafter Randzone in der Regel nicht zu Klotzware eingeschnitten.

Astzonen

Jeder Stamm hat drei Astzonen:

- Astreine Zone
- Faulast- Zone
- Grünast- Zone

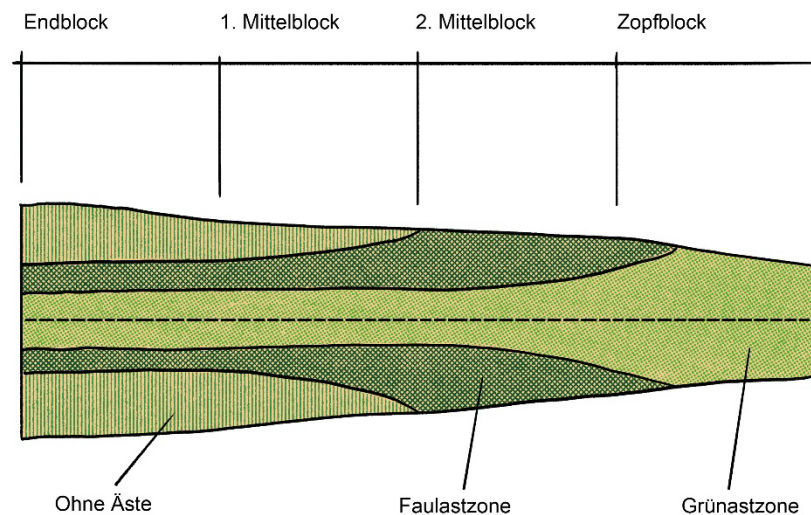


Abbildung 123: Astzonen (Quelle: HIS)

Diese Zonen sind bei der Einteilung besonders zu berücksichtigen; so wird man regelmässig in der astreinen Zone Klotzware, Kanteln oder sonstige wertvolle Sortimente vorsehen; aus der Grünastzone, wo mit gesunden, festverwachsenen Ästen zu rechnen ist, werden Rohhobler, Lamellenbretter, Kantholz gewonnen usw.

Gute Rundholzqualitäten sind vorab für hochwertige Schnittholzsortimente einzuteilen.

Neben diesen Fehlern und Fixpunkten ist beim Rundholzeinteilen ein gewisses Übermass in der Länge zu berücksichtigen; man rechnet mit ca. 10 mm Übermass für die Schnittfuge der Ablängsäge, mit weiteren 10 % vom Ablängdurchmesser, wenn der Stamm freihändig mit der Kettensäge abgeschnitten wird und mit weiteren 20 mm, wenn die Schnittware gekappt werden sollte. Beim händischen Ablängen mit der Motorsäge, geht man von einem Minimum von 5 cm Zumass aus.

Nicht mehr Masszugabe als für das Ablängen erforderlich ist.

Zur Verbesserung der Marktfähigkeit von Seitenware sollen Längen von Dimensionsware an handelsübliche Standardlängen angelehnt werden, sofern die bestehende Massdifferenz nicht etwa 15 cm überschreitet. Ein Listenmass von 4.92 m wird somit als 5.00 m abgelängt.

### 4.3. Auswahl des Rundholzes für den Einschnitt von Bauholz an einem konkreten Beispiel

Überlegen Sie sich bitte folgende Situation:

Ausgangslage	Ein Holzbau-Unternehmer bestellt bei Ihnen Vollholz 100/200 mm aus Fichte in Erscheinungsklasse N nach HHG Holz+HWS Kapitel 4.1 (HHG Lignum, 2021).
Fragestellung 1	Welche Qualität müssen Sie beim Nadelrundholz nach HG Rohholz Kapitel 2.1.4 für den Einschnitt mindestens wählen, damit die Erscheinungsklasse N beim Vollholz 100/200 mm erreicht werden kann?

#### Lösungsansatz

Das Rundholz muss etwa die Eigenschaften aufweisen, welche beim Vollholz die Kriterien für die Erscheinungsklassierung bei den wesentlichen Merkmalen erfüllen.

#### Recherche

Um diese Frage beantworten zu können, müssen Sie also zuerst die Kriterien für die verschiedenen Merkmale nach HHG Holz+HWS Tabelle 4.1-1 analysieren. Wir beschränken uns hier auf die Äste, die Faserneigung und die mittlerer Jahrringbreite:

- Als Astgrösse gilt bei Vollholz der kleinste sichtbare Durchmesser eines Astes. Bei Kantenästen gilt die Bogenhöhe, wenn diese kleiner als der Durchmesser ist. Siehe dazu HHG Holz+HWS Bild 1.4-5.  
Gemäss HHG Holz+HWS Tabelle 4.1-1 sind bei Vollholz der Erscheinungsklasse N Äste mit kleinstem sichtbarem Durchmesser bis  $\frac{2}{5}$  der Abmessung der zugehörigen Querschnittsseite zulässig. In der Schmalseite des Vollholzes mit einer Breite von 100 mm darf der kleinste Durchmesser also höchstens  $\frac{2}{5} \cdot 100 \text{ mm} = 40 \text{ mm}$  gross sein. Der kleinste sichtbare Durchmesser entspricht dem effektiven Durchmesser des Astes. Der Astdurchmesser beim Rundholz muss also kleiner oder gleich 40 mm sein. Rundholz der Qualität B erfüllt diese Anforderung, siehe HG Rundholz Tabelle 2.1-2.
- Die Faserneigung wird bei Vollholz am Verlauf der Jahrringe oder der Schwundrisse gemessen. Die Faserneigung wird berechnet als Abweichung  $x$  der Fasern zur Längsachse, bezogen auf die Messlänge  $y$  und als Verhältniswert ( $x$  zu  $y$ ) angegeben, siehe dazu HHG Holz+HWS Bild 1.4-7.  
Gemäss HHG Holz+HWS Tabelle 4.1-1 ist bei Vollholz der Erscheinungsklasse N eine Faserneigung bis 12% zulässig.  
Bei der Qualitätssortierung von Nadelrundholz sind folgende Merkmale für die Faserneigung des Schnittholzes relevant: die Krümmung, die Abholzigkeit und der Drehwuchs. Ein direkter Vergleich der festgelegten Kriterien ist deshalb nur schwer möglich. Allerdings liegen beschränkende Kriterien beim Rundholz der Qualitäten A, B und C im Bereich von 1% (mit 1 cm/m) bis 6% (6 cm/m) tiefer als die zulässige Faserneigung bis 12% (12 cm/m) beim Schnittholz der Sortierklasse S10, siehe HG Rohholz Tabelle 2.1-2. Mit Rundholz der Qualität C wird die Anforderung beim Vollholz nach dem Einschnitt wahrscheinlich erfüllt.

- Bei Vollholz wird als Merkmal die mittlere Jahrringbreite im Querschnitt ohne den Bereich der innersten 25 mm um die Markröhre ermittelt, siehe HHG Holz+HWS Bild 1.4-6.
- Gemäss HHG Holz+HWS Tabelle 4.1-1 ist bei Vollholz der Erscheinungsklasse N eine mittlere Jahrringbreite bis 6 mm zulässig.  
Bei der Qualitätssortierung von Nadelrundholz sind Kriterien für das Merkmal «durchschnittliche Jahrringbreite» festgelegt, siehe HHG Rohholz Tabelle 2.1-2. Rundholz der Qualität B erfüllt diese Anforderung, siehe HG Rundholz Tabelle 2.1-2.

### Lösung

Vergleicht man die oben aufgeführten Kriterien für das Vollholz 100/200 mm, dann muss mindestens Rundholz der Qualität B eingeschnitten werden.

#### Fragestellung 2

Welchen Zopfdurchmesser muss das Nadelrundholz aus Fichte für den Einschnitt mindestens aufweisen, damit die Erscheinungsklasse N beim Vollholz 100/200 mm erreicht werden kann?

### Lösungsansatz:

Abklären, ob für die Erscheinungsklasse N eine Schnittart vorgegeben wird.

Die Abbildung zeigt die üblichen Schnittarten:

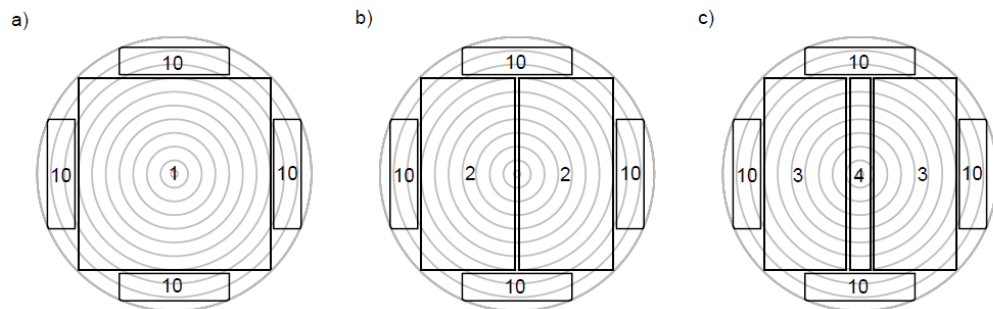


Abbildung 124: Bezeichnung der Schnittarten und der Querschnitte nach der Jahrringstellung, Ausschnitt aus HHG Holz+HWS Bild 1.4-9 (HHG Lignum, 2021)

In der Abbildung bedeuten:

- 1 Markstück
- 2 markdurchtrenntes Stück, mit Streifmark
- 3 markfreies Stück, ohne Streifmark
- 4 Markbrett
- 10 Seitenbrett

### Recherche

Um diese Frage beantworten zu können, müssen Sie beim Merkmal «Schnittart» das Kriterium für die Erscheinungsklasse N in HHG Holz+HWS Tabelle 4.1-1 herauslesen. Sie finden dort das Kriterium «markdurchschnitten».



## Lösung

Das Rundholz muss zweistielig eingeschnitten werden, weil das Vollholz in der Erscheinungsklasse N «markdurchschnitten» sein muss. Der erforderliche Zopfdurchmesser des Rundholzes ist deshalb für den zweistielligen Einschnitt zu berechnen.

### 4.4. Wirtschaftliche Zusammenhänge

Das Ziel eines Sägewerkes ist, Rundholz in Abhängigkeit von Zopfdurchmesser und Länge möglichst rationell zu Schnittholz einzuschneiden. Damit ist das Einteilen ein unerlässlicher Bestandteil dieses Prozesses.

Damit wirtschaftlich eingeteilt, bzw. eingeschnitten werden kann, müssen die Einschnittaufgaben zu den geringstmöglichen Kosten lösbar sein.

Die Grobkosten eines Sägewerkes kann man dazu wie folgt darstellen:

<b>Gesamtkosten</b>	<b>100%</b>	
=		
Materialkosten (Rundholz)	ca. 60%	(Durchschnittswerte)
+		
Gemeinkosten (Fixkosten)	ca. 22%	(Durchschnittswerte)
+		
Personalkosten (Löhne)	ca. 18%	(Durchschnittswerte)

Eine möglichst wirtschaftliche Verwendung des Rundholzes erfordert die Lösung verschiedener Optimierungsaufgaben.

- die Erreichung einer maximalen Materialausbeute, da die Materialkosten den höchsten Anteil an den Kosten eines Sägewerkes (Gesamtkosten) ausmachen
- die Erreichung einer richtigen Einschnittreihenfolge, damit die Umstellzeiten zu reduzieren und damit die Produktionsinfrastruktur maximal auszulasten
- die Erreichung einer möglichst geringen Einschnittzeit, um die hohen Personalkosten zu reduzieren

Auf das Einteilen bezogen bedeutet das beispielsweise bei Langholz, das Sägeprogramm für einen oder mehrere Stämme so festzulegen, dass ein gefordertes Schnittholzsortiment mit möglichst kleinem Restanfall herausgeschnitten werden kann. Normalerweise wird so vorgegangen, dass zuerst eine Einteilung nach Länge stattfindet und mit Trennschnitten versehen wird. Erst danach wird der Abschnitt einem Sortiment und dem zuständigen Schnittbild zugeordnet. Zum Sägen werden die einzelnen Abschnitte nacheinander der Sägehalle zugeführt und dort entsprechend den festgelegten Schnittbildern eingeschnitten. Es wird möglichst versucht, die Stämme dimensionsweise der Säge aufzugeben, sodass mindestens ein Mass dasselbe ist wie beim vorgängigen Stamm. Damit erleichtert man unter anderem auch die Arbeit beim Paketieren.

Die Rundholzausbeute wird durch den Zopfdurchmesser, die Länge und die Abholzikeit beeinflusst. Sie stellt das Verhältnis von eingesetztem Rundholz zu erhaltenem Schnittholz dar. Dank moderner Computer- und Messtechnik ist heute eine permanente Berechnung jedes Stammes und damit immer wieder optimierte Schnittbilder möglich, die auf jedes Rundholz abgestimmt werden.

Um eine optimale Wertschöpfung zu erreichen, wird zu den bereits genannten Kriterien ein rasches und präzises Einteilen und Sortieren vorausgesetzt. Dies bedingt unter anderem eine grosse Erfahrung in diesem Arbeitsbereich. Wichtig ist, dass die Arbeitsabläufe aus einem Guss sind und die Beurteilung der Holzart und Qualität frühzeitig entschieden werden kann, so dass keine Zeit verloren geht. Grundsätzlich erleichtert es das Arbeiten, wenn der Rundholzeinteiler viele Holzlisten (Schnittholzaufträge) zum Einteilen hat. So hat man für jeden Rundholzstamm mehrere Optionen, die es einem ermöglichen, die Qualität und den Durchmesser des Rundholzes auf den Zentimeter genau auszunützen. Als Faustregel für die Toleranz des geeigneten Zopfdurchmessers gilt:

Bis 30cm Zopfdurchmesser, kann 2cm grösser eingeteilt werden und über 30cm auch 3cm - 4cm grösser.



Abbildung 125: Sortier- oder Einteilstation (Quelle: Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

Für die optimale Rundholzeinteilung sind folgende Aspekte wichtig:

#### Rundholzsortierung

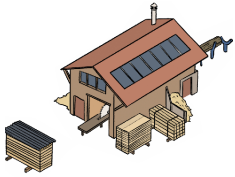
Das Rundholz muss beim Eingang auf das Mass, die Sortierung und die abgeladene Menge hin geprüft werden. Unstimmigkeiten müssen erkannt und entsprechende Massnahmen ergriffen werden.

#### Rundholzkenntnisse

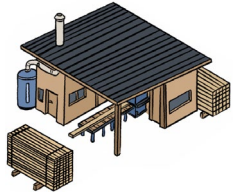
Holz- und Wuchsmerkmale am Rundholz müssen erkannt werden, so dass das Rundholz dem geeigneten Schnittholzsortiment zugeordnet werden kann.

Schnittwaren- sortierung	Für die korrekte Einteilung des Rundholzes müssen die Schweizer Handelsgebräuche für Rohholz sowie die Qualitätskriterien für Holz und Holzwerkstoffe genau angewendet werden.
Kundenansprüche	Gerade in klein- und mittelgrossen Sägewerken ist es unumgänglich, dass die verschiedenen Ansprüche der Kunden bekannt sind. Denn der Kunde bestimmt, was er kauft oder nicht, trotz Qualitätskriterien für Holz.
Marktlage	Gerade in der heutigen Marktsituation ist es unvermeidbar, dass sich das Kader in den Sägewerken, (dazu gehört auch der Rh.-Einteiler) mit den Marktgegebenheiten befasst. Es muss unbedingt verhindert werden, dass am Markt vorbei produziert wird und übergrosse Lagerbestände aufgebaut werden. Der Betrieb muss seine Stärken finden und ausbauen können und nicht die gleichen Schnittwaren produzieren wie die Konkurrenzbetriebe, somit wird auch eine Verminderung der Massensortimente erreicht. Dies bedingt, dass der Rundholzeinteiler Interesse daran zeigt, welche Wünsche der Markt an die Schnittwarenproduktion stellt.
Maschinelle0 Verarbeitung	Damit effizient und präzise Rundholz eingeteilt werden kann, ist es nötig, dass die Einschnitttechnologien im Sägewerk bekannt sind und der Austausch zwischen Mitarbeitenden auf dem Rundholzplatz und den Maschinisten der Hauptmaschinen funktioniert.
Rohstoffverhält- nisse des Betriebes	Die notwendigen Informationen und Angaben über den Rundholzvorrat im Walde sind für eine optimale Produktionsplanung zentral. Somit kann ein Leerlaufen des Betriebes oder ein übermässiger Lagervorrat auf dem Rundholzplatz verhindert werden.

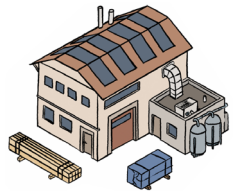
## 5. Nebenmaschinen auf dem Rundholzplatz



Sägerei



Hobelwerk



Leimwerk

### HK c2: Schnittholz produzieren

Auf dem Rundholzplatz wird das Rundholz je nach Betrieb in Form von Kurz-, Mittellang- und Langholz angeliefert.



Abbildung 126: Rundholz Anlieferung (Quelle: Blumer-Lehmann AG)

Anschliessend wird das Rundholz nach Länge, Durchmesser und Qualität eingeteilt oder bei Kurzholz nur noch sortiert. Das Rundholz wird danach in Sortierboxen eingelagert oder für den Einschnitt bereitgestellt. Vor dem Einschnitt wird bei den Bodenstücken, meist der Wurzelanlauf reduziert und mit Hilfe einer Entrindungsanlage die Rinde entfernt. Für diesen Produktionsablauf und den Transport der Stämme in die Sägehalle kommen oft diverse Neben- und Hilfsmaschinen zum Einsatz, damit man die Arbeiten sicher und effizient ausführen kann.

Als Holzindustriefachmann EFZ kennen Sie sich mit den wichtigsten Neben- und Hilfsmaschinen auf dem Rundholzplatz aus und können diese fachgerecht bedienen und warten.



## Praxisaufträge im Betrieb

### Produktionsstufe 1:

- Besäumen, komplexere Nebenmaschinen (Zuschneiden, Hobeln) unter Aufsicht bedienen (einfache Profile hobeln), notwendige Berechnungen für die Einstellungen/Umstellungen durchführen.

### Praktikum Produktionsstufe 1 (unter Aufsicht):

- Besäumen, Berechnungen für Einstellungen/Umstellungen durchführen

## Überbetrieblicher Kurs 4

- Nachschnitt an Nebenmaschinen (Einblatt-, Mehrblatt- oder Nachschnittkreissäge)

## Berufliche Situationen:

- Sie entrinden Rundholz und bereiten es für den Einschnitt vor.
- Sie reduzieren den Wurzelanlauf, sofern es die Stammform zulässt.
- Sie bedienen die Rundholzkappsäge für Trennschnitte beim Einteilen, aber auch, um eine saubere Stirnfläche zu erhalten.
- Sie führen bei den Nebenmaschinen auf dem Rundholzplatz einfache Wartungsarbeiten wie Werkzeugwechsel und Flüssigkeitsaustausch, durch.

## Lernziele

- Sie beschreiben die Aufgaben und die Einteilung des Rundholzplatzes.
- Sie beschreiben die Unterschiede zwischen Neben- und Hilfsmaschinen auf dem Rundholzplatz.
- Sie erklären Aufbau, Funktion, Einsatzbereiche sowie die Vor- und Nachteile der sechs wichtigsten Entrindungsanlagen.
- Sie beschreiben die Einsatzbereiche und Unterschiede der drei wichtigsten Rundholzabläng- / Kappsägen.
- Sie erklären die Einsatzbereiche sowie die Vor- und Nachteile der fünf Hebe- und Fördergeräte.
- Sie beschreiben die Einsatzbereiche und Unterschiede von verschiedenen Hilfsmitteln auf dem Rundholzplatz.

## 5.1. Der Rundholzplatz

Ein Sägewerk besteht in der Regel aus drei oder vier Teilbereichen: Rundholzplatz, Sägewerk, Schnittholzplatz und evtl. Weiterverarbeitung. Nur wenige Sägewerke kommen ohne Rundholzplatz aus. Auf diesem Platz beginnt der Produktionsfluss eines Sägewerkes.



Abbildung 127: Rundholzplatz von oben (Quelle: Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

Normalerweise handelt es sich beim Rundholzplatz um einen grossen, unbedeckten Platz, der asphaltiert oder betoniert ist, damit darauf Maschinen und verschiedene Rundholzsortierboxen montiert werden können. Die Sortierboxen bestehen aus grossen Stahlträgern, damit das Rundholz nicht mit dem Erdreich in Berührung kommt und nicht davonrollen kann. Auf dem Rundholzplatz befinden die Nebenmaschinen wie der Sortierkran, die Kappsäge und die Entrindungsanlage.

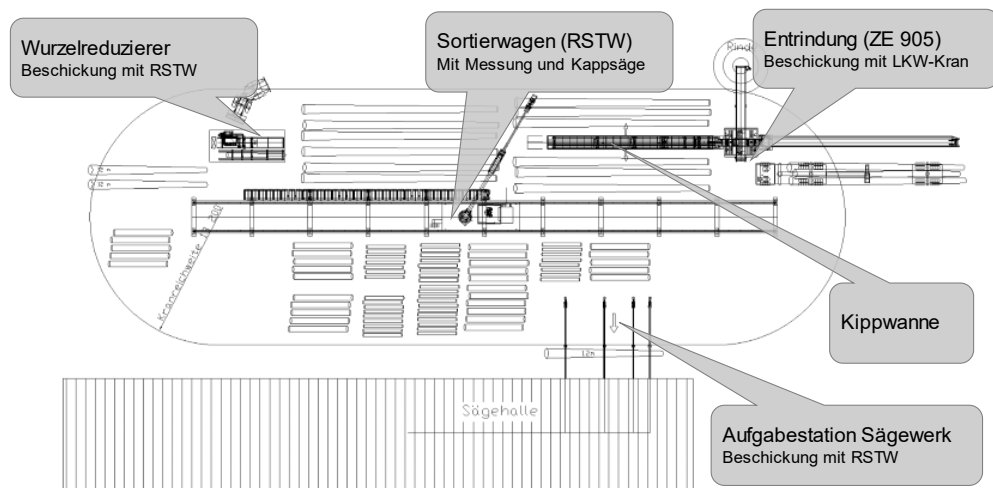


Abbildung 128: Möglicher Ablauf auf dem Rundholzplatz (Quelle: Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

Die Rundholzstämme werden im Wald an verschiedenen Orten aufgeladen und per Lastwagen zum Rundholzplatz transportiert. Die grossen Sägewerke benötigen eher Kurzholz, das auf dem Rundholzplatz nach Qualität, Holzart, Durchmesser und Länge sortiert wird. Die kleinen und mittelgrossen Sägewerke sind eher für Kurz-, Mittel- und Langholz eingerichtet, das zuerst nach Länge und Durchmesser

eingeteilt und danach sortiert wird. Ein Sägewerk hält auf dem Rundholzplatz einen gewissen Vorrat an Rundholz in möglichst vielen Sortimenten und Holzarten. Damit kann das Sägewerk auch bei Engpässen, die zum Beispiel durch Witterungseinflüsse, Rohstoffmangel oder Maschinenstörungen entstehen können, seinen Betrieb aufrechterhalten.

Der Rundholzplatz erfüllt also verschiedene Aufgaben:

- Platz für Rundholzanlieferung
- Rohstofflager/Vorratsspeicher
- Sortierung des Rundholzes
- Einteilung des Rundholzes
- Entrindung des Rundholzes
- Qualitätserhaltung des Rohstoffes
- Belieferung der Hauptmaschine in den Sägewerken gewährleisten

## 5.2. Nebenmaschinen auf dem Rundholzplatz

Nebenmaschinen auf dem Rundholzplatz eines Sägewerkes verantworten einen wichtigen Teil des Produktionsprozesses. Damit das Rundholz in einen sägefähigen Zustand gebracht werden kann, werden die Hauptmaschinen durch Nebenmaschinen beim Einteilen und Sortieren unterstützt. Grundsätzlich würde der Verarbeitungsprozess auch ohne diese Anlagen funktionieren. Allerdings wäre alles ein wenig umständlicher und die Qualität würde spätestens im Sägewerk leiden. In den Nebenmaschinen sind auch diverse Hilfsmaschinen wie beispielsweise Förderanlagen oder das Metallsuchgerät integriert, die die Funktion der Nebenmaschinen auf dem Rundholzplatz (Rh-Platz) maschinell unterstützen.

Nebenmaschinen auf dem Rh-Platz	Hilfsmaschinen auf dem Rh-Platz
Entrindungsanlagen Wurzelstockreduzierer Rundholzabläng-/ Kappsäge Hebe- und Fördergeräte	Vorratsquerförderer Vereinzelung Beschleunigungsrollengang Blockförderer Stammwender Metallsuchgerät Stammauswerfer

Im Folgenden wird nun auf die einzelnen Nebenmaschinen und Hilfsmaschinen eingegangen.

### 5.3. Entrindungsanlagen

#### Allgemeines zu Entrindungsanlagen

Die Rinde ist die Schutzschicht des Baumes und schützt ihn vor Fremdeinwirkungen durch Menschen, Tiere und Wetter (siehe Kapitel Besäumen und Einschnitt, 1. Lehrjahr). Durch das Fällen und den Transport aus dem Wald bleiben Steine und Dreck an der Rinde haften. Diese Ablagerungen müssen entfernt werden, da sonst die Werkzeuge (Sägeblätter) bis zu 20% an Leistungsvermögen verlieren können. Zusätzlich können durch die Entrindung auch Holzschädlinge eliminiert werden.

Die Entrindung des Rundholzes kann bereits im Wald mit Schälseisen oder durch eine mobile Entrindungsanlage vorgenommen werden. Damit liessen sich die Rundholztransportkosten senken, da der Rindenanteil eines Rundholzes bei Fichten und Tannen etwa 10% des Volumens beträgt. Allerdings ist das Rundholz nach der Entrindung im Wald bei der Lagerung und beim Transport nicht mehr vor Sonneneinstrahlung und Schmutz geschützt.



Abbildung 129: Entrindungsanlage (Quelle: Schilliger Holz AG)

#### Entrindungsarten

Generell wird zwischen Nassentrindung und Trockenentrindung unterschieden. Bei der Nassentrindung entfernt man die Rinde unter Verwendung von Wasser. Diese Art der Entrindung ist vor allem dann im Einsatz, wenn es nötig ist, Bast und Kambium komplett vom Holz zu entfernen– zwei äussere Gewebeschichten des Baumes. Typische Verfahren sind die Wasserstrahl-Entrindung und die Trommelentrindung, die hauptsächlich in den Papier- und Zellulosewerken zum Einsatz kommen. Die Sägeindustrie arbeitet grösstenteils mit der Trockenentrindung. Bei dieser wird zwischen Fräskopfentrindung und Reibungsentrindung unterschieden. Mehr dazu folgt in den nächsten Kapiteln.





Abbildung 130: Nassentrindung (Quelle: falch gmbh)



Abbildung 131: Trockenentrindung (Quelle: Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

Anforderungen an  
die Entrindungs-  
anlagen

Geht es in der Planung um eine Neuanschaffung einer Entrindungsanlage, so ist es notwendig, dass die Entrindungsqualität dem Einschnittverfahren und der Anforderung an die Restholzprodukte (Briketts, Rindenmulch, Zelluloseschnitzel) angepasst wird. Des Weiteren müssen die Maschinen im Einsatz folgende Anforderungen erfüllen:

- Geringer Holzverlust
- Saubere Entrindung
- Verarbeitung unabhängig vom Durchmesser
- Kein Aufreißen des Holzes
- Verarbeitung unabhängig von der Form der Stämme
- Entrindung von trockenen und gefrorenen Stämmen
- Energiesparender Einsatz
- Kontinuierliche Arbeitsweise
- Erlaubt sicheres Arbeiten
- Einfaches, möglichst bedienungsfreies Entrinden

### 5.3.1. Fräskopfentrinder

Die Anlage besteht aus einem Entrindungsaggregat und einem Stammdrehteil, die auf einem Betonfundament mit Schrauben befestigt sind. Das Stammdrehteil/-aggregat ist in der Regel stationär und besteht aus zahnradähnlichen Tragrollen, die einander gegenüberstehen. Beide Tragrollen drehen sich im Gleichlauf so, dass sich der Stamm auf die eine oder andere Seite wendet. Die Drehrichtung ist abhängig davon, ob das Entrindungsaggregat den Stamm im Gleichlauf oder im Gegenlauf entrinden soll.

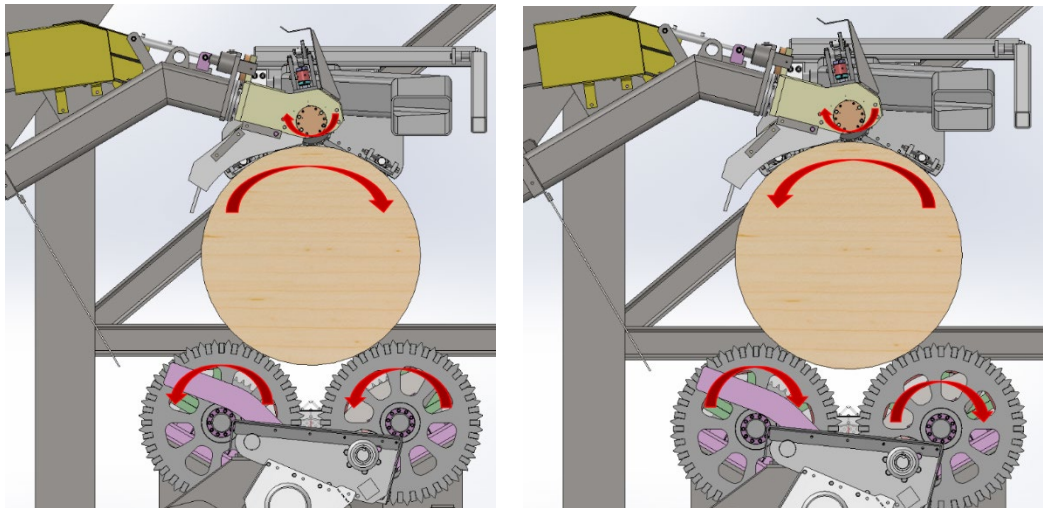


Abbildung 132: Gegenlauf und Gleichlauf (Quelle: Baljier & Zembrod GmbH & Co. KG)

Das Entrindungsaggregat besteht aus einem massiven Maschinengestell mit einem Schwenkarm aus Metall. Am unteren Ende des Schwenkarmes befindet sich der Antriebsmotor, der mittels Antriebsriemen (meist Keil- oder Zahnriemen) den Fräskopf am oberen Ende des Armes antreibt. Durch die spiralförmige Anordnung der hartmetallbeschichteten Messer am Fräskopf entsteht ein ziehender Schnitt, der zu einer sauberen Oberfläche des Rundholzes führt. Der Fräskopf ist mit höhenverstellbaren Tiefenbegrenzern ausgestattet, damit je nach Stamm und Holzart mehr oder weniger Rinde auf einmal entfernt werden kann.

Sobald sich der Stamm im Stammdrehaggregat zu drehen beginnt, senkt sich der Schwenkarm mit dem Fräskopf auf den Stamm und der Entrindungsprozess beginnt. Durch das horizontale Abfahren der Stammachse lässt sich der Stamm in einigen Minuten entrinden. Ist der Fräskopf rein elektrisch angetrieben, hat man beim Schwenkarm die Auswahl zwischen hydraulischem oder pneumatischem Antrieb.





Abbildung 133: Fräskopfentrinder (Quelle: Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

Fräskopfentrinder können als komplette Anlage aufgebaut werden, bei der die Rundhölzer von einem Querförderer auf das Stammdrehaggregat aufgelegt werden. Dabei fährt das Entrindungsaggregat den zu entrindenden Stamm auf einem Werkzeugschlitten in Richtung der Stammachse ab und bestimmt so den Vorschub. Anschliessend wird der entrindete Stamm über einen weiteren Querförderer oder Blockzug wieder abtransportiert. Im Weiteren kann das Entrindungsaggregat auch auf einem mobilen Fahrzeug wie beispielsweise dem Rundholzsortierwagen befestigt werden. Dadurch bestimmt das Fahrzeug den Vorschub des Entrindungsvorganges, und der Werkzeugschlitten fällt weg.

Der Fräskopfentrinder kann sehr vielseitig aufgebaut werden und lässt sich sogar mit einem Wurzelstockreduzierer (siehe Kapitel 5.6) kombinieren.

Fast alle Bedienelemente wie der Anpressdruck des Fräskopfes, der Tiefenbegrenzer und der Ein- und Auswurf im Stammdrehaggregat werden von der Führerkabine aus bedient oder sind teilweise automatisiert.

Einsatzbereiche eines Fräskopfentrinders

Der Fräskopfentrinder ist beliebt bei kleineren bis mittelgrossen Sägewerken mit einem maximalen Rundholzeinschnitt von ca. 50'000fm/Jahr. Die Leistung ist dabei abhängig von Durchmesser, Länge und Drehgeschwindigkeit des Stammes. Zugleich ist auch die Geschwindigkeit der Zu- und Abfördersysteme von entscheidender Bedeutung.

Oft kommt diese Entrindungsanlage auch in Betrieben zum Einsatz, die mehrere Holzarten oder ausschliesslich Laubholz einschneiden, da hier verschiedene Wuchsmerkmale (siehe Kapitel Einschnitt, 1. Lehrjahr) und Stammformen bestehen. Der Fräskopf entrindet formschlüssig und passt sich damit der Oberfläche des Stammes an. Auch ist der Fräskopfentrinder eine sehr beliebte Entrindungsanlage für übergrosse Stämme bis zu einem Durchmesser von über 1.20m und von sehr kurzen Stämmen von 1.50m bis ca. 12m Länge.

Zusammengefasst die Vor- und Nachteile des Fräskopfentrinders:

Vorteile Fräskopfentrinder

- Für alle Holzarten geeignet
- Kostengünstig
- Kombinierbar für verschiedene Anforderungen
- Grosse Durchmesserbereiche

Nachteile Fräskopfentrinder

- Geringer Vorschub
- Max. 40fm pro Stunde
- Wartungsintensiv (Werkzeuge, Schmieren, Abnutzung)

### 5.3.2. Ring- bzw. Lochrotorenrindung

Aufbau und Funktion von Ring- bzw. Lochrotorenrindung

Der Lochrotor besteht aus einem massiven Maschinengestell aus Metall, das auf ein Betonfundament geschraubt ist. Dieses kistenartige und robuste Maschinengestell hat ein Volumen von etwa 8m<sup>3</sup> und ist in geschlossener Bauweise konstruiert, was sicheres Arbeiten zulässt. Das Herzstück der Maschine bilden die drei bis sechs Messerarme, deren Messerplatten mit Hartmetall bestückt sind. Diese sind mittels Schrauben an den Messerarmen befestigt und einfach austauschbar.





Abbildung 134: Lochrotorenrindung (Quelle: Blumer-Lehmann AG / Schilliger Holz AG)

Die Hauptbestandteile des Lochrotors sind eine untere und eine obere Stachelwalze, die das Rundholz einziehen. Je nach Bauweise werden diese durch ein Kettenbett unterstützt. Es folgt der Rotorkopf mit den Messerarmen, der für die Reinigung und Wartung seitlich zum Maschinengestell hydraulisch ausfahrbar ist. Direkt anschliessend wird das Rundholz wieder von einer unteren und einer oberen Stachelwalze, bzw. Kettenbett herausgezogen und auf einen nachfolgenden Blockzug abgeführt. Die Einzugs- und Auszugswalzen sind für den Vorschub der Anlage verantwortlich und müssen je nach Stammdurchmesser angepasst werden.

Die relativ simple, aber robuste Bauweise lässt es zu, dass die Maschine störungs- und wartungsfrei funktioniert. Sämtliche Bauteile werden nach Wahl des Auftraggebers hydraulisch oder pneumatisch angetrieben. Lochrotor- Entrindungsanlagen arbeiten nach dem Prinzip der Reibungsentrindung. Der Lochrotor ist ein umlaufender Ring, an dem bewegliche, sichelförmige Werkzeugarme angeordnet sind, die hydraulisch gegen die Stammoberfläche gepresst werden, damit sich die Werkzeuge den unregelmässig runden und zum Teil krummen Stämmen anpassen können.

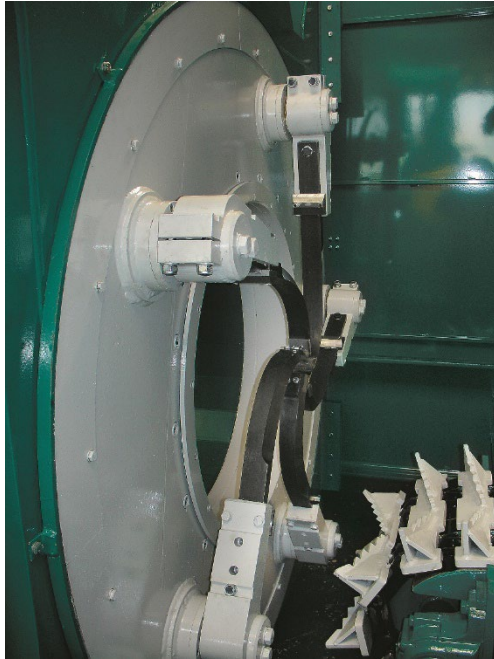


Abbildung 135: Rotor einer Lochrotorenrindungsma-  
schine (Quelle: Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

Einsatzbereiche  
von Ring- bzw.  
Lochrotorenrin-  
dung

Sämtliche Bedienungselemente wie Anpressdruck der Messerarme, Vorschub oder Walzendruck können von der Führerkabine aus bedient werden oder sind automatisiert. Die Maschinengröße richtet sich nach den Durchmesser des gewählten Rundholzes und wird auf die Sortimente von Stark- und Schwachholz angepasst.

Die Ring- bzw. Lochrotorenrindung ist vor allem für Nadelholzwerke in Mittel- bis Grossbetrieben ab 50'000fm/Jahr geeignet. Sie wird hauptsächlich in Sägewerken und Plattenwerken eingesetzt, aber auch in der Waldentrindung und für mobile Entrindungsanlagen auf Lastwagen.

Die Ring- und Lochrotorenrindung ist ideal für Trämel, Mittellang- und Langholz, aber auch für Schwach- und Starkholz (siehe Kapitel Besäumen und Einschnitt, 1. Lehrjahr). Was die Länge betrifft, ist man beim Kurzholz mit ca. 2.00m eingeschränkt, wo hingegen beim Langholz wiederum fast keine Grenzen gesetzt sind. Allerdings ist beim Lochrotor der maximale Stammdurchmesser begrenzt. Er liegt je nach Modell zwischen 75cm und 110cm. Dafür kann bereits ab einem Zopfdurchmesser von 5cm entrindet werden.

Zusammengefasst die Vor- und Nachteile der Ring- und Lochrotorenrindung:

Vorteile Ring- /  
Lochrotorenrin-  
dung

- Hohe Kapazität
- Wartungsarm
- Hoher Vorschub
- Fast keine Längenbegrenzung
- Einfache Bedienung

Nachteile Ring- /  
Lochrotorenrin-  
dung

- Im Durchmesser begrenzt
- Hohe Anschaffungskosten
- Nicht geeignet unter 2m Länge

Unabhängig davon, mit welcher Entrindungsanlage man entrindet: Die Entrindungsqualität ist immer abhängig von der Holzart, dem Zustand des Rundholzes und der Werkzeuge.

## 5.4. Wurzelstockreduzierer

Allgemeines zum  
Wurzelstockredu-  
zierer

Gerade im Starkholzbereich, wo meist auch das Bodenstück des Baumes in das Sägewerk kommt und in Betrieben, die mit der Profilier- und Reduziertechnik arbeiten, (siehe Kapitel Einschnitt, 1. Lehrjahr) ist der Wurzelstockreduzierer ein wichtiges Werkzeug. Bei automatisierten Sägestrassen, wo dem Zeitfaktor eine hohe Bedeutung zukommt, muss verhindert werden, dass durch einen überkrummen Rundholzstamm, der im Sägeaggregat verklemmt, die ganze Anlage minutenlang zum Stehen kommt. Auch starke Wurzelansätze, Aststümpfe und Beulen können im Betriebsablauf in der Sägehalle zu Unterbrechungen führen. Durch Abfräsen dieser Unebenheiten lassen sich Störungen erheblich verringern, und die Haupt- und Nebenmaschinen in den Sägewerken werden entlastet. Für einen weitgehend automatisierten Betriebsablauf ist daher eine Reduziermaschine notwendig.

### 5.4.1. Reduziermaschine mit unten angeordneter Fräswellen

Aufbau und Funk-  
tion von Reduzier-  
maschine mit unten  
angeordneter  
Fräswellen

Diese Maschine besteht aus einer feststehenden Fräswelle mit einer Wellenlänge von ca. 1200mm, welche mit spiralförmig angeordneten Wendemessern bestückt ist. Durch das Berühren des Druckschalters durch den Stamm wird der Reduziervorgang automatisch in Gang gesetzt, und die Fräswellen fahren an das Rundholz. Der hydraulisch betätigte Niederhaltearm drückt mit einem angetriebenen Kettenprisma (kann auch mit Gummireifen anstatt Ketten ausgestattet werden) auf den Stamm. Jetzt beginnt der Stamm um seine Längsachse zu drehen, was zum Reduzierprozess führt. Durch das Kettenprisma am Arm bleibt der Rundholzstamm immer zentriert. Zusätzlich sind auf der Unterseite des Wurzelreduziers, auf Höhe der Fräswellen, weitere hydraulisch angetriebene Kettenprismen angeordnet, die den Stamm drehen.

Durch zusätzliche Stützelemente können Langholzstämmen mit einer Länge von bis zu 23 Metern reduziert werden. Hydraulisch betätigte Auswerfarme zwischen den Auflage- und Kettenprismen sind für den Auswurf des reduzierten Stammes verantwortlich.

Einsatzbereiche

Reduziermaschinen mit unten angeordneten Fräswellen werden meist an Kettenlängsförderer oder Querförderer angebaut, d.h. bevor das Rundholz durch die Entrindungsanlage geht. Die nachfolgenden Maschinen werden damit entlastet. Dies ist in der Schweiz die herkömmlichste Art, um Wurzelanläufe zu reduzieren. Sie ist vor allem im Einsatz bei Nadelholz und kleineren Laubholzbäumen.





Abbildung 136: Unterschiedliche Wurzelreduziermaschinen (Quelle: Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

#### 5.4.2. Reduziermaschine mit umlaufender / verstellbarer Fräswellen

Aufbau und Funktion von Reduziermaschinen mit umlaufender / verstellbarer Fräswellen

Die Reduziermaschine mit umlaufender oder verstellbarer Fräswellen wird in der Regel unmittelbar vor der Entrindungsanlage eingebaut.

Bei der verstellbaren Fräswellen fährt der Rundholzstamm auf einem Blockzug in Richtung Entrindung und bleibt unter der Fräswelle stehen. Hier wird der Stamm leicht angehoben und von Prismaketten gedreht. In dieser Zeit fährt die etwa 1200mm lange Fräswellen an den Stamm und beginnt alle Unebenheiten und Wurzelanläufe abzufräsen, bis der Stamm nahezu zylindrisch ist. Anschliessend wird der Stamm wieder auf den Blockzug heruntergelassen und er fährt in die Entrindungsanlage ein.

Bei der umlaufenden Fräswellen wird der Stamm, sobald er auf den Blockzug geworfen wird, von einer 1200mm langen Fräswellen umfahren, bis er zylindrisch ist. Dabei ist die Welle an einer endlos drehbaren Grundplatte befestigt, die von einem



Motor angetrieben wird. Der Stamm wird von einem Niederhalter fixiert und erst bei Beendigung des Vorganges wieder losgelassen. Anschliessend fährt der Stamm in die Entrindungsanlage. Wie bei anderen Reduzieranlagen besteht die Fräsewelle aus ca. 40 Wendemessern, die sich mehrmals einsetzen und nachschärfen lassen.

#### Einsatzbereiche

Diese Art von Wurzelreduzierung ist für Mittel- und Langholz aus Nadelholz geeignet. Die Grenze liegt bei einem Durchmesser von 1.20m. Interessant ist diese Reduziermaschine für Grosssägewerke, da sie doch höhere Investitionen erfordert und sich eher für vollautomatische Abläufe auf dem Rundholzplatz eignet.



Abbildung 137: Wurzelreduzierer mit umlaufender Fräsewelle (Quelle: Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

#### 5.4.3. Kombinierte Reduzier- und Entrindungsmaschine

#### Aufbau und Funktion von kombinierter Reduzier- und Entrindungsmaschine

Diese Art von Wurzelstockreduzierer ist ähnlich aufgebaut wie die Fräskopfentrindungsanlage. Oft wird der Stamm bei der Kombimaschine hydraulisch angehoben sowie links und rechts zur Querschnittsfläche mit einem eindringenden Dorn befestigt und zentriert, damit der Stamm um seine Längsachse drehbar wird und geschält bzw. entrindet werden kann. Zusätzlich ist ein Wurzelstockreduzierer im Einsatz, der gleichzeitig zur Entrindung den Wurzelanlauf des Stammes reduziert, sofern dies nötig ist. Dies kann je nach Anlage ein zweiter Fräskopf mit längerer Fräsewelle sein oder eine Fräsewelle, die im Stammdrehteil versenkt ist. Die Kombimaschine kann durchaus auch mit Stammdrehteil-Aggregaten konstruiert werden.



Abbildung 138: Kombinierte Reduzier- und Entrindungsmaschine (Quelle: Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

#### Einsatzbereiche

Die Kombi-Entrindungs- und Reduzier-Maschine wird zum Entrindungs- und gleichzeitigen Reduziervorgang eingesetzt. Dabei wird der Stamm entrindet und Blockunebenheiten wie Wurzelansätze, Aststümpfe und Beulen werden abgefräst. Der Wurzelanlauf wird so reduziert. Die Kombimaschine spart gegenüber den einzelnen Maschinen (Fräskopfentrindung und Wurzelstockreduzierer) Platz, aber auch Kosten. Sie wird hauptsächlich bei Laubholz (Buche, Eiche, Esche) und im Kurzholzbereich eingesetzt, da es dort schwierig ist, mit Lochrotorenrindung zu arbeiten. Dies, weil die Bäume tendenziell grössere Durchmesser haben und mehr von Wuchsmerkmalen geprägt sind. Bezüglich des Durchmessers sind bei Kombi-maschinen fast keine Grenzen gesetzt.

### 5.5. Rundholzabläng-/ Kappsäge

#### Allgemeines zur Rundholzabläng-/ Kappsäge

Auf dem Rundholzplatz wird vor allem bei klein- und mittelgrossen Sägewerken oft noch Rundholz eingeteilt oder zumindest abgelängt. Dafür werden Rundholzkappsägen eingesetzt - dies können Kreissägeblätter, aber auch Kettensägen sein. Da das Rundholz aus dem Wald oft stirnseitig mit Dreck und Steinen verklebt ist, wird in fast allen Sägewerken mindestens für eine saubere Stirnfläche ein Sägeschnitt vorgenommen. Je nach Leistungsanforderung werden auf dem Rundholzplatz drei verschiedene Sägetypen eingesetzt.

#### 5.5.1. Kreissägen

Das Kreissägeblatt ist an einem Schwenkarm befestigt und befindet sich unter einer Schutzhaube. Der Rundholzstamm fährt unter dem Kreissägeblatt durch oder das Sägeblatt fährt darüber hinweg - dies je nach Ausführung. Sobald der Befehl zum Sägen gegeben wird, greifen die Klemmzangenpaare vor und nach dem Sägeblatt zu. Das sich am Schwenkarm befindende Kreissägeblatt kommt aus der Haube hervor und vollzieht den Sägeschnitt. Die Bewegung geschieht hydraulisch.

Die auf dem Rundholzplatz eingesetzten Kreissägen haben eine hohe Sägeleistung, sind jedoch in ihrem Durchmesser beschränkt. So können maximal Stämme mit einem Durchmesser von 750mm gekappt werden. Dafür ist allerdings ein Sägeblatt mit einem Durchmesser von 2m nötig. Bei dieser Kappeinheit ist eine Antriebsleistung von 75kW notwendig, unter anderem da die Schnittfuge über 1cm breit ist. Diese Maschine wird oft in Schwachholzsägewerken eingesetzt mit einer Leistung von über 50'000fm/Jahr.



Abbildung 139: Kreissägeblatt (Quelle: Schilliger Holz AG)

### 5.5.2. Kettensägen

Die Kettensäge wird häufig eingesetzt, wenn nicht so zahlreiche Kappschnitte pro Minute gefordert sind und Rundholzstämme mit grossem Durchmesser vorliegen. Diese Kapptechnik besteht lediglich aus einem Kettensägeschwert, einem hydraulischen Schwenkarm für die Kettensäge und den Klemmzangenpaaren. Diese heben den Stamm an, sobald der Befehl zum Sägen von der Steuerung kommt. Dabei können je nach Rundholzdurchmesser Sägeschwerter von 100 bis 250 cm eingesetzt werden, so dass ein Stamm mit maximal 200cm Durchmesser gekappt werden kann.

Grösstenteils ist die Säge stationär und der Stamm wird auf einem Blockzug unter der Säge durch transportiert. Es gibt aber auch die Möglichkeit, dass die Säge auf einem Wagen oder einer Führungsschiene liegt und je nach Schnittpunkt bewegt wird. Diese Säge wird oft in Starkholzsägewerken eingesetzt mit einer Leistung bis 50'000fm/Jahr.





Abbildung 140: Kettensäge (Quelle: Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

### 5.5.3. Kombination aus Kreissäge und Kettensäge

Für Rundholzplätze, bei denen hohe Leistung gefordert ist und gleichzeitig auch Starkholz verarbeitet wird, kann eine Kombination aus Kreis- und Kettensäge eingesetzt werden. Je nach Stammdurchmesser wird die entsprechende Säge eingesetzt. Die Kettensäge (Schwenksäge) wird der Kreissäge einige Zentimeter vor oder nachgeschaltet. Dies ermöglicht es dem Bediener flexibel zu entscheiden, welches Werkzeug er für den Kappschnitt einsetzen möchte. Für die grossen Stämme ab einem Durchmesser von max. 750mm muss die kombinierte Säge eingesetzt werden.

## 5.6. Hebe- und Fördergeräte

Allgemeines zu  
Hebe- und Förder-  
geräten

Für die Sortierung, Beschickung und Einteilung auf einem Rundholzplatz braucht es geeignete Hebe- oder Fördergerät. Entscheidend für die richtige Wahl des Gerätes sind folgende Faktoren:

- Betriebsgrösse
- Rundholz (Nadel-/Laubholz, Kurz-, Mittel-, Langholz)
- Einschnitt-Technologie (Profiliertechnik, Blockbandsäge, Vollgatter)
- Schnittholzsortiment (Klotzbretter, Fensterkanteln, Bauholz, usw.)

Auf die oben genannten Faktoren abgestützt, stehen folgende Hebe- und Fördergeräte zur Wahl:

### 5.6.1. Frontstapler und Radlader

Vorteile von Front-  
stapler / Radlader

- Schnelle Förderung und Beschickung
- Wendigkeit
- Vielseitiges Einsatzgebiet
- Nicht schienengebunden
- Geeignet für klein-, mittelgrosse- und Grossbetriebe



Nachteile von  
Frontstapler / Rad-  
lader

- Aufwändige Platzbefestigung nötig
- Braucht viel Manövrierplatz
- Nicht geeignet zum Einteilen
- Bei Polterhöhe beschränkt



Abbildung 141: Frontstapler und Radlader (Quelle: Ruedersäge AG / Blumer-Lehmann AG)

### 5.6.2. Turmdrehkran (stationär oder fahrbar)

Vorteile Turmdreh-  
kran

- Läuft ruhig
- Hohe Poltermöglichkeit
- Direkte Fahrt
- Sehr gute Platzausnutzung
- Sehr hohe Nutzlast möglich

Nachteile Trum-  
drehkran

- Grosse Investition
- Kein Arbeiten bei Sturm
- Stationär
- Pendelnde Last
- Langsame Fahrt

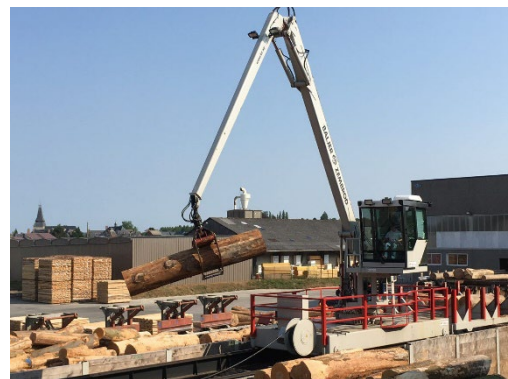


Abbildung 142: Turmdrehkran (Quelle: Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

### 5.6.3. Portal- oder Brückenkran

Vorteile Portal-  
oder Brückenkran

- Läuft ruhig
- Hohe Poltermöglichkeit
- Direkte Fahrt
- Sehr gute Platzausnutzung
- Sehr hohe Nutzlast möglich
- Hohe Umschlagskapazität
- Grosses Zangenvolumen

Nachteile Portal-  
oder Brückenkran

- Grosse Investition
- Kein Arbeiten bei Sturm
- Schienengebunden
- Nur für Grossbetriebe
- Grosse Distanz zum Rundholz



Abbildung 143: Portal- oder Brückenkran (Quelle: Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

#### 5.6.4. Pneubagger

Dieses Fahrzeug ist in der Schweizer Holzindustrie sehr beliebt und daher weit verbreitet. Es eignet sich sowohl zum Beschicken als auch zum Sortieren und Einteilen. Ist beim Kleinbetrieb lediglich ein Pneubagger auf dem Rundholzplatz notwendig, setzt der Grossbetrieb mehrere davon ein, damit die Zubringung zu den Haupt- und Nebenmaschinen gewährleistet ist. Je nach Anforderung kann die Greifergrösse angepasst werden. Bei gewissen Modellen lässt sich auch die Bedienkabine automatisch ausfahren, damit die Mitarbeitenden eine bessere Sicht auf die Rundholzpolter haben. Die Greifzange kann auch mit einem Kettensägeagregat ausgestattet werden. Damit können die Stämme bequem von der Führerkabine aus abgelängt werden. Dies bedingt zuerst eine Markierung der Schnittstellen.

Vorteile Pneu-  
bagger

- Fahrbares Sortierpolter möglich
- Flexibel einsetzbar
- Nicht schienengebunden
- Wendigkeit

Nachteile Pneu-  
bagger

- Kurze Reichweite
- Polterhöhe begrenzt
- Aufwändige Platzbefestigung nötig
- Eingeschränkt bei Langholz



Abbildung 144: Pneubagger (Quelle: Schilliger Holz AG)

### 5.6.5. Schienenfahrzeug mit Sortierkran

Der Rundholzsortier- und Transportwagen ist ein schienengebundenes Fahrzeug. Er ist mit aufgebautem Kran und Säge ausgestattet und geeignet zum Einteilen, Kappen, Absortieren von Rundholzstämmen sowie zum Beschicken der Sägehalle. Dieses Förder- und Hebegerät wird mit Strom betrieben und dadurch mit einer Kabeltrommel am Heck des Gerätes versehen. Bei Kleinbetrieben ist der Rundholzsortierkran oft mit einer Messstation ausgerüstet. Dies ermöglicht es, den Rundholzstamm auf dem Einteiltisch abzufahren und so die Länge und Durchmesser des Stammes zu ermitteln. Anschliessend kann der Stamm eingeteilt und sortiert werden. Es ist alles durch eine Person bedienbar und vom Steuersessel in der Kabine aus steuerbar.

In Europa ist das Schienenfahrzeug bei den kleinen und mittelgrossen Sägewerken nach wie vor das meisteingesetzte Hebe- und Fördergerät auf dem Rundholzplatz, weil man damit flexibel im Einteilen, Sortieren und Beschicken ist. Durch die geringe Nutzlast ist der Rundholzsortierkran eher etwas für Nadelholz-Sägewerke. Wegen der hohen Beanspruchung des Drehkranzes ist es zwingend nötig, dass der Kran einmal im Jahr von einer Fachperson kontrolliert wird.

Vorteile Schienenfahrzeug mit Sortierkran

- Schnell, da schienengebunden
- Einteil- und Ablängstation
- Fahrbares Sortierpolter
- Witterungsgeschütztes Arbeiten
- Alles in einem

Nachteile Schienenfahrzeug mit Sortierkran

- Hohe Investition- und Reparaturkosten
- Kurze Reichweite
- Polterhöhe beschränkt
- Geringe Nutzlast
- Schienengebunden





Abbildung 145: Schienenfahrzeug mit Sortierkran (Quelle: Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

### 5.7. Hilfsmittel auf dem Rundholzplatz

Allgemeines zu  
Förderanlagen

Förderanlagen oder Fördermittel sind Maschinen und Anlagen, die zum Befördern von Gütern verwendet werden. Sie lassen sich nach der Art des Förderguts unterteilen in Förderer für Stückgut (z.B. Rundholz) und Förderer für Schüttgut (z.B. Sägespäne). Andere Einteilungen unterscheiden Stetig- und Unstetigförderer oder Förderer für Stückgut nach baulichen Gesichtspunkten (z.B. flurfrei oder flurgebunden).



Förderanlagen	
Stetigförderer	Unstetigförderer
	

Abbildung 146: Stetig- und Unstetigförderer (Quelle: flaticon.com)

Mechanisierung  
und Fördertechnik  
in der Holzindustrie

Verschiedene Hersteller bieten den Sägewerken von der Planung bis zur Inbetriebnahme alles aus einer Hand an. Das Herstellungs- und Lieferprogramm umfasst die gesamte Mechanisierung mit Förderanlagen im Stark- wie Schwachholzbereich. Als Ausrüster in der Sägenindustrie konzipieren und liefern die Hersteller beispielsweise Komponenten in der Fördertechnik für Rundholzaufgaben, Rundholzvereinzelungen, Querförderer, Zuteiler, Messblockzüge, Stufenschieber, Stammwender und Sortieranlagen.



Die modulare Fördertechnik besteht aus verschiedenen Bausteinen (Modulen). Sie sorgt für die effiziente Beförderung des Rundholzes auf dem Rundholzplatz. Das Rundholz wird von der Rundholzaufgabe bis in die Sägehalle in einem hohen Automatisierungsgrad befördert. Wie im Abschnitt oben erwähnt, bieten die Hersteller mittlerweile ein Gesamtpaket an, das eine schnelle Planung und Projektierung begünstigen. Durch die modulare Bauweise der Förderanlagen können bestehende Anlagen einfach erweitert oder umgebaut werden. Durch die robuste Bauart, den geringen Wartungsaufwand und der hohen Automatisierung, können die Betriebskosten gesenkt werden.

Modulare Fördertechnik kann folgende Fördermittel umfassen:

#### 5.7.1. Vorratsquerförderer

Auf einer Stahlkonstruktion laufen die Ketten. Umlenkrollen und die Antriebswelle ermöglichen einen Rundlauf der Ketten und Mitnehmern. Aufgabenstützen und Prallwand ermöglichen eine sichere Rundholzaufgabe. Die Anzahl der Kettenstränge richtet sich nach der Rundholzlänge.

Der Antrieb erfolgt mit einem Elektromotor mit Getriebe, meist mit Triplexkette zur Antriebswelle. Für die bessere Reinigung wird ein erhöhter Stahlunterbau verwendet. Kratzerförderer unter dem Querförderer können die anfallende Rinde gezielt entsorgen.



Abbildung 147: Vorratsquerförderer (Quelle: Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

#### 5.7.2. Vereinzelung

Im Anschluss an den Vorratsbereich erfolgt eine Vereinzelung, um sicher zu stellen, dass nur ein Rundholz auf den folgenden Längsförderer übergeben wird. Dabei haben sich zwei Technologien auf dem Rundholzplatz durchgesetzt. Zum einen gibt es denn so genannte Leistenquerförderer und einen Steilquerförderer mit durchgehenden Mitnehmerleisten, der vor allem im Langholzbereich eingesetzt wird. Zum anderen gibt es den Stufenschieber, der treppenartig Kurzholz (bis 6m) vereinzelt. Bei hoher geforderter Leistung und hohem Füllgrad des Vorratsquerförderers wird dem Leistenquerförderer ein Stufenschieber nachgeschaltet, um eine sichere Vereinzelung zu gewährleisten. Die Feldaufteilung bei Leistenquerförderer und Stufenschieber richtet sich wiederum nach der Rundholzlänge. Der

Stufenschieber kann hydraulisch oder frequenzgesteuert betrieben werden. Bis zu 24 Hübe pro Minute sind möglich.



Abbildung 148: Vereinzlung (Quelle: Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

### 5.7.3. Beschleunigungsrollengang

Um die Rundholzstämmen aus der Querbewegung schnellstmöglich und sicher in Längsrichtung zu beschleunigen, wird der patentierte V-Rollengang (Rollengform wie ein V) eingesetzt, der durch im 90°- Winkel angeordnete Rollen die Kräfte auf die Stämme überträgt. Vorschubgeschwindigkeiten von über 200m/min sind hierbei möglich. Dieser Beschleunigungsrollengang kann für alle Durchmesserbereiche eingesetzt werden. Als kostengünstigere Alternative kann der Kegelrollengang eingesetzt werden. Dieser Rollengang besteht aus zwei kegelförmigen Rollen, welche liegend an der Spitze des Kegels miteinander verbunden sind, damit das Rundholz zentriert wird. Mit diesem werden die Rundholzstämmen bis auf ca. 110m/min beschleunigt.



Abbildung 149: Beschleunigungsrollengang (Quelle: Schilliger Holz AG)



#### 5.7.4. Blockförderer

Der Blockzug oder Blockförderer befördert das Rundholz in der Längsrichtung. Die Mitnehmer laufen auf einer Stahlkonstruktion und sind oben wie unten mit auswechselbaren Kunststoffen belegt. Wasser erhöht die Lebensdauer. Blockzüge ohne Kunststoffe werden am besten mit Bio-Öl geschmiert. Die zwei Transportketten sind mit Mitnehmern verbunden. Diese Fördertechnik ist relativ träge, dafür umso robuster und wartungsarm. Er wird hauptsächlich vor und nach Hauptmaschinen auf dem Rundholzplatz wie Mess- und Sortierstationen oder Nebenmaschinen wie der Entrindungsanlage eingesetzt.



Abbildung 150: Blockförderer (Quelle: Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

#### 5.7.5. Stammwender

Für den optimalen Einschnitt sollte das Rundholz immer mit dem Zopf- oder Stockdurchmesser in die Sägehalle kommen. Stammwender drehen das Rundholz meistens um 180 Grad. Je nach Organisation auf dem Rundholzplatz aber auch nur um 90 Grad. Es gibt verschiedene Stammwender:

- Bogenquerförderer, welcher viel Platz braucht
- Stammanhebendes Aggregat mit 90° Drehung. Platzsparend, ist aber in der Förderleistung eingeschränkt
- Eine Drehvorrichtung für eine weitere Förderung von 45°

#### 5.7.6. Metallsuchgerät

Auf dem Rundholzplatz werden häufig Metallsuchgeräte eingesetzt, die Metalleinschlüsse wie Nägel, etc. erkennen, um empfindliche Werkzeuge im Sägewerk zu schützen. Hierbei können Metalleinschlüsse von der Grösse einer M6-Mutter erkannt werden. Die betroffenen Rundhölzer werden entweder von einer Spritzmarkiereinrichtung gekennzeichnet oder in eine Sonderbox ausgeworfen. Da eine metallfreie Zone um das Suchgerät vorhanden sein muss, wird das Förderband oder der Blockzug in eine Holzkonstruktion integriert.



Abbildung 151: Stammwender (Quelle: Schilliger Holz AG)



Abbildung 152: Metallsuchgerät (Quelle: Schilliger Holz AG)

### 5.7.7. Stammauswerfer

Sortierungen auf dem Rundholzplatz können abhängig von Holzlänge, Durchmesser und geforderter Leistung variieren. Es ist also nötig, die Rundholzstämmen während der Sortierung oder der Rundholzeinteilung in die verschiedenen Rundholzboxen auszuwerfen. Stammauswerfer können aber beispielsweise auch nach dem Metallsuchgerät eingesetzt werden. Dies, um die Stämme, bei denen Metall im Holz eingeschlossen ist, auszuwerfen.

Es gibt ganz viele Möglichkeiten, um das Rundholz auszuwerfen:

Drehflipper	Vor allem bei Schwachholz wird auf der Sortierstrecke ein Förderband mit darüber liegenden Drehflippern eingesetzt.
Hubschwerter	Bei Starkholz wird auf dem Rundholzplatz häufig ein Sortierblockzug mit Hubschwertern eingesetzt. Diese (hydraulisch oder elektr. betrieben) heben eine Seite der Mitnehmer an und der Stamm rollt an der gegenüberliegenden Seite in die Sortierbox oder auf einen weiteren Förderer. Wird auch angewendet bei der Übergabe an die Sägemaschinen.
Rundausstosser	In der Regel werden auf dem Rundholzplatz Sortierblockzüge mit Rundausstossern eingesetzt, die mittels Getriebemotoren nach links und rechts auswerfen.
Drehtelleraus- stosser	Eine patentierte Neuentwicklung ist die Sortierung mit Drehtellerausstossern. Dabei ist eine Absortierung von 40 Abschnitten pro Minute in eine Box möglich. Der exzentrisch gelagerte Teller wird durch einen Keilriemenantrieb in eine Drehbewegung versetzt, der den Stamm dann auswirft. Mit dieser Art von Ausstossern (Einsatz bei Blockzug und Förderband möglich) sind Sortiergeschwindigkeiten von 300m/min möglich.





Abbildung 153: Stammauswerfer (Quelle: Schilliger Holz AG)

## 5.8. Optimierung des Energieverbrauchs (Quelle: energie.ch)

In Säge- und Hobelwerken wird Energie insbesondere in Form von Strom zum Betreiben der Anlagen und Maschinen eingesetzt. Die Heizung wird meist mit Restholz betrieben und fällt deshalb beim Energieverbrauch nicht ins Gewicht.

In einem durchschnittlichen Säge- oder Hobelwerk entfällt ein grosser Teil des Stromverbrauchs auf den Betrieb von Holztrocknungsanlagen sowie den Betrieb der Holzbearbeitungsanlagen und -maschinen.

### 5.8.1. Produktionsanlagen und -maschinen

In den Produktionsprozessen kann insbesondere mit Auslastung und Reduktion von Laufzeiten Energie eingespart werden:

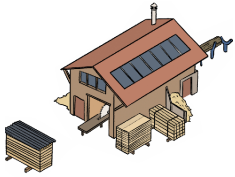
- **Abschalten:** Vor allem Maschinen mit hoher Leerlaufleistung sollten nur laufen, wenn sie Arbeit haben. Das gilt auch für die Zusatzaggregate (Hydraulikpumpe, Lüfter, Lampen usw.). Am wirksamsten sind Einrichtungen, welche automatisch starten und stoppen. Kritische Elemente wie eine Computersteuerung können auch eingeschaltet bleiben oder an einer Maschine werden nur die Infrarotstrahler ein- und ausgeschaltet. Auch bei kurzen Pausen sollten Anlagen abgestellt werden. Als Faustregel lohnt sich das Abschalten energetisch, wenn die Pause fünfmal länger dauert als das Hochfahren.
- **Auslastung:** Bei vielen Holzbearbeitungsmaschinen dominieren die Leerlaufverluste. Die Anlagen sind schon aus diesem Grund mit voller Leistung (Vorschubgeschwindigkeit) zu fahren und danach abzustellen. Mit langsamen Sägen (unter 4 m/min) spart man nicht Energie, sondern man vergeudet Zeit und Energie. Beispiel: 50 kW Voll-Lastbetrieb während 400 Stunden ergibt 20'000 kWh/a, 40 kW Halb-Lastbetrieb während 800 Stunden ergibt 32'000 kWh/a.

- Regelung: Eine Anpassung der Prozessgeschwindigkeit an den aktuellen Bedarf erfolgt am effizientesten über drehzahlvariable Motoren. Ein Frequenzumrichter kostet bei grössen Leistungen weniger als 200 Franken pro kW Motorleistung und kann den ganzen Antriebsstrang auch sanft beschleunigen und bremsen (weniger Verschleiss).
- Antriebssysteme: Für Antriebsaufgaben sind Elektromotoren etwa doppelt so effizient wie Hydraulikantriebe und rund zehnmal effizienter als Druckluftantriebe. Bei den Maschinen mit einer hohen Betriebsstundenzahl lohnt sich der Einsatz von Energiesparmotoren. Bei der Beschaffung sind die Betriebskosten und nicht die Investitionskosten zu vergleichen.
- Prozesskontrolle: Eine wichtige Produktionsmaschine sollte mit einem Betriebsstunden- und einem eigenen Stromzähler (50 bis 300 Franken) ausgerüstet sein. Es gibt auch die Möglichkeit der Online-Erfassung durch ein Energiemanagementsystem. Mit der regelmässigen Auswertung kann der Zustand der Maschine überwacht werden.

### 5.8.2. Weitere Optimierungsmöglichkeiten

- Druckluftanlage: Für die meisten Druckluftverbraucher reicht ein Netzdruck von 6 bar Überdruck. Vor allem in grösseren Anlagen stecken rentable Energiesparmöglichkeiten. Ab einer Kompressorleistung von 5,5 kW lohnt sich meistens eine Optimierung.
- Absauganlage: Durch die Anpassung der notwendigen Luftmenge an den aktuellen Bedarf lassen sich 40 bis 70% Strom einsparen. Energieeffiziente Neuanlagen sind nicht viel teurer als übliche Standardanlagen. Anlagen ab 7,5 kW Ventilatorleistung und Laufzeiten von mehr als 500 Stunden pro Jahr sind genauer zu untersuchen.

## 6. Trocknen



Sägerei

### HK c3: Schnittholz trocknen und behandeln

Die Holztrocknung stellt einen der ersten Schritte der Holzbehandlung nach dem Einschnitt des Rundholzes dar. Durch die Trocknung wird dem Holz Feuchte entzogen, damit es vor Schwund, Fäulnis oder Schwamm sicher ist. Ausserdem muss das Holz auf eine gewünschte Endfeuchte gemäss dem späteren Gebrauch getrocknet werden. Und dies bei möglichst geringen Trocknungsschäden.

Die Trocknung erfolgt entweder durch natürliche Trocknung (Freilufttrocknung) oder durch technische Trocknung in entsprechenden Anlagen. Generell handelt es sich dabei um einen zeit- und kostenintensiven Prozess, der nicht unterschätzt werden darf. Denn wenn das Holz nicht gut getrocknet ist, besteht die Gefahr, dass es nicht verarbeitet werden kann.



Abbildung 154: Trockenkammer (Quelle: Blumer-Lehmann AG)

## Praxisaufträge im Betrieb

### Verarbeitungsstufe 1:

- Freilufttrocknung und fachgerechte Lagerung (1. LJ)
- Trocknungsanlage bedienen, Schnittholz nach Trocknung kontrollieren und sortieren (2. LJ)

### Verarbeitungsstufe 2:

- Schnittholz /holzbasierte Produkte lagern (3. LJ)

### Praktikum Verarbeitungsstufe 1 (unter Aufsicht):

- Freilufttrocknung und fachgerechte Lagerung
- Trocknungsanlage bedienen

## Überbetrieblicher Kurs 5

- Freilufttrocknung
- Trocknungsanlagen (Vakuum, konventionell): beschicken, befüllen, Sonden setzen
- Holzfeuchte messen, Schwund, Quellmass berechnen, Darrprobe ausführen, Gewicht und Dichte Trocknungscharge berechnen

## Berufliche Situationen

- Sie stapeln Schnittholz für die Trocknung.
- Sie kontrollieren die Holzfeuchte (Anfangs- und Endfeuchte).
- Sie beschicken die Trocknungsanlage und stecken die Sonden korrekt und am richtigen Ort.

## Lernziele

- Sie erklären die physikalischen Grundlagen (Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchte), welche für die Holz Trocknung wichtig sind.
- Sie erklären die Definitionen Feuchtegehalt, Darrtrocken, Fasersättigung, max. Feuchtegehalt, Gleichgewichtsfeuchte und Holzfeuchte.
- Sie erläutern die direkten und indirekten Methoden zur Bestimmung und Berechnung der Holzfeuchte.
- Sie erklären die Begriffe zum Quell- und Schindverhalten: Rohdichte, Quellen und Schwinden, Schwindmass, differentielles Schwinden und Quellen.



- Sie erläutern welche Feuchte für welche Verwendungszwecke gelten und bestimmen exemplarisch die Feuchte für bestimmte Verwendungszwecke.
- Sie vergleichen die natürliche und technische Trocknung und bestimmen exemplarisch geeignete Trocknungsverfahren.
- Sie beschreiben die 4 Phasen der Trocknung.
- Sie erklären das Trocknungsgefälle und beschreiben Faktoren und Zusammenhänge, welche das Trocknungsgefälle beeinflussen.
- Sie erklären die Trocknungszeit und beschreiben Faktoren und Zusammenhänge, welche die Trocknungszeit beeinflussen.
- Sie bestimmen die richtige Stapelung für unterschiedliche Betriebe.
- Sie erläutern Gründe für Trocknungsfehler und erkennen Trocknungsfehler (Trocknungsspannung, Verschalung, Haarrisse, Oberflächenrisse, Hirnrisse, Innenrisse, Zellkollaps, Holzfluss, Verfärbung).
- Sie beschreiben Voraussetzungen, das Vorgehen und die wichtigsten Kriterien der korrekten Freilufttrocknung.
- Sie vergleichen Verfahren der technischen Trocknung und bestimmen exemplarisch geeignete Verfahren (Vortrocknung, Verdunstungstrocknung, Kondensationstrocknung, Vakuumtrocknung).
- Sie erläutern Massnahmen zur Kosten- und Energieeinsparung bei Trocknungsanlagen und identifizieren Optimierungsmöglichkeiten.

## 6.1. Einleitung

Die Holz Trocknung stellt einen der ersten Schritte der Holzbehandlung nach dem Einschnitt des Rundholzes dar. Sie ist in den meisten Fällen eine grundlegende Voraussetzung für die Weiterverarbeitung des Holzes. Generell handelt es sich dabei um einen zeit- und kostenintensiven Prozess.

Dabei besteht das vorrangige Ziel darin, dass Holz bis zu einer gewünschten Endfeuchte entsprechend dem späteren Gebrauch zu trocknen. Und dies bei möglichst geringen Trocknungsschäden.

Das getrocknete Holz mit einer Holzfeuchte unter 20% ist dabei weniger anfällig gegenüber Pilz- und Schädlingsbefall. Zudem können die Transportkosten gesenkt werden. Bei einer Holzfeuchte entsprechend der späteren Gebrauchsfeuchte ist auch das Quellen und Schwinden des Holzes auf ein Minimum reduziert.

Die Bewertung der Qualität des Trocknungsgutes ist einerseits stark von der Qualität des Ausgangsmaterials abhängig und andererseits eng mit dem späteren Verwendungszweck des getrockneten Holzes verknüpft. Dabei bestehen z.B. deutlich unterschiedliche Anforderungen an Holz für Aussenanwendungen oder Holz für den Innenausbau oder Möbel.

All diese Zusammenhänge werden im Folgenden beschrieben.

## 6.2. Holzfeuchte

Im Laufe der Lebens- und Wachstumsphase eines Baumes stellt Wasser neben Kohlendioxid den entscheidenden Ausgangsstoffe für die Ernährung des Baumes dar. Darüber hinaus ist Wasser noch für die verschiedenen Transportvorgänge im verholzten Gewebe verantwortlich. Bei der Holzfällung sind demzufolge Ausgangsfeuchten von bis 200% und darüber keine Seltenheit. Je nach Holzart treten auch innerhalb eines Baumes erhebliche Unterschiede bzgl. der Holzfeuchte auf. Bei sogenannten Kernhölzern speziell bei Nadelhölzern wie z.B. Kiefer oder Lärche kann davon ausgegangen werden, dass der Kern ca. eine Feuchte von 30% aufweist und der Splint teilweise im Bereich der Wassersättigung liegt. Das bedeutet, dass im Kern nur die Zellwände Wasser enthalten und die Zellhohlräume praktisch wasserfrei sind und bei den Zellen des Splintholzes praktisch alle Hohlräume der Zellen und der Zellwände mit Wasser gefüllt sind.

Zum Zeitpunkt der Fällung ist das Wasser je nach Feuchtegehalt unterschiedlich im Holz gebunden, was auch eine Bedeutung für die spätere Holz Trocknung mit sich bringt. Bei einer Holzfeuchte von mehr als ca. 30% (holzartenabhängig) spricht man vom freien Wasser, was sich in den Gefäßen oder Hohlräumen der Fasern befindet. Unter 30% Holzfeuchte ist das Wasser in den Zellwänden physikalisch bzw. bei Holzfeuchten von 0-6% chemisch gebunden. Bei Holzfeuchten bis ca. 30% spricht man deshalb vom Fasersättigungsbereich des Holzes. Nur in diesem Bereich der Fasersättigung zwischen 0 - 30% erfolgt aufgrund der Einlagerung des Wassers in die Zellwand ein Quellen bzw. Schwinden des Holzes, was in die verschiedenen Richtungen des Holzes (radial, tangential und axial) unterschiedlich stark ist.

### 6.3. Physikalische Grundlagen

Holz kann durch Sorption innerhalb des hygroskopischen Bereichs Wasser aus der Luft entnehmen oder an sie abgeben. Dieses Verhalten hält so lange an, bis sich das Holz in einem Gleichgewicht mit seinem Umfeld befindet. Hat das Holz seine Feuchte den Umgebungsbedingungen angepasst, so befindet es sich im Feuchtgleichgewicht. Verändern sich die Umfeldbedingungen, bestrebt das Holz, sich durch Feuchtaufnahme oder -abgabe, wieder den veränderten Bedingungen anzupassen. Diese Gesetzmässigkeit wird als hygroskopisches Verhalten bezeichnet. Hervorgerufen wird dies durch die Veränderung der so genannten Sorptionstheoreme.

- Temperatur
- Relative Luftfeuchte
- Luftdruck
- Chemischer und struktureller Aufbau des Holzes.

#### 6.3.1. Temperatur

Wärme Q

Es handelt sich dabei um die thermische Energiemenge, die erforderlich ist, um Holz und das darin enthaltene Wasser so zu erwärmen, dass letzteres verdampfen kann. Durch Erwärmung wird der Dampfdruck des Wassers im Holz erhöht und ermöglicht ein schnelleres Verdampfen der Flüssigkeit. Die Masseinheit für Energie ist das Joule = [J]

Temperatur T

Die Temperatur ist eine Zustandsvariable, die sich aus der Wärme- oder Kälteempfindlichkeit des Tastsinns ableitet. Sie ist jedoch nicht identisch mit Wärme.

Masseinheit für Temperatur T: [ °C ] Grad Celsius

Die Temperatur beeinflusst den Aggregatzustand von festen, flüssigen und gasförmigen Körpern. Sie beeinflusst ebenfalls den maximalen Wassergehalt der Luft bei konstantem Luftdruck.

### 6.3.2. Luftdruck

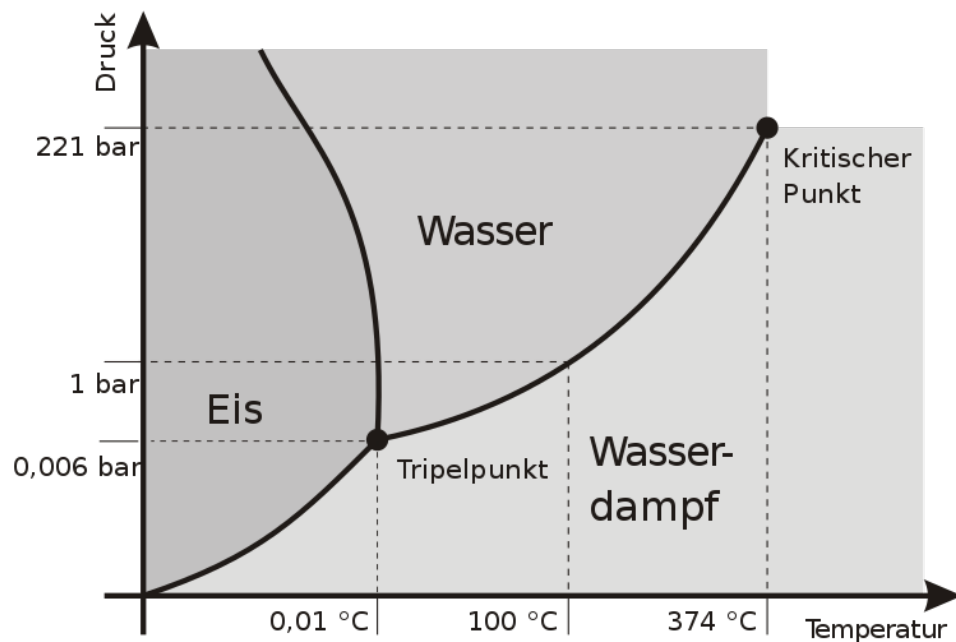


Abbildung 155: Luftdruck (Quelle: wikipedia)

Der Luftdruck spielt bei der Holz Trocknung insofern eine Rolle, dass er einen direkten Einfluss auf den Siedepunkt von Wasser hat. Die Gesetzmässigkeiten werden in der technischen Holz Trocknung hauptsächlich bei der Vakuum Trocknung und Trocknungs-Sondervverfahren (Inkubations-/Dekompressions- Holz entfeuchtung) genutzt.

Zwischen Temperatur, Luftdruck und Luftfeuchte besteht ein direkter Zusammenhang, welcher den Aggregatzustand von Wasser, aber auch anderer Stoffe beeinflusst.

### 6.3.3. Luftfeuchte

Maximale Luftfeuchte  $f_{\max}$

Die maximale Wassermenge, die von der Luft getragen werden kann, ist temperaturabhängig. Trägt die Luft bei einer bestimmten Temperatur die höchstmögliche Wassermenge, so nennt man die Luft gesättigt. Die vorhandene, maximale Wassermenge wird Sättigungsmenge  $f_{\max}$  genannt. Siehe dazu die untenstehende Tabelle und grafische Darstellung der maximalen Sättigungsmenge in einem  $\text{m}^3$  Luft.

Temperatur	Partialdruck p	Dampf-Sättigungsmenge $f_{\max}$	Temperatur	Partialdruck p	Dampf-Sättigungsmenge $f_{\max}$
° C	kPa	g / $\text{m}^3$	° C	kPa	g / $\text{m}^3$
-10	0.285	2.36	28	3.780	27.21
-5	0.421	3.41	30	4.242	30.34
0	0.611	4.85	35	5.624	39.56



2	0.705	5.56	40	7.378	50.07
4	0.813	6.36	45	9.586	65.31
6	0.935	7.26	50	12.34	82.77
8	1.072	8.27	60	19.92	129.64
10	1.227	9.40	70	31.16	196.86
12	1.401	10.66	80	48.34	290.67
14	1.597	12.06	85	57.81	349.78
16	1.815	13.63	90	70.10	418.37
18	2.062	15.36	95	84.51	497.51
20	2.337	17.28	100	87.68	588.36
22	2.642	19.41			
24	2.984	21.76			
26	3.361	24.36			

### Saettigungsmenge von Wasserdampf in der Luft

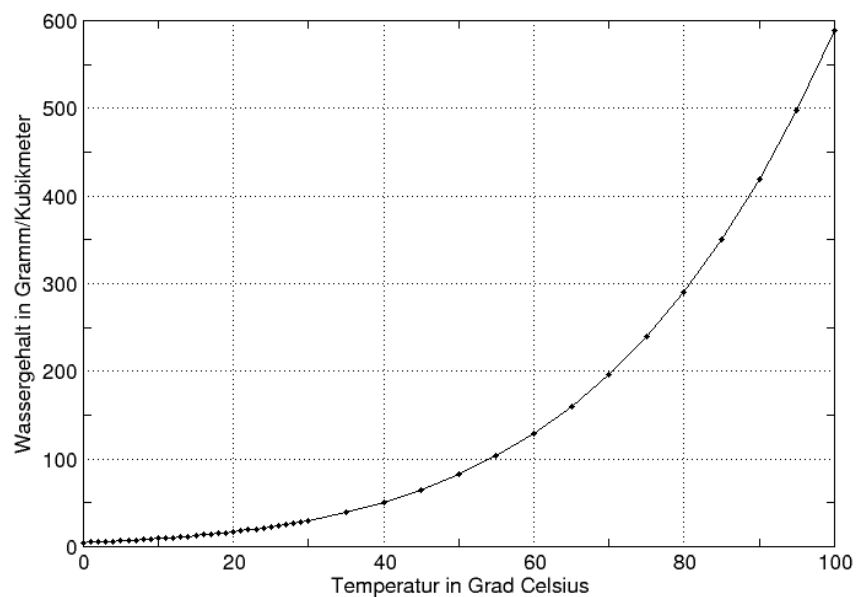


Abbildung 156: Grafische Darstellung der Sättigungsmenge von Wasserdampf in der Luft (Quelle: wikipedia)

Absolute Luft-  
feuchte  $f_{\text{abs}}$

Die absolute Feuchtigkeit beschreibt, in Abhängigkeit von der Temperatur, die vorhandene Wassermenge in der Luft. Als Einheit gilt  $\text{g/m}^3$ .

Bsp.: Bei  $20^\circ\text{C}$  ist die Luft mit  $17.28 \text{ g/m}^3$  gesättigt. Beträgt die relative Luftfeuchtigkeit bei derselben Temperatur jedoch nur 50%, so beträgt die absolute Feuchtigkeit  $8.64 \text{ g/m}^3$ . Im Allgemeinen ist die Luft nur teilweise mit Feuchtigkeit gesättigt, und die Feuchte  $f$  liegt unterhalb des maximalen Sättigungswertes  $f_{\text{max}}$ . Wird die absolute Menge in Relation zur maximalen Sättigungsmenge gestellt, wird das Verhältnis als Relative Luftfeuchte  $\varphi$  betrachtet.

Eine Luftfeuchte von 50...67% wird als normal für das menschliche Wohlbefinden bezeichnet.

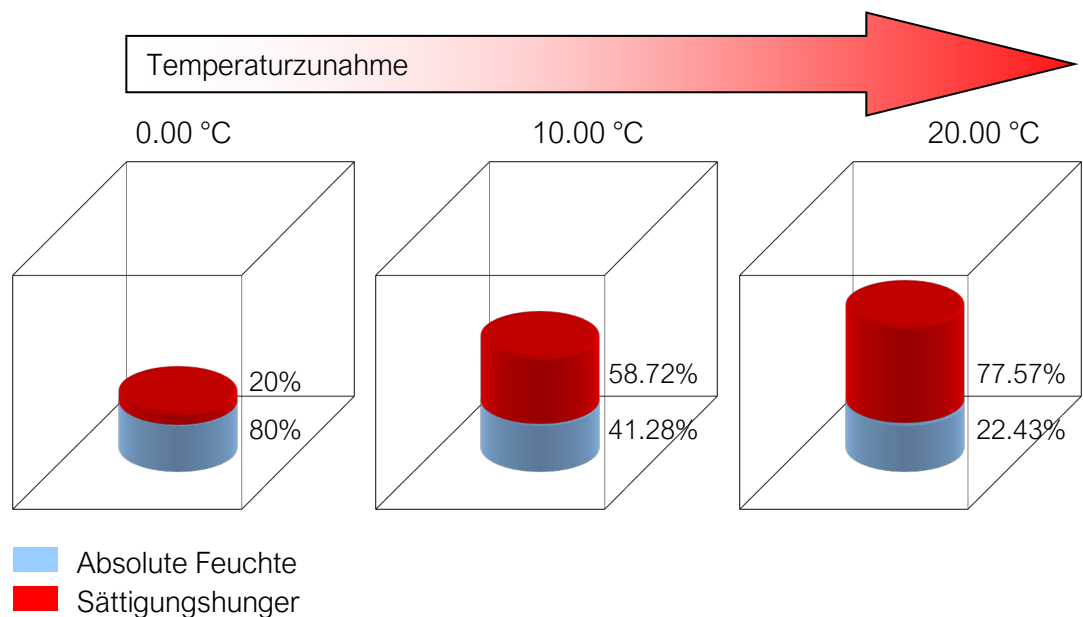
Relative Luftfeuchte  
 $\varphi$

Die relative Luftfeuchtigkeit  $\varphi$  drückt aus, wie viel % der maximalen Luftfeuchtigkeit in der Luft wirklich vorhanden ist. Sie beschreibt somit den absoluten Feuchtegehalt der Luft, im Verhältnis zur maximalen Feuchtigkeitsmenge, die bei dieser Temperatur aufgenommen werden kann.

Formeln	Einheiten
$\varphi = \frac{f_{abs} \cdot 100\%}{f_{max}}$	$\varphi = \%$
$f_{abs} = \frac{f_{max} \cdot \varphi}{100\%}$	$f_{abs} = \text{g/m}^3$
$f_{max} = \frac{f_{abs} \cdot 100\%}{\varphi}$	$f_{max} = \text{g/m}^3$

Der Sättigungshunger

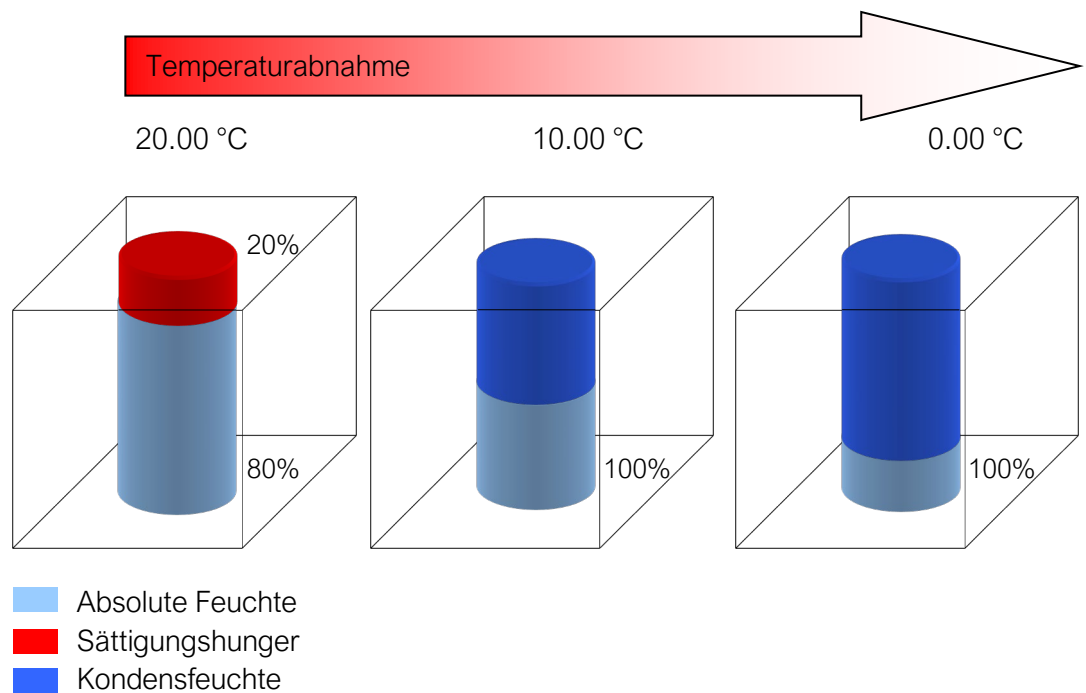
Beim Erwärmen der Luft vergrößert sich die Kapazität Wasser aufzunehmen. Solange jedoch die Luft nicht die maximal mögliche Feuchtigkeit enthält, hat sie das Bestreben, Wasser aus der Umgebung aufzunehmen. Diese Feuchtedifferenz ( $f_{max} - f_{abs}$ ) nennt man den Sättigungshunger.



Lufttemperatur	°C	0.00	10.00	20.00
Absolute Luftfeuchte	g/m <sup>3</sup>	3.88	3.88	3.88
Relative Luftfeuchte	%	80.00%	41.28%	22.45%
Maximale Luftfeuchte	g/m <sup>3</sup>	4.85	9.40	17.28
Sättigungshunger	%	20.00%	58.72%	77.55%
Sättigungshunger	g/m <sup>3</sup>	0.97	5.52	13.40

Der Taupunkt ( $T_p$ )  
und die Kondensa-  
tionsfeuchte

Beim Abkühlen von Luft nimmt auch die maximale Luftfeuchtigkeit ab. Unter dem Taupunkt wird daher diejenige Temperatur verstanden, bei welcher sich nach Abkühlung (infolge Überschreitens der Sättigungsmenge) Wasser aus der Luft abzuscheiden beginnt. Dieses Ausscheiden von Feuchtigkeit aus der Luft wird auch Kondensation genannt.



Lufttemperatur	°C	20.00	10.00	0.00
Absolute Luftfeuchte	g/m <sup>3</sup>	13.82	9.40	4.85
Relative Luftfeuchte	%	80.00%	100.00%	100.00%
Maximale Luftfeuchte	g/m <sup>3</sup>	17.28	9.40	4.85
Kondensfeuchte	g/m <sup>3</sup>	0.00	4.42	8.99
Sättigungshunger	g/m <sup>3</sup>	3.46	unterschritten	unterschritten

## 6.4. Definitionen der Holzfeuchte

### 6.4.1. Feuchtegehalt

Kenngrosse zur Beurteilung des Wasseranteils im Holz ist der Feuchtegehalt. Der Feuchtegehalt bezeichnet die im Holz enthaltene Masse an Wasser in Prozent im Verhältnis zur Holzmasse im absolut trockenen (darren) Zustand. Sie ist holzartenabhängig.

$$u = \frac{\text{Nassgewicht} - \text{Darrgewicht}}{\text{Darrgewicht}} \cdot 100\%$$

$$u = \frac{m_u - m_0}{m_0} \cdot 100\%$$

#### Grössen

- $u$  Holzfeuchte, Feuchtegehalt  
 $m_u$  Masse des Holzes im feuchten Zustand  
 $m_0$  Masse des Holzes im darrtrocknen Zustand

#### 6.4.2. Darrtrocken $u_0$

Als Darrtrocken gilt das Holz nach dem Trocknen gemäss der Darrmethode, die Holzfeuchtigkeit beträgt nun  $u = 0\%$  oder abgekürzt mit  $u_0$  beschrieben. Im Darrtrockenen Zustand hat das Holz nun auch das Darrtrockengewicht (Formelzeichen  $m_0$ ) erreicht. Dadurch kann nun die Rohdichte (Formelzeichen  $\rho_0$ ) bei  $u = 0\%$  eindeutig bestimmt werden. Der Darrzustand dient als Basis zur Berechnung von Feuchtigkeit, Ausbeute, Faserstoffkonzentration, Chemikalieneinsatz, Gewichtsermittlung von Rohholz, das nach Gewicht gehandelt wird. Für darrgetrockenes Holz wird auch die Bezeichnung atro (absolut trocken) benutzt.

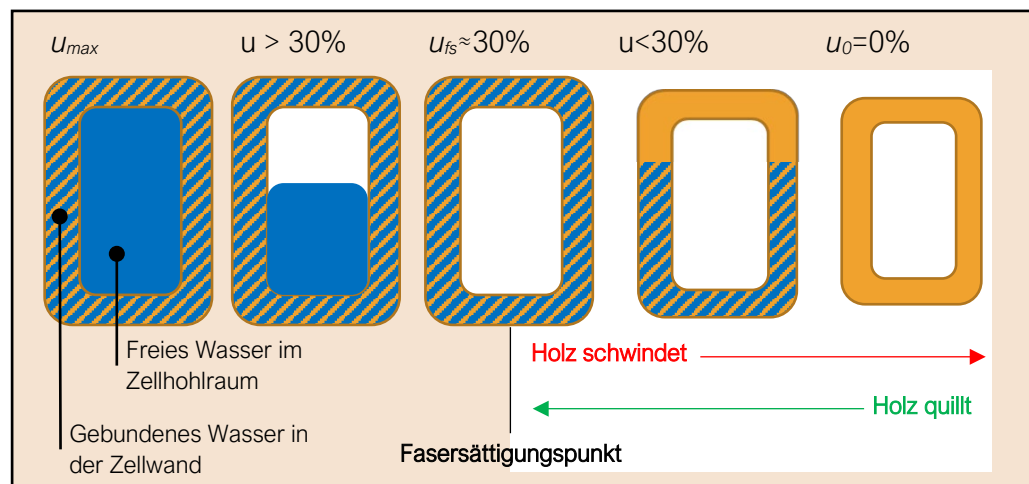
#### 6.4.3. Fasersättigung $u_{fs}$

Der Fasersättigungspunkt bedeutet, dass die Zellwände (das Mikrosystem) maximal mit Wasser gefüllt sind. Dieser Zustand stellt sich bei einer relativen Luftfeuchtigkeit knapp unterhalb 100% ein. Abhängig von der Holzart liegt der Fasersättigungspunkt zwischen 22%...**28.5%**...35%.

$u_{fs}$ in %	Holzart
32.... 35%	zerstreuporige Laubhölzer ohne Farbkern. (Linde, Weide, Pappel, Erle, Buche, Birke)
30.... 34%	Nadelhölzer ohne Farbkern (Tanne, Fichte)
26.... 28%	Nadelhölzer mit Farbkern und mässigem Harzgehalt. (Föhre, Lärche, europ. Douglasie)
22.... 24%	Nadelhölzer mit Farbkern und hohem Harzgehalt. (Weymouthsföhre, sehr harzhaltige Föhre, Lärche)
22.... 24%	Ringporige und halbringporige Laubhölzer mit ausgeprägtem Farbkern (Robinie, Edelkastanie, Eiche, Esche, Nussbaum)

#### 6.4.4. Der maximale Feuchtegehalt $u_{max}$

Der maximale Feuchtegehalt ist die maximale Flüssigkeitsmenge, die in den Zellwänden und in den Zellhohlraum eingelagert werden kann. Je nach Holzart kann der Feuchtegehalt bis zu 800% liegen.





Das bis zum Fasersättigungsbereich also in den Zellwänden aufgenommene Wasser im Holz, wird als gebundenes Wasser bezeichnet.

Das oberhalb des Fasersättigungsbereiches also in den Zellhohlräumen eingelagerte Wasser wird als freies Wasser bezeichnet.

#### 6.4.5. Gleichgewichtsfeuchte $u_{gl}$ : hygroskopisches Verhalten

Bei Holz handelt es sich aufgrund seiner natürlichen Zellstruktur um einen kapillarporösen Werkstoff mit einem speziellen Verhalten gegenüber Feuchteaufnahme und Feuchteabgabe. Es passt seine Feuchtigkeit den klimatischen Bedingungen seiner Umgebung an. Verändern sich also die klimatischen Bedingungen (Sorptionstheoreme) so passt sich das Holz durch Abgabe oder Zunahme von Feuchtigkeit diesen an das nennt sich hygroskopisch. Dieser Zustand wird hygroskopisches Gleichgewicht genannt. Um Schäden zu vermeiden, muss die Gleichgewichtsfeuchte der Holzprodukte so eingestellt werden, dass sie den jeweiligen klimatischen Bedingungen am späteren Verwendungsort entspricht. Diese Feuchtigkeit wird auf den Werkstoff bezogen Holz - Gleichgewichtsfeuchte  $u_{gl}$  genannt. Das  $u_{gl}$  kann errechnet werden, für die Praxis stehen jedoch Tabellen zur Verfügung.

Allgemein bedeutet das, dass während des Trocknungsprozesses das Umgebungsklima stufenweise so geändert wird, dass sich über eine vorgegebene Zeit die gewünschte Ausgleichsfeuchte im Holz einstellt. In diesem Zusammenhang wird das Holz erwärmt und das sich darin befindliche Wasser verdunstet oder verdampft und wird durch die umgebende Luft abgeführt.

Beispiel:

Bei einer Aussentemperatur von 35°C und einer relativen Luftfeuchte von 64% ergibt sich beispielsweise eine Holzfeuchte  $u_{gl}$  von 11%. Siehe rot markiertes Ablesebeispiel auf der untenstehenden Abbildung.

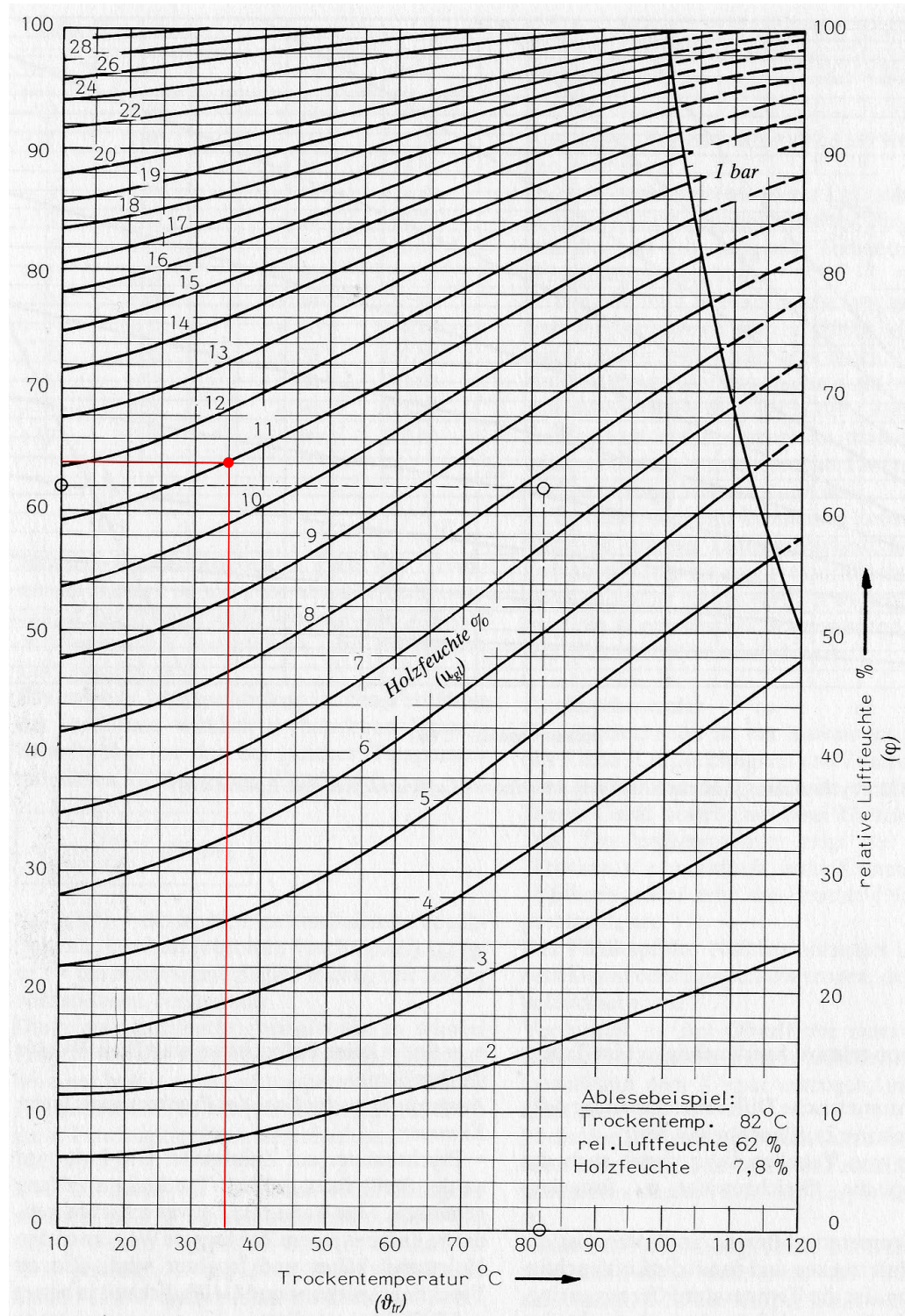


Abbildung 157: Holzfeuchte-Gleichgewichtslinien zur Ermittlung der Holzfeuchtigkeit (Quelle: Eisenmann, 1972)

#### 6.4.6. Holzfeuchte in der Trocknung

Anfangsfeuchte $u_a$	Ist die Holzfeuchte zu Beginn der Trocknung, gemessen wird diese zum Zweck der Trocknungsregelung als Maximalwert oder Durchschnitt aller oder ausgewählter Messwerte. Hierbei ist zu beachten, dass grosse Streuung der Anfangsfeuchte die Trocknung erschwert und zu ungleichmässigen Endfeuchte führen kann.
Endfeuchte $u_e$	Diese Holzfeuchte zum Ende der Trocknung gemessen als Maximalwert, Minimalwert oder Durchschnitt aller oder ausgewählter Messwerte. Eine geringe Streubreite der Endfeuchte ist ein Merkmal qualitativ hochwertiger Trocknung.
Feuchtegefälle	Darunter versteht man das sich bei der Trocknung über der Dicke einstellende Feuchteprofil. Das Feuchteprofil entsteht dadurch das Holz zunächst an der Oberfläche abtrocknet. Es bildet sich deshalb von innen gegen aussen ein Feuchtegefälle, was am Ende der Trocknung durch das Konditionieren wieder ausgeglichen wird.

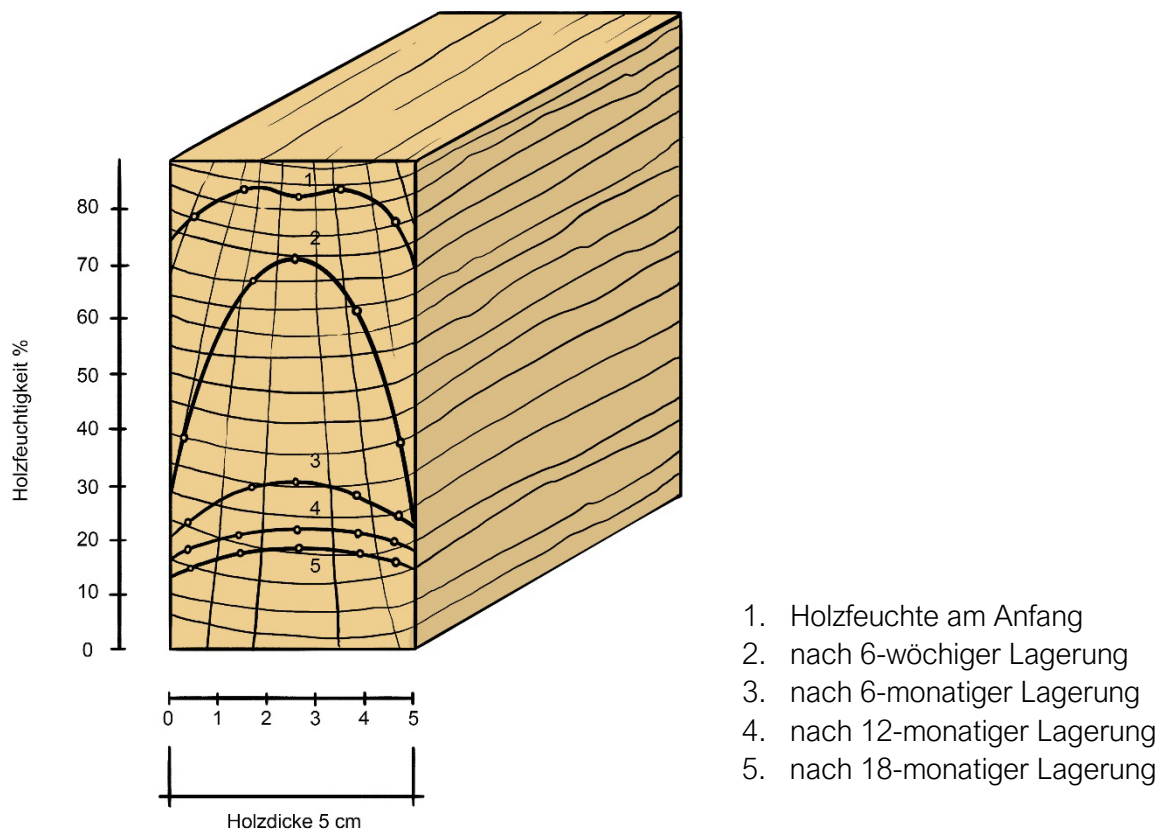


Abbildung 158: Veränderung der Holzfeuchteverteilung in einer 50 mm dicken Buchenbohle bei der Freilufttrocknung (Quelle: HIS nach Hildebrand-Brunner)

#### 6.5. Möglichkeiten, die Holzfeuchte zu bestimmen und zu berechnen

Es bestehen verschiedene Verfahren, die Feuchtigkeit im Holz zu bestimmen, man unterscheidet zwischen direkten und indirekten Verfahren.

Die Messung der Holzfeuchtigkeit ist für die Schweiz in den Qualitätskriterien für Holz und Holzwerkstoffe – Handelsgebräuche für die Schweiz im Kapitel 1.2.3 ab Seite 13 geregelt. Darin werden das elektrische Widerstands-Messverfahren und das Darrverfahren für Holz und für Holzwerkstoffe beschrieben.

### 6.5.1. Direkte Messverfahren

Die Darrmethode ist das Standardverfahren nach EN 13 183 für die exakte Feuchtebestimmung von Holz. Unter Darren versteht man das Heruntertrocknen bis zur Holzfeuchtigkeit 0%. Man entnimmt dabei vom zu bestimmenden Objekt mehrere Proben in Form von Spänen, Splintern oder kleinen Stücken. Diese Proben werden auf einer exakten Waage gewogen. Anschliessend werden sie im Darrofen bei  $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  bis zur völligen Gewichtskonstanz getrocknet. Nach dem Darren werden die Proben abgekühlt und ein zweites Mal gewogen. Die Holzfeuchtigkeit kann nun anhand der Gewichts Differenz zwischen den beiden Feuchtezuständen exakt bestimmt werden.

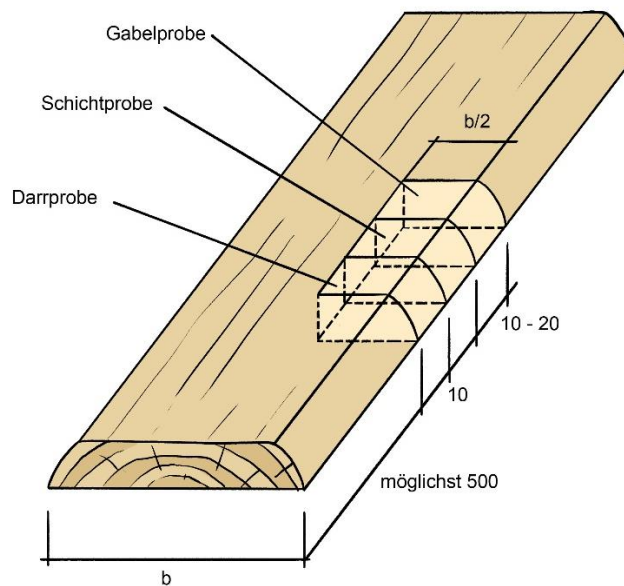


Abbildung 159: Entnahme einer Darrprobe (Quelle: HIS nach Hildebrand-Brunner)

Mit der Formel unter 6.4.1. kann dann die ursprüngliche Holzfeuchtigkeit errechnet werden.

*Beispiel:*

Sie wiegen eine Holzprobe, diese misst im nassen Zustand  $m_u = 195\text{g}$ , nach dem Darren eine Masse von  $m_o = 150\text{g}$ . Die Holzfeuchte berechnet sich nach der o.a. Formel

$$u = \frac{195 - 150}{150} \cdot 100\% = 30\%$$

### 6.5.2. Indirekte Messverfahren

Die Bestimmung der Holzfeuchtigkeit durch das Messen des elektrischen Widerstandes basiert auf dem Zusammenhang zwischen dem Holzfeuchtegehalt und die elektrische Leitfähigkeit des Holzes zwischen zwei Elektroden. Aus Ableitung des ohmschen Widerstandes erfolgt die Ermittlung der Holzfeuchte.

Bei handelsüblichen Geräten besteht die grösste Messgenauigkeit im Absorptionsbereich 6%...  $u_{fs}$ . Unterhalb 6% sind praktisch keine zuverlässigen Messungen



mehr möglich, da die elektrische Leitfähigkeit im Bereich der Chemisorption abnimmt.

Messungen bei Hölzern mit  $u > u_{fs}$  sind ebenfalls ungenau, da der elektrische Widerstand nur über die Wassersättigung der Zellwände gemessen werden kann.

Innerhalb des genannten Messbereiches bewegt sich die Messgenauigkeit handelsüblicher Geräte bei  $< 1\%$  (absolut). Die Temperatur des Messgutes beeinflusst die Messergebnisse erheblich. Es ist deshalb wichtig, dass die Messparameter (Holzart, Holztemperatur) jeweils dem Messgut angepasst werden. Der Holzwiderstand ist nicht nur von der Feuchtigkeit, sondern auch von Salzgehalt und Temperatur abhängig.

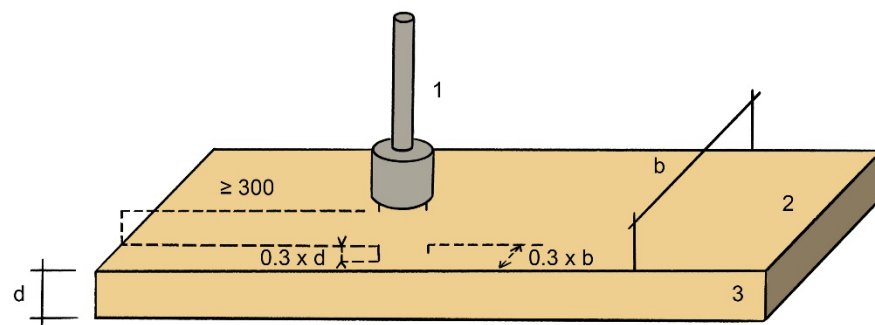


Abbildung 160: Lage der Messstelle (1 Hammer-Elektrode, 2 Oberfläche, 3 Kante) (Quelle: HIS)

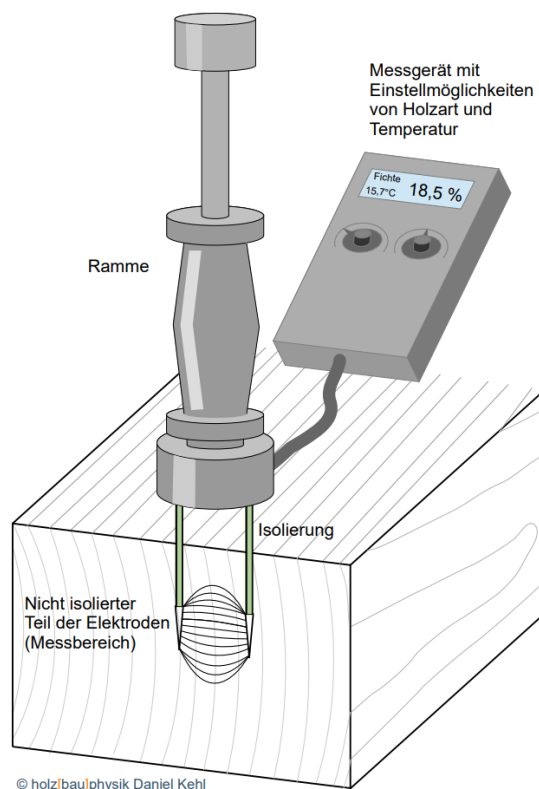


Abbildung 161: Funktionsweise elektrische Widerstandsmessung (Quelle: Kastner-Verlag 2022)

Bei Hochfrequenzgeräten beginnt der Messbereich schon bei Holzfeuchten von 0%. Diese Messgeräte ermitteln die Holzfeuchtigkeit durch Messen des kapazitiven Dichtewiderstandes im Holz. Das Messen erfolgt anhand von ausgesandten Hochfrequenzwellen, welche etwa 50mm ins Holz eindringen. Messungen erfolgen durch Auflegen der Kondensatorplatten auf das Holz.

Der Messbereich beginnt bereits bei 0% Holzfeuchte. Im Gegensatz zum Messgerät mit Nadelelektroden bestimmt nicht die feuchteste Holzschicht das Messergebnis, sondern der jeweilige Mittelwert am Messort. Die Genauigkeit dieses Messprinzips ist in erster Linie von der Rohdichte des Holzes abhängig.

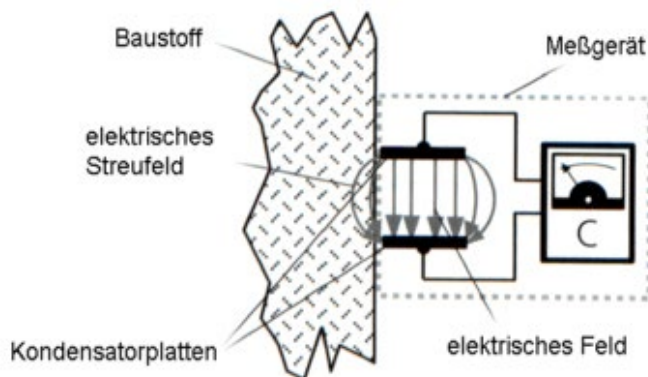


Abbildung 162: Funktionsweise kapazitive Feuchtemessung (Quelle: FTA-Trocknung Aktuell, 1996)

## 6.6. Dichte mit Quell- und Schwindverhalten inkl. Berechnungen

### 6.6.1. Rohdichte

Holz ist kein homogener Stoff, die Dichte variiert stark von Holzart zu Holzart und auch innerhalb der Arten und sogar Bäume, sie wird zudem in besonderem Ausmass von der Feuchtigkeit des Holzes beeinflusst.

- Die Rohdichte  $[\rho]$  des Holzes bezeichnet den Quotienten aus Gewicht und Volumen bei einem bestimmten (immer anzugebendem) Feuchtigkeitswert. (Die Hohlräume der Gefässe und Tracheiden sind darin eingeschlossen).
- Die Darrdichte ist die Rohdichte des absolut trockenen Holzes. Dieser Wert wird unter Laborbedingungen (durch Trocknung bei 103 °C) bestimmt.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{in g/cm}^3 \text{ oder kg/m}^3$$

Grössen:

$\rho$  Rohdichte  
 $m$  Masse  
 $V$  Volumen

$\rho_N$  Rohdichte Normklima, Angabe für 20°C und 65% rel. Feuchte  
 $P_0$  absolut trockenes Holz (atro oder darrtrocken“)

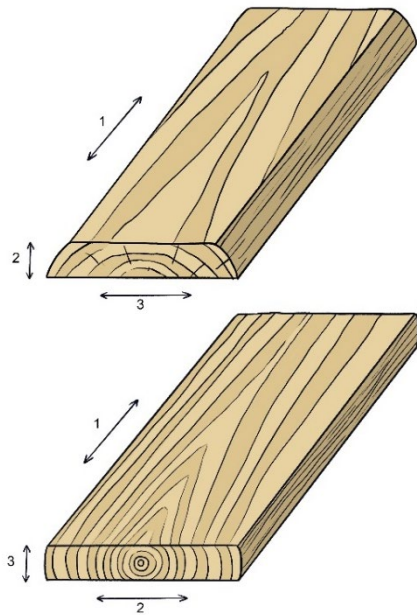
### Allgemeine Prinzipien:

- Frühholz hat eine geringere Dichte als Spätholz
- Engringige (Gebirgs-)Fichten sind schwerer (dichter) als schnell wachsende mit breiten Jahrringen.
- Schnellwachsende Eichen mit grossen Jahrringen sind tendenziell schwerer (dichter) als, langsam wachsende.

Tabelle 2: Holzdichte verschiedener Holzarten (Shell, 1689)

Holzart	Rohdichte $\text{kg/m}^3 \rho_0$ (Darrtrocken)	Rohdichte $\text{kg/m}^3 \rho_{15}$ (Lufttrocken)
Nadelhölzer		
Arve	350-450	380-480
Douglasie	470-530	510-580
Eibe	590-640	630-690
Fichte	400-430	430-470
Föhre	460-510	510-550
Lärche	500-580	540-620
Tanne	400-450	430-480
Laubhölzer		
Ahorn	570-620	610-660
Birke	610-680	650-730
Birnbaum	630-700	680-760
Buche	640-720	700-790
Edelkastanie	520-590	560-680
Eiche	600-700	650-760
Esche	640-700	680-760
Kirschbaum	520-620	560-660
Linde	450-530	480-570
Nussbaum	600-640	640-680
Pappel	400-450	430-490
Platane	570-610	620-660
Robinie	690-750	740-800
Ulme	560-640	600-680

### 6.6.2. Quellung und Schwindung



Holz ist anisotrop, das heisst, die Eigenschaften sind richtungsabhängig. Ursache dafür ist die Struktur der Zellwand und die Anordnung der Zellen im Holzgewebe. Man unterscheidet deshalb zwischen den drei sog. Schnitttrichtungen:

- Längs oder parallel zur Faserrichtung
- Radial zur Schnitttrichtung
- Tangential zur Schnitttrichtung

Unterhalb des Fasersättigungsbereichs findet bei der Feuchtaufnahme durch Einlagerung von Wasser in der Zellwand eine Ausdehnung / Quellung statt. Bei Feuchteabgabe in diesem Bereich kommt es zu Volumenverminderung, die man als Schwinden bezeichnet. Das Schwinden und Quellen beschränkt sich somit im Wesentlichen auf den Bereich zwischen Fasersättigung und Darrtrockenheit.

Abbildung 163: Schwindrichtungen in Abhängigkeit von Jahrringlage  
(1 Längsschwind, 2 Radialschwind, 3 Tangentialschwind) (Quelle: HIS)

Als Ursache für die Unterschiede in der Radial- und Tangentialrichtung gelten

- Den grösseren Unterschied der radial verlaufenden quellfähigen Mittellamellen,
- Unterschiede im Fibrillenaufbau von Radial und Tangentialwand,
- Die in radialer Richtung bessere Verankerung der Zellwände durch Holzstrahlen.

Auch der Ligningehalt wirkt sich deutlich aus. Stark lignifizierte Holzarten schwinden weniger als schwach lignifizierte.

Druckholz (Buchs) hat einen wesentlich höheren Längsschwind als normales Holz. Sein Schwindmass in radialer und tangentialer Richtung ist dagegen geringer als bei normalem Holz. Der erhöhte Längsschwind führt bei der späteren Verarbeitung von getrocknetem Druckholz zu erheblichen Verformungen (z.B. Verziehen von Fensterkanteln; Konstruktionsholz) und Bearbeitungsschwierigkeiten (klemmen der Sägen).

Im Allgemeinen kann festgehalten werden, dass mit zunehmender Dichte das Schwind – und Quellverhalten zunimmt.

Schnitttrichtung	min. - max.	Mittelwert
Längenschwind	0.1% - 0.5%	0.3%
Radialschwind	2 % - 7 %	4.5%
Tangentialschwind	5 % - 13.5%	9.3%



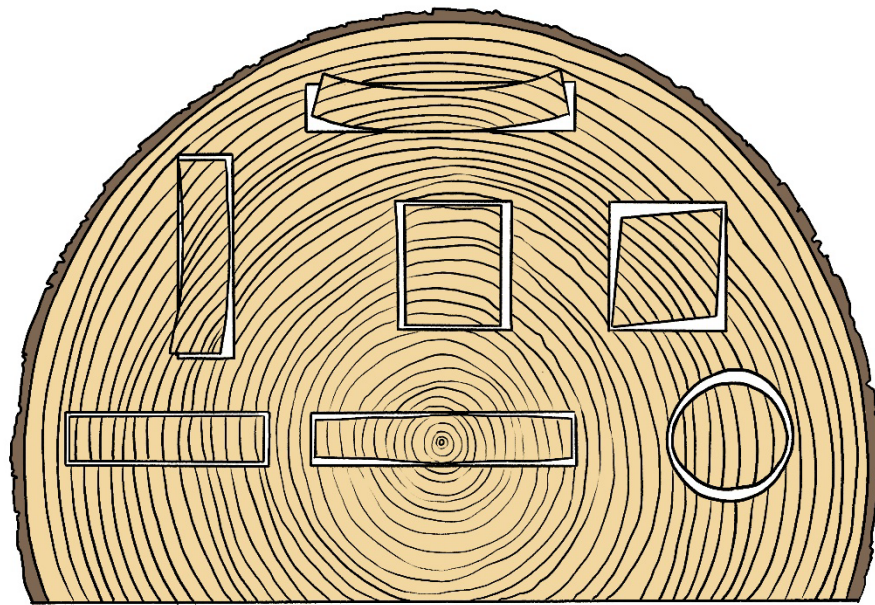


Abbildung 164: Quell- und Schwindverhalten von Holz, Verzerrung von Holz durch unterschiedliche Schwindung (Quelle: HIS)

### 6.6.3. Schwindmass $\beta$

Kenngröße zur Beurteilung des Schwindverhaltens von Holz ist das Schwindmass  $\beta$ . Es bezieht sich auf den maximal gequollenen Zustand des Holzes und beinhaltet den Gesamtschwind des Holzes von Fasersättigung bis 0% Holzfeuchte.

Berechnungen des Dimensionsverlustes beziehen sich immer auf Holzfeuchten unterhalb des Fasersättigungspunktes.

Zur Unterscheidung nach Schnitttrichtung werden die Indizes l (längs), r (radial), t (tangential) und v (Volumen) verwendet. Mit dem Volumenschwindmass kann die Dimensionsveränderung des Holzes während des Trocknungsvorgangs ermittelt werden.

Beispiele sind der Dimensionsverlust von frisch eingeschnittenem Holz, welches eine bestimmte Sollfeuchte aufweisen soll. Da sich das Schwindmass  $\beta$  auf das vollständige Schwinden bezieht, muss bei partiellem Schwind das relative Verhältnis zwischen  $u_{fs}$  und Endfeuchte  $u_e$  differentiell berechnet werden.

### 6.6.4. Differentielles Schwinden und Quellen

#### Die Verformungszahl $q$ Berechnung von Dimensionsänderung

Das differentielle Quellmass oder Verformungszahl  $q$  beschreibt die Dimensionsänderung in % des Holzes bei einer Änderung der Holzfeuchte um 1%. Es bezieht sich auf die Dimension des Holzes im darrtrockenen Zustand und ist abhängig von der Schnitttrichtung.

Zur Unterscheidung nach Schnitttrichtung werden die Indizes l (längs), r (radial) und t (tangential) benutzt. Die Schnitttrichtung ist in der Praxis oft nicht ausschliesslich radial (Riftbrett) oder tangential (Seitenbrett) gegeben, deshalb wird bei

Schnittholz mit nicht eindeutiger Schwindrichtung der Mittelwert aus der radialen und tangentialen differentiellen Quellung gebildet.

$$q_{\perp} = \frac{q_t + q_r}{2}$$

*Beispiel Mittelwert Fichte:*

$$q_{\perp} = \frac{0.17 + 0.32}{2} = 0.25 \frac{\%}{\%}$$

Die sich bei **Schwund oder Quellung** einstellende Dimension:

$$d_e = d_a - \frac{d_a \cdot q_{l,r,t} \cdot (u_a - u_e)}{100\%}$$

$$d_a = d_e + \frac{d_e \cdot q_{l,r,t} \cdot (u_a - u_e)}{100\%}$$

Größen:

$d_e$  Endmass

$d_a$  Ausgangsmass

$u_e$  Endfeuchte

$u_a$  Anfangsfeuchte

$q_{l,r,t}$  differentielle Quellung bzw. Schwindung je 1% Feuchteänderung  $\left(\frac{\%}{\%}\right)$

*Beispiel:*

Sie trocknen nach dem Einschnitt ein unbesäumtes Fichtenbrett im Freiluftstapel, dieses misst im nassen Zustand Anfangsfeuchte  $u_a$  32% und Brettdicke  $d_a = 40\text{mm}$ , nach dem Trocknen eine Feuchtigkeit von  $u_e = 15\%$ . Das Schwinden berechnet sich nach der o.a.

$$d_e = 40 - \frac{40 \cdot 0.25 \cdot (32 - 15)}{100\%} = 38.3\text{mm}$$

Tabelle 3: Eigenschaften und Kenngrößen von Holzarten, Schwund- und Quellmass (Sell, 1989)

Holzart	Fasersättigung	Maximales Schwind- /Quellmass $\beta_{\max}$ zwischen FSB und dartröcken				Differentielles Schwind- /Quellmass, in % je 1% Holzfeuchteänderung				Quellungsanisotropie
	$U_{fs}$	$\beta_{l \max} \%$	$\beta_{r \max} \%$	$\beta_{t \max} \%$	$\beta_{v \max} \%$	Längs $q_l$	Radial $q_r$	Tangential $q_t$	Volumen $q_v$	$A = \frac{q_t}{q_r}$
Nadelhölzer										
Arve	22	0.24	2.4	5.1	7.7	0.01	0.11	0.23	0.35	2.1
Douglasie	23	0.24	3.9	6.2	10.3	0.01	0.17	0.27	0.45	1.6
Eibe	22	0.24	3.7	5.9	9.8	0.01	0.17	0.27	0.45	1.6
Fichte	32	0.23	5.4	10.2	15.8	0.01	0.17	0.32	0.50	1.9
Föhre	28	0.24	4.8	8.7	13.7	0.01	0.17	0.31	0.49	1.8
Lärche	28	0.24	4.5	9.0	13.7	0.01	0.16	0.32	0.49	2.0
Tanne	32	0.16	4.5	9.6	14.3	0.01	0.14	0.30	0.45	2.1
Laubhölzer										
Ahorn	33	0.38	5.0	8.6	14	0.01	0.15	0.26	0.42	1.7
Birke	33	0.45	6.9	9.2	16.6	0.01	0.21	0.28	0.50	1.3
Birnbäum	32	0.38	5.1	10.6	16.1	0.01	0.16	0.33	0.50	2.1
Buche	32	0.23	6.4	13.1	19.7	0.01	0.20	0.41	0.62	2.1
Edelkastanie	24	0.35	3.6	6.2	10.2	0.01	0.15	0.26	0.42	1.7
Eiche	23	0.33	4.1	7.1	11.5	0.01	0.18	0.31	0.50	1.7
Esche	23	0.16	4.4	7.4	12	0.01	0.19	0.32	0.52	1.7
Kirschbaum	25	0.24	4.3	7.3	11.8	0.01	0.17	0.29	0.47	1.7
Linde	35	0.22	6.7	9.8	16.7	0.01	0.19	0.28	0.48	1.5
Nussbaum	25	0.37	3.3	5.0	8.7	0.01	0.13	0.20	0.34	1.5
Pappel	32	0.23	4.8	9.0	14	0.01	0.15	0.28	0.44	1.9
Platane	24	0.22	3.8	7.2	11.2	0.01	0.16	0.30	0.47	1.9
Robinie	23	0.24	5.3	8.1	13.6	0.01	0.23	0.35	0.59	1.5
Ulme	24	0.24	4.3	6.7	11.2	0.01	0.18	0.28	0.47	1.6

## 6.7. Anwendungsbereiche: Welche Feuchtigkeiten sind für welchen Verwendungszweck geeignet (Nutzungsklasse – Innen/Aussen)?

### 6.7.1. Schweizerische Handelsgebräuche für Schnittholz

#### Frischer Einschnitt

Der Feuchtigkeitsgehalt von Schnittware in frischem Zustand richtet sich nach der Herkunft und Beschaffenheit des entsprechenden Rundholzes.

#### Verladetrocken

Als «verladetrocken» gilt Schnittholz, das soweit angetrocknet ist, dass es unter normalen Umständen während des Transportes keine Wertverminderung erleidet.

#### Lufttrocken

Als handelsüblich «lufttrocken» gilt, sofern nichts anderes vereinbart, Schnittholz mit einem Feuchtigkeitsgehalt von max. 20% im Kern (Ausnahme siehe Sortierbestimmungen Rohhobler und Fensterkanteln).

#### Ofentrocken

«Ofentrockenes» Schnittholz ist technisch (d. h. in der Trockenkammer) getrocknete Ware mit einem Feuchtigkeitsgehalt von max. 15% (Ausnahme siehe Sortierbestimmungen Hobelwaren und Fensterkanteln). Im Übrigen richtet sich der Feuchtigkeitsgehalt nach dem späteren Verwendungszweck des Holzes und ist jeweils zu vereinbaren.

#### Masshaltigkeit

Die Nenn-Masse müssen in lufttrockenem Zustand vorhanden sein.

- Mit einem Feuchtigkeitsgehalt von max. 20% bei
  - Parallelbrettern, losen unbesäumten Brettern, Spaltbrettern
  - Klotzbrettern
  - Lamellen für Brettschichtholz
  - Latten
- Mit einem Feuchtigkeitsgehalt von max. 18% bei
  - Rohhoblern
  - Fensterkanteln nicht keilverzinkt (keilverzinkte Kanteln stets ofentrocken)

Die Nenn-Masse müssen in frischem Zustand vorhanden sein, sofern nicht ausdrücklich etwas anderes vereinbart wird, bei

- Bauholz nach Liste
- Schalungs- und Vorratskantholz

### 6.7.2. Nutzungsklasse

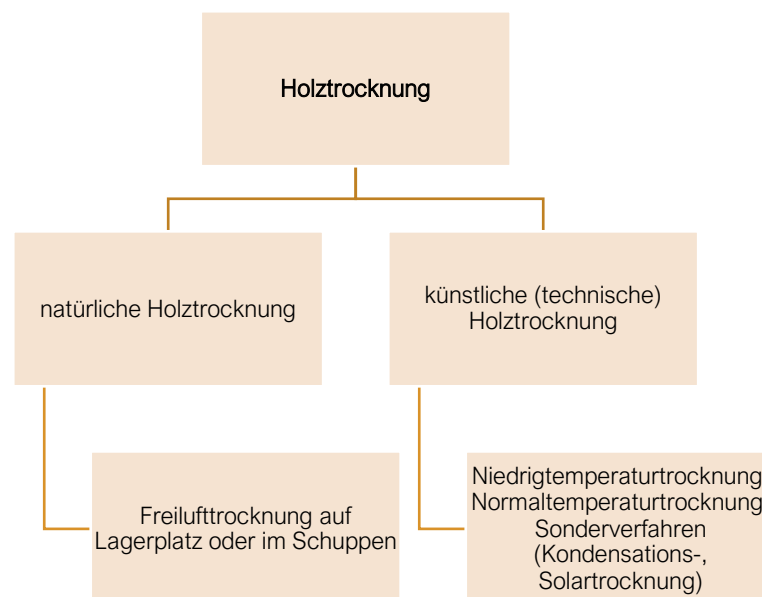
Die in der SIA-Norm 265 festgelegten Feuchteangaben, beziehen sich einzig auf den Anwendungsbereich der Bauteile. Es wird bezüglich Lieferbedingungen der Festigkeitsklassen C30, C24 und C16 in Abhängigkeit der Feuchte nichts definiert. Es ist somit Aufgabe des Produzenten, die variablen Kundenwünsche zu erfüllen.



Nutzungs- klasse (Feuch- tekategorie)	Lage der Bauteile	Umgebung Tem- peratur / rel. Luft- feuchte	Mittlere Holz- feuchte <sup>1)</sup>
1	Vor der Witterung ge- schützt	20°C / 65% <sup>1)</sup>	≤ 12 %
2	Vor der Witterung teil- weise geschützt oder direkt be- wittert	20°C / 85% <sup>1)</sup>	12 bis 20 %
3	Feucht oder unter Was- ser		> 20 %
<sup>1)</sup> Die Werte dürfen während einiger Wochen im Jahr überschritten werden.			

## 6.8. Einführung natürliche und technische Trocknung

Die Trocknung von Holz ist ein wichtiger Bestandteil des Holzverarbeitungsprozesses. Sie kann auf zwei verschiedene Arten erfolgen: natürlich und technisch. Natürliche Trocknung beinhaltet die Trocknung durch die natürliche Umgebung und kann ein sehr langsamer Prozess sein. Technische Trocknung beinhaltet die Trocknung von Holz durch spezielle technische Anlagen und kann ein schneller Prozess sein.



Es ist wichtig zu verstehen, wie die beiden Verfahren der Trocknung von Holz funktionieren, um ein qualitativ hochwertiges Produkt zu erhalten. Bei der natürlichen Trocknung wird die Feuchtigkeit aus dem Holz durch die natürliche Umgebung entfernt. Dieser Prozess kann einige Wochen oder Monate dauern.

Bei der technischen Trocknung wird das Holz in eine dafür ausgelegte Kammer platziert, die die Feuchtigkeit aus dem Holz entfernt. Dieser Prozess gestattet eine

schnellere Trocknung und ermöglicht es, die Feuchtigkeit in kürzerer Zeit zu entfernen.

Beide Methoden der Holztrocknung haben ihre Vor- und Nachteile.

## 6.9. Die 4 Phasen der Trocknung

Die Frischluft-Ablufttrocknung und die meisten anderen Arten von technischer Trocknung durchläuft typischerweise die folgenden vier Phasen:

Aufheiz- und  
Durchwärmphase

Bevor das Holz getrocknet werden kann, muss die Kammerluft aufgeheizt und anschliessend das Trockengut durchwärmt werden. Das Durchwärmen ist deshalb nötig, damit beim anschliessenden Trocknungsvorgang ein konstanter, steuerbarer Feuchtetransport vom Inneren des Holzes an dessen Oberfläche stattfinden kann. Während diesen zwei Phasen ist darauf zu achten, dass das Holz nicht oder nur gering trocknet. Dies ist jedoch nur möglich, wenn im Inneren der Kammer ein Klima gewählt wird, welches ein TG von annähernd 1 ermöglicht.

Die Holztemperatur wird der Kammertemperatur angepasst. Das Holz und das darin enthaltene Wasser werden von seiner Ausgangstemperatur auf die für die Trocknungsphase gewünschte Temperatur gebracht. Dieser Vorgang erfolgt schrittweise durch ein zeitlich verzögertes Anheben der Temperaturen entsprechend den Erfordernissen der Holzarten, Holzfeuchten und der zu erzielenden Trocknungsqualität.

Als Grundregel für die Berechnung der Aufheizzeit kann folgender Ansatz für die maximale Aufheizgeschwindigkeit gewählt werden. Die untenstehenden Werte dienen lediglich als Anhaltspunkte. Sie sind abhängig von der Kammerausführung und der zur Verfügung stehenden Energiemenge.

### Faustregel für die Aufwärmzeit:

Nadelholz pro cm Holzdicke	=	1 bis 2 Std.
Laubholz pro cm Holzdicke		2 bis 3 Std.

Für lufttrockenes Holz gelten eher die höheren Werte. Feuchtes Holz leitet die Wärme besser und kann schneller durchwärmt werden.

### Achtung: Das Holz sollte in dieser Phase nicht trocknen!

Das Kammerklima muss ev. durch Sprühen sehr feucht gehalten werden oder trockene Holzoberfläche ist vor der Beschickung anzufeuchten.

Trocknungsphase

Wenn das Holz durchwärmt ist, kann die eigentliche Trocknung beginnen. Je nach Holzart wird das Trocknungsgefälle eingestellt und die Trocknung verläuft damit mehr oder weniger schnell.

Während der Trocknungsphase wird das Holz entfeuchtet oder auf die zuvor definierte Holzfeuchte getrocknet. Die Trocknungssteuerung ist holzartenabhängig.

Dabei sind die wichtigsten Faktoren die Temperatur (→ Tabelle: *Trocknungskennwerte ausgewählter Holzarten*) und die relative Feuchtigkeit der Trocknungsluft. Steuerungsgrösse dafür ist das TG. Durch Veränderung des Kammernklimas werden dabei die Bedingungen so angepasst, dass sich die Holzfeuchte  $[u]$  auf ein den Klimawerten entsprechendes neues  $[u_g]$  einstellt.

Besitzt das zu trocknende Holz eine Anfangsfeuchte  $[u] > [u_{fs}]$ , so wird das Trocknungsklima in zwei Trocknungsphasen eingeteilt:

1. Abschnitt: Trocknung über dem Fasersättigungsbereich
2. Abschnitt: Trocknung unterhalb des Fasersättigungsbereichs

Am Ende der Trocknungsphase ist der grösste Teil des Holzes auf dem gewünschten Trockengrad. Je nach der Grösse des Trocknungsgefälles ergeben sich aber mehr oder weniger grosse Unterschiede über die ganze Charge verteilt.

Schnelle Trocknung = grosse Unterschiede.

Langsame Trocknung = kleine Unterschiede.

#### Konditionierphase

Unterschiede in der Holzfeuchtigkeit sind bei einer raschen Trocknung zu erwarten und werden in dieser Phase ausgeglichen. Am Ende soll die ganze Charge die gewünschte Endfeuchte aufweisen. Es werden in der Regel nur noch Differenzen von 1 bis 2 % geduldet. Gleichzeitig sollen Restspannungen im Holz abgebaut werden.

Über eine fest vorgegebene Zeit wird das  $U_{gl.}$  zur gewünschten Endfeuchte genau eingehalten.

Die Ausgleichszeit muss für jede Anlage selbst ermittelt werden und hängt sehr stark vom Füllgrad der Anlage ab. Gute Ausnützung der Trockenanlage ergibt gleichmässige Luftumwälzung und somit kleinere Streuung. In der Regel wird ähnlichen Zeiten gerechnet wie für die Aufheizphase.

Da während der Trocknung sehr viel Energie für Luftumwälzung benötigt wird besteht die Tendenz lieber schneller Trocknen und etwas länger ausgleichen. Denn hier muss die Luftumwälzung konstant aber mit geringerer Intensität in Betrieb sein.

Moderne Steuerungen erlauben in dieser Phase bereits ein leichtes Abkühlen des Holzes, um in der folgenden Phase Zeit einzusparen. Bei alten Anlagen wird meist die Trockentemperatur weiter eingehalten.

#### Abkühlen des Holzes

Wenn das Holz aus der Trockenkammer herausgenommen wird, sollte höchstens eine Temperatur-Differenz von bis 30 °C zur Umgebung vorhanden sein.

Ist die Differenz grösser so ist mit schockartigen Spannungen zu rechnen. Das Holz bekommt sofort Risse über die ganze Länge der Bretter. Diese Wärmespannungen sind durch das einsetzende Knacken recht deutlich zu hören.

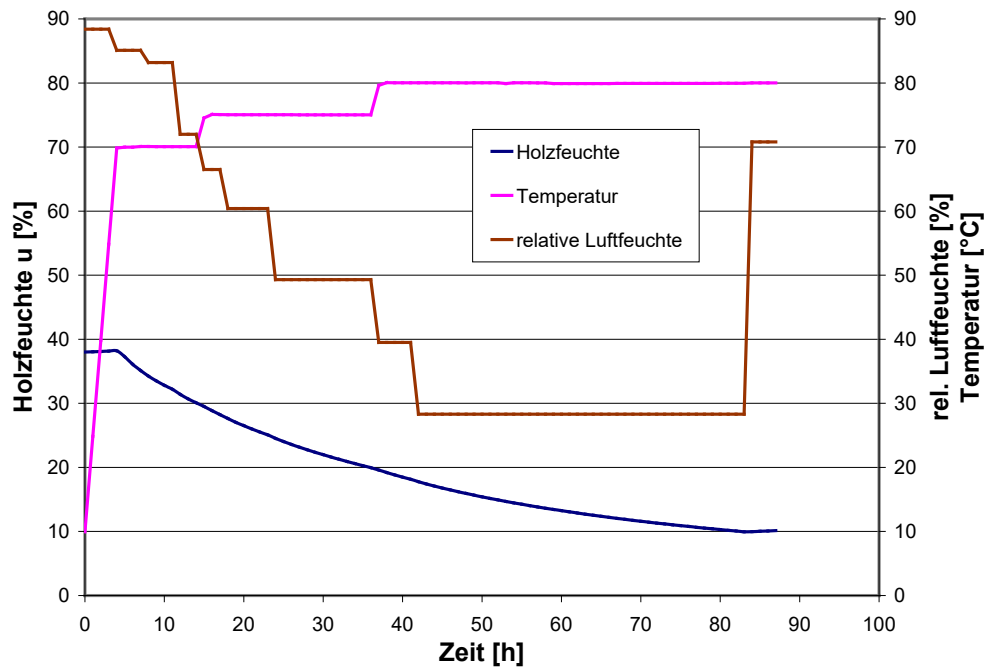


Abbildung 165: Holzfeuchteverlauf in Abhängigkeit von relativer Luftfeuchte und Trocknungstemperatur bei Normaldruck (Quelle: Lüthi)

## 6.10. Das Trocknungsgefälle (TG)

Das Trocknungsgefälle ist das Verhältnis zwischen der momentanen effektiven Holzfeuchte zum  $u_{gl}$ .

Es beschreibt das Verhältnis zwischen der aktuellen Holzfeuchte und der angestrebten Gleichgewichtsfeuchte. Das TG ist direkt abhängig von den Trocknungstheoremen (Temperatur  $T$ , Rohdichte  $\rho$ , relativen Luftfeuchtigkeit  $\phi$ ).

$$TG = \frac{u_m}{u_{gl}}$$

Größen:

TG	Trocknungsgefälle
$u_m$	momentane Holzfeuchte
$u_{gl}$	Gleichgewichtsfeuchte

Das TG ist eine der wichtigsten Größen des Trocknungsprogramms für die Steuerung von Anlagen. Anhand des Wertes wird die Trocknungsqualität sowie die Trocknungsgeschwindigkeit beeinflusst. Das optimale TG kann grundsätzlich nicht berechnet werden, sondern stellt in der Praxis einen Erfahrungswert dar. Wichtige Faktoren, die das TG weiter beeinflussen sind:

- Holzfeuchtenbereich,
- Holzdicke,
- Holzart,
- Die zu erzielende Trocknungsqualität



Bei der Trocknung gelten dabei einige Gesetzmässigkeiten bezüglich TG.

- Ein hohes TG bewirkt eine schnelle Trocknung.
- Ein tiefes TG bewirkt eine langsame Trocknung.
- Schwer zu trocknende und wertvolle Holzarten werden langsam getrocknet.
- Leicht zu trocknende Holzarten können schnell getrocknet werden.
- Geringe Dicken können schneller getrocknet werden.
- Grosse Dicken werden langsam getrocknet.
- Holzarten, die zu Verthyllungen neigen, müssen langsam getrocknet werden.  
(Edelkastanie, Eiche, Ulme, Robinie, Nussbaum)

*Beispiel:*

Sie stapeln im Sommer frisch geschnittene Fichtenbretter auf dem Lagerplatz.

Frisch geschnittene Fichte = Holzfeuchte 60 %

Temperatur 30 °C,  $\phi$  71% =  $u_{gl} = 13\%$

$$TG = \frac{60}{13} = 4.6$$

## 6.11. Trocknungszeit

Zu wissen wie viel Zeit erforderlich ist, Schnittholz auf die geforderte Endfeuchte zu trocknen, ist für die Bereitstellung der Trocknungskapazitäten eines Betriebes von wesentlicher Bedeutung. Die Trocknungszeit ist jedoch von unzähligen verschiedenen Faktoren abhängig welche es unmöglich machen, diese verbindlich zu berechnen oder vorherzusagen.

Trockenzeitbeeinflussende Faktoren

Trockenkammerbedingte Einflussfaktoren:

- Luftgeschwindigkeit [m/s]
- Kammerbauart
- Betriebsdauer der Trockner
- Trocknungstemperatur [T]
- Befeuchtungseinrichtung (Dampf oder Wasser)
- Entfeuchtungseinrichtung (Frischlufte-/Ablufte oder Kondensationsgerät)

Trocknungsgutbedingte Einflussfaktoren:

- Holzart
- Holzfeuchte (Anfangs- und Endfeuchte, Feuchtedifferenz)
- Holzdicke [d]
- Trocknungsgefälle [TG]
- Zuschnittform der Hölzer
- Qualität des Holzes vor der Trocknung

Sonstige Einflussfaktoren

- Stapelung des Holzes
- Bedienfehler des Personals
- Abblendung freier Querschnitte im Trockner
- Zu erzielende Qualität der getrockneten Ware

Faustregel für die  
Trocknungszeit

Grundsätzlich gibt es keine Faustformel, mit welcher man die Trocknungszeit verbindlich vorhersagen könnte. Diese Vereinfachung kann unmöglich all die holzspezifischen und klimatischen Unterschiede berücksichtigen. In der Regel sind Hölzer mit geringerer Rohdichte einfacher zu trocknen wie Hölzer mit hoher Rohdichte.

Freilufttrocknung

Zur Dauer einer Freilufttrocknung findet man verschiedene Faustformeln.

**1 Jahr für jeden Daumen (~2.5cm) und ein Jahr für das Brett**

oder

**1 Jahr pro 1cm Holzstärke**

Diese Faustformeln sind in Realität jedoch nur als sehr grobe Angaben zu verstehen. Die Freilufttrocknung hängt von vielen Faktoren ab, die, leider unregelmäßig sind.

So kann bereits ein nasser niederschlagsreicher Winter oder Sommer die Trocknung in hohem Masse verlängern, während ein trockener Sommer oder Winter die Trocknung stark beschleunigen können. Weitere Faktoren wie Windrichtung und –stärke sowie Holzart und Holzdicke beeinflussen die Dauer erheblich.

Entscheidend für den Erfolg bzw. die Qualität der Freilufttrocknung ist vor allem die Gestaltung der Stapel, d.h. die Art und Weise wie der Lagerplatz angelegt ist. Achtung, auch der Einschnittzeitpunkt ist bei einigen Hölzern zu beachten.

Tabelle 4 Trocknungszeiten (Anhaltswerte) bei der Freilufttrocknung für 25mm dickes Schnittholz bei Trocknung auf 20 % Restfeuchte (Lüthi, 2020)

Holzart	Trockenzeit in Tagen	Holzart	Trockenzeit in Tagen
Nadelhölzer		Birke	70 bis 200
Kiefer	60 bis 200	Eiche	100 bis 300
Fichte	90 bis 200	Roteiche	70 bis 200
Pitchpine	30 bis 150	Esche	60 bis 200
Douglasie	20 bis 200	Hikory	60 bis 200
		Edelkastanie	60 bis 150
Laubhölzer		Kirschbaum	70 bis 200
Ahorn	50 bis 200	Mahagoni	60 bis 150
Buche	70 bis 200	Nussbaum	70 bis 200

Technischen  
Trocknung

Auch bei der technischen Trocknen kann aufgrund zu vieler Faktoren keine zutreffende Faustformel benannt werden.

Annäherungsweise mit einer definierten Ausgangslage  $u_a = 20\%$  und  $u_e = 10\%$  kann folgende Faustregel angenommen werden:

- Nadelhölzer (ohne Lärche) 1 mm Holzdicke = 1-2 Std. reine Trockenzeit -> 50 mm = 50 - 100 Std.
- Laubhölzer (Ohne Eichen) 1 mm Holzdicke = 2-4 Std. reine Trockenzeit -> 50 mm = 100 - 200 Std.

- Eichen, Edelkastanien 1 mm Holzdicke = 6-12 Std. reine Trockenzeit -> 50 mm = 300 - 600 Std.



Abbildung 166: Technische Trocknung (Quelle: Brühwiler Sägewerk AG)

## 6.12. Richtige Stapelung

Eine Vorbedingung für eine qualitativ gute Trocknung ist die einwandfreie Stapelung der Pakete. Es darf auf keinen Fall unterschätzt werden, wie viel Trockenschäden allein schon durch ungünstige oder falsche Stapelung verursacht werden können. Das verarbeitete Holz wird zu Brettstapeln zusammengefasst und wieder entstapelt, dies passiert unzählige Male auf einem Holzverarbeitenden Betrieb.

Einer der Hauptfaktoren ist die inner- und ausserbetriebliche Logistik. Sie bestimmt vor allem die Grösse und die Art, sowie wo und wie häufig ge- und entstapelt wird.

Logistikziele:

- vereinfachte Manipulation des Holzes
- Lagerplatz optimal ausnützen
- Lager und Transportkosten senken

Diese Anforderungen müssen individuell dem Betrieb und seinen Abläufen angepasst werden. Der Zweite und nicht minder wichtige Aspekt ist die Qualität. Das Ziel beim Stapeln muss die Werterhaltung oder Wertsteigerung sein, qualitätsmindernde Einflüsse sollten vermieden werden.

Qualitative Aspekte:

- Beschädigung des Holzes durch Manipulationen
- Oberflächenqualität (keine Verfärbungen)
- Risse durch das Trocknen
- Verwittern bei Aussenlagerung

Aufgrund der verschiedenen Anforderungen bei Logistik und Qualität, kommt es unweigerlich zu Zielkonflikten. Abzuwägen wo die Prioritäten gesetzt werden, kann

nicht abschliessend gesagt werden, es wird von Betrieb zu Betrieb verschieden sein.

### 6.12.1. Stapelarten

Kastenstapel werden für brett- oder blockweise sortiertes Schnittholz angewendet. Der Zwischenraum zwischen zwei Kastenstapeln muss mindestens 300 mm betragen.

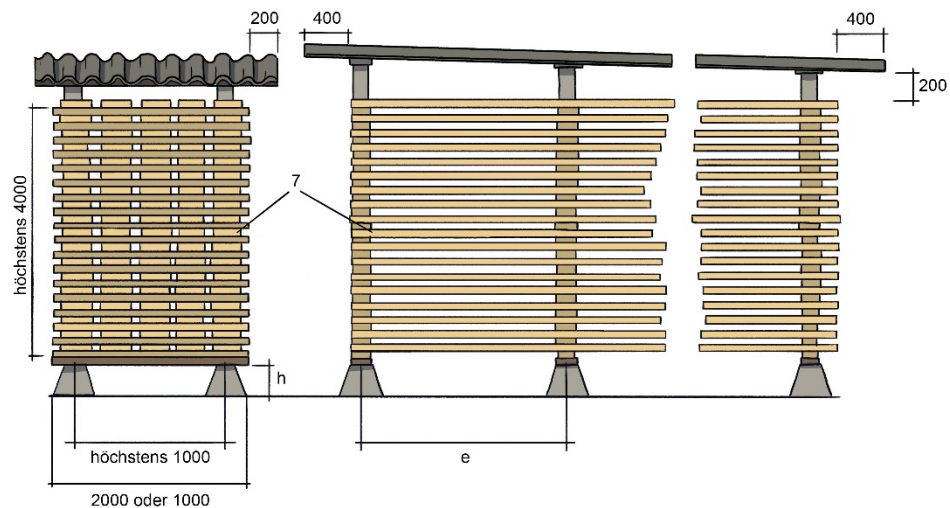


Abbildung 167: Kastenstapel (Quelle: HIS)

Blockstapel werden in Ausnahmefällen für blockweise sortiertes, hochwertiges einheimisches Laubschnittholz und für nicht einheimisches Schnittholz verwendet.

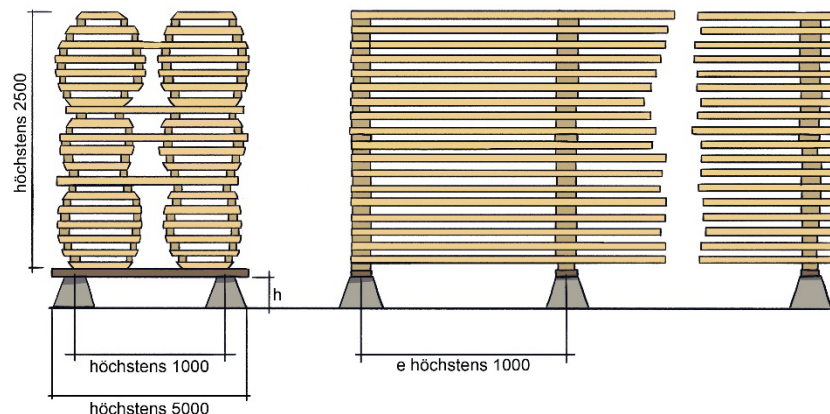


Abbildung 168: Blockstapel (Quelle: HIS)

Der Zwischenraum zwischen zwei nebeneinander liegenden Blöcken muss mindestens 200 mm betragen. Zur Gewährleistung der Standsicherheit des Stapels muss die Breite des unteren Brettes mindestens ein Drittel des Stammdurchmessers betragen. Anderenfalls wird es oben auf den Block gestapelt. Bei einem Stapel, der in der Breite nur einen Block enthält, dürfen höchstens zwei Blöcke übereinandergestapelt werden. Bei Stapeln mit mehr als einem Block in der Breite und in der Höhe sind die jeweils nebeneinanderliegenden Blöcke mit mindestens einer durchgehenden Stapellatte zu verbinden.



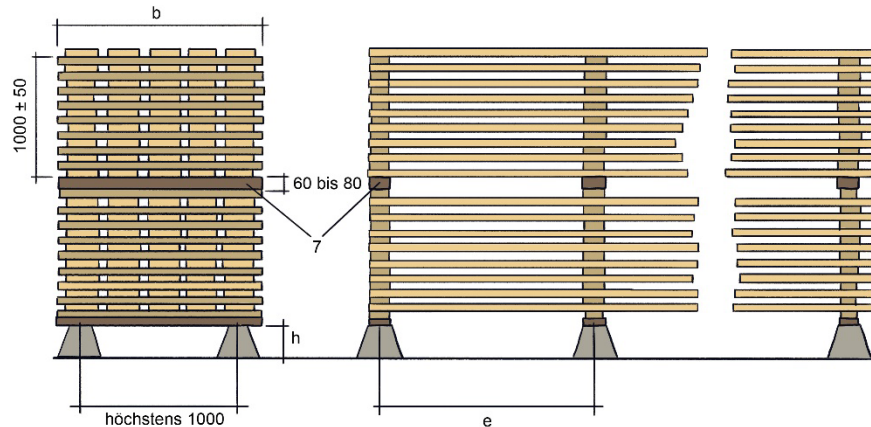


Abbildung 169: Paketstapel (Quelle: HIS)

Paketstapel sind für brettweise sortiertes Schnittholz anzulegen. Bei einer Breite des Stapelpaketes von 1200 mm dürfen höchstens vier Stapelpakete übereinandergestapelt werden, bei einer Breite von 1000 mm höchstens drei. Der Zwischenraum zwischen zwei Paketstapeln muss mindestens 300 mm betragen. Die Durchlagen und Stapellatten müssen senkrecht übereinanderliegen.

Übereinandergestapelte Schnittholzpakete, die durch einseitigen Trocknungsprozess ihre Standfestigkeit verloren haben, sind sofort umzusetzen

#### 6.12.2. Laubholz stapeln

Besonders bei empfindlichen Laubhölzern werden die Querschnittsschmalflächen geschützt, um ein zu schnelles Trocknen und damit zu viele und zu tiefe Trockenrisse zu vermeiden. Vielfach werden hierzu breite, vorstehende Stapellatten oder besonders gekerbte Stapellatten verwendet. Auch Farbanstriche und Beschattung sind üblich.

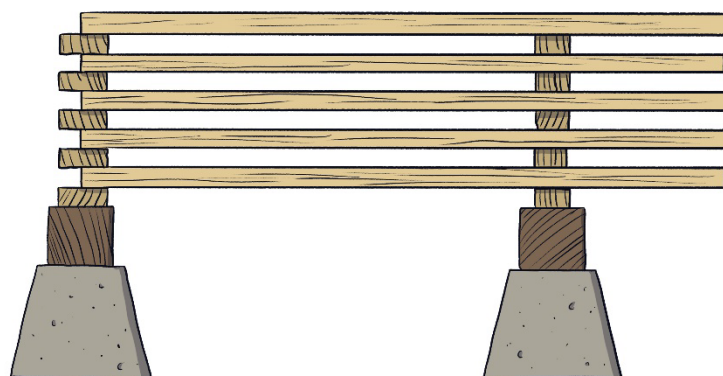


Abbildung 170: Durch das Stapeln geschützte Querschnittflächen (Quelle: HIS)

Bretter aus Rotbuchenholz, Erle und Birke verstocken leicht. Sie werden daher zweckmässig in Trockenschuppen mit gutem Luftdurchzug gestapelt. Viele Laubhölzer verfärben sich schnell bei einer Stapelung im Freien. Bei Eichenholz werden die Gerbstoffe durch den Regen teilweise ausgelaugt. Deshalb stapelt man oftmals im ersten Jahr im Freien ohne Abdeckung. Um stärkere Verfärbungen und starke Rissbildung zu vermeiden, wird dann unter Abdeckung und eingeschränkter Luftzuführung weitergetrocknet.

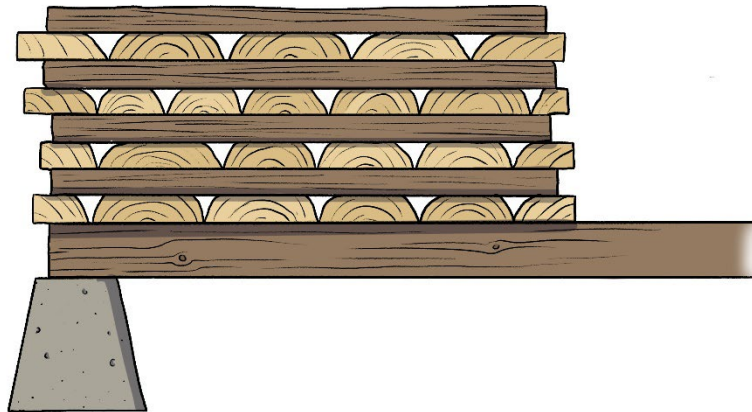


Abbildung 171: Eingekerbte Stapellatten (Quelle: HIS)

### 6.12.3. Spezielle Stapellatten

Besonders Ahornholz darf nicht im Freien gelagert werden. Um die weisse Farbe zu erhalten, werden die Bretter sofort nach dem Einschnitt im Sägewerk, mit speziellen Latten gestapelt. Diese minimieren die Auflagefläche, was bewirkt, dass die Feuchtigkeit auch bei den Stapellatten verdunsten kann und somit ein Verfärben des Holzes verhindert wird. Diese Stapellatten werden auch bei der technischen Trocknung angewandt, sofern die Holzart dies erfordert. Langsam zu trocknende Hölzer sollten mit dünneren (15mm) Latten gestapelt werden, um die Luftzirkulation und ein schnelles Austrocknen des Holzes zu verhindern.



Abbildung 172: Auflagefläche vermindernde Stapellatten (Quelle: C. Lüthi, 2020)

### 6.13. Trocknungsfehler

Da beim Prozess des Trocknens unterschiedliche Einflüsse, welche mehr oder weniger beeinflussbar sind, auf das Holz wirken, sind Fehler in diesem Ablauf nicht immer vermeidbar. Trocknungsfehler können jedoch bei allen Trocknungsmethoden zu massiven Schäden führen. Ein Trocknungsschaden ist ein Holzfehler, der durch eine unsachgemässe Holztrocknung verursacht wurde und die im Folgenden beschrieben werden.

### 6.13.1. Trocknungsspannungen, Verschalung

Unter Verschalung versteht man den Zustand eines nicht spannungsfreien Holzes, während oder am Ende einer Trocknung, wenn die auftretenden Trocknungsspannungen die Folge von versteiften plastischen Verformungen sind.

Sie entstehen bei der Trocknung des Holzes, besonders bei hoher Anfangsfeuchte, durch eine rasche Feuchteabgabe des Brettes in den äusseren Schichten. Verschalungen können eine Rissbildung zur Folge haben.

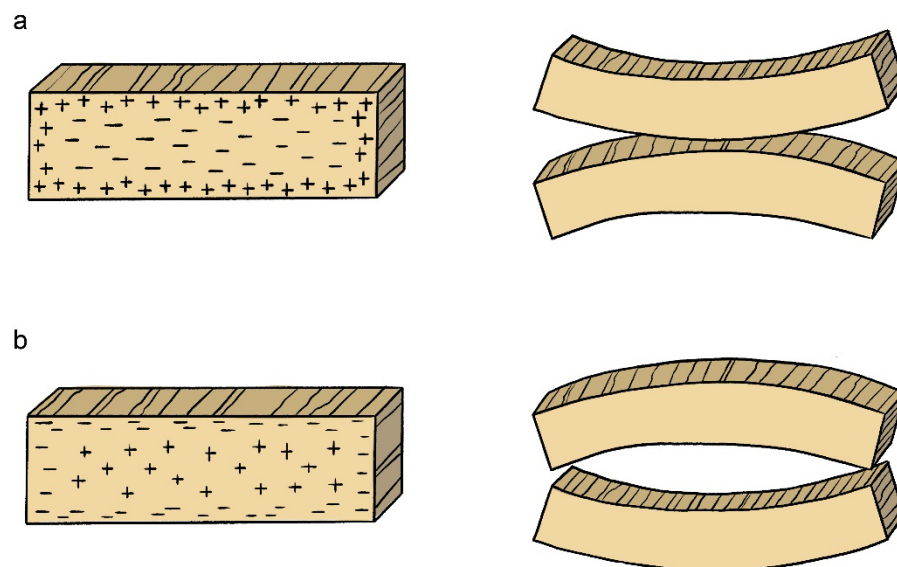


Abbildung 173: Verschalung im Holz; a) früher Trocknungszustand (aussen Zug-, innen Druckspannungen); b) eingetretene Verschalung (aussen Druck-, innen Zugspannungen) (Quelle: HIS)

Bei frühzeitigem Erkennen besteht die Möglichkeit eine Rissbildung durch übermässiges Verschalen zu verhindern.

Als wichtiger Leitsatz kann nach KOLLMANN und KÜBLER geltend gemacht werden, dass "jede Trocknung unmittelbar mit einer mehr oder weniger starken Verschalung abläuft, die am Ende durch sorgfältiges Konditionieren zu beseitigen ist."

### 6.13.2. Haarrisse

Haarrisse sind feine, mehr oder weniger unbedeutende Oberflächenrisse parallel zum Faserverlauf. Sie können während der Trocknung auf der Brettoberfläche entstehen. Bei der Freilufttrocknung lassen sich Haarrisse in der Regel kaum vermeiden. Bei der technischen Trocknung dagegen kann deren Entstehung durch sorgfältige, nicht zu schnelle Trocknung vermieden werden.

Haarrisse dürfen nach DIN 68336 nicht tiefer sein als  $\frac{1}{10}$  der Holzdicke.

### 6.13.3. Oberflächenrisse

Die Ursache der Oberflächenrisse ist die äussere Verschalung. Sie entstehen hauptsächlich während der ersten Trocknungsphase und sind Anzeichen einer zu schnellen Trocknung oder finden die Ursache bei der Freilufttrocknung durch direkte Sonneneinstrahlung oder trockene Föhnwinde. Vor Beginn der Trocknung ist deshalb auf bereits vorhandene Trocknungsrisse zu achten, damit diese später nicht der technischen Trocknung bzw. falsch gewählter Trocknungsbedingungen

zu Lasten gelegt werden. Sie lassen sich durch langsame und sorgfältige technische Trocknung vermeiden.

#### 6.13.4. Hirnrisse

Sie entstehen bei einer raschen Trocknung der Schnittholzenden, und zwar meist schon bei der Freiluftlagerung. Hauptursache ist die relativ rasche Feuchtebewegung in Faserrichtung und ein damit verbundenes schnelleres Austrocknen im Hirnholzbereich.

Durch sorgfältige Stapelung und durch das Verhindern einer Austrocknung während der Aufheizphase, lassen sich Hirnrisse weitgehendst vermeiden.

Bei wertvollen Hölzern empfiehlt sich zusätzlich ein Hirnholzanstrich mit Kunstharzen, Wachsemulsionen oder Paraffin, um ein zu schnelles Austrocknen zu vermeiden.

#### 6.13.5. Innenrisse

Innenrisse entstehen durch innere Verschalung, wenn die im Holzinernen vorhandenen Querkzug- oder Zugspannungen grösser werden als die entsprechende Zugfestigkeit in Bereichen, wo das Gewebe durch Holzstrahlen bereits Schwachstellen besitzt. Gefährdet sind besonders Holzarten mit grossen Holzstrahlen wie z.B. Eiche oder Buche. Es entstehen dabei wabenähnliche Hohlräume, die bis kurz unter die Brettoberfläche reichen. Sie werden deshalb erst beim Aufschneiden eines Brettes sichtbar. Getrocknetes Holz mit starker Innenrissbildung ist wertlos.

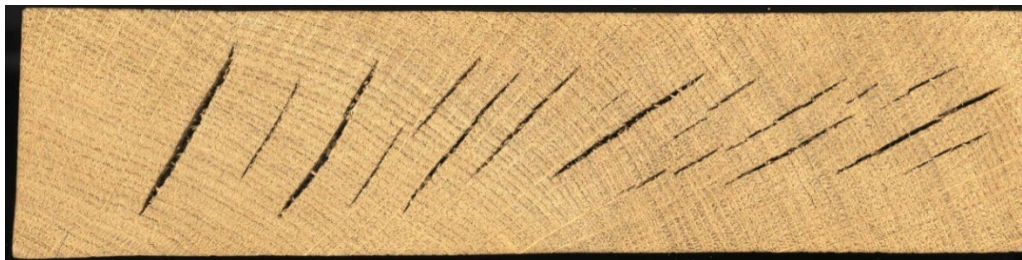


Abbildung 174: Querschnitt eines falsch getrockneten Eichenbretts mit starken Innenrisen (Quelle: C. Lüthi)

#### 6.13.6. Zellkollaps

Bei zu hohen Temperaturen und zu rascher Trocknung entstehen kapillare Sogkräfte im Holz, die bereits vor dem Unterschreiten der Fasersättigung zu einem Zellschwund oder Zelleinbruch führen können. Dabei können die Zellwände dem Unterdruck in den grösseren Zelllumen, hervorgerufen durch eine zu rasche Verdampfung des Wassers an der Brettoberfläche, nicht standhalten, und fallen in sich zusammen.

Zellkollaps ist erkennbar an einem besonders grossen Schwindmass, an Einbrüchen der vormals ebene Holzoberfläche und an einer starken, unregelmässigen Verformung des Holzquerschnittes. Der Verformungszustand ist bis zu einem gewissen Masse reversibel. Zellkollabiertes Holz ist jedoch wertlos. Gefährdet sind vor allem wassersatte und stark verthyllte Laubhölzer wie Eiche, Robinie, Eukalypten, Aspe, Hickory.





Abbildung 175: Zellkollaps Eiche durch Vakuumtrocknung (Quelle: C. Lüthi)

### 6.13.7. Harzfluss

In harzhaltigen Hölzern verflüssigt sich bei  $T > 60...65^{\circ}\text{C}$  das Harz und tritt dabei aus den Harzkanälen und Harztaschen aus. Das Harz lagert sich auf der Brett-oberfläche ab und verfärbt die Oberfläche des Werkstückes. Diese Ablagerungen wirken sich hauptsächlich beim Hobeln negativ aus. Zudem können Probleme bei der Verklebung entstehen, wenn die Klebstoffe durch das Hochfrequenzverfahren ausgehärtet werden.

Harzfluss ist kein direkter Trocknungsschaden. Zur Vermeidung des Harzflusses sollte die Trocknungstemperatur  $T = 60^{\circ}\text{C}$  nicht überschritten werden.

### 6.13.8. Verfärbungen

Verfärbungen sind unregelmässige Abweichungen von der natürlichen Farbe des Holzes. Sie stellen teilweise eine erhebliche Qualitätsminderung des Schnittholzes dar. Verfärbungen haben unterschiedlichen Charakter. Man unterscheidet zwischen

- Verfärbungen hervorgerufen durch Mikroorganismen
- Verfärbungen hervorgerufen durch physiologische Reaktionen im Holz
- Verfärbung durch chemische Reaktionen

Verfärbungen hervorgerufen durch Mikroorganismen

Hierzu zählen vor allem durch Pilze hervorgerufene Verfärbungen wie Bläue oder Rotstreiff. Sie haben keinen Einfluss auf die Festigkeitseigenschaften des Holzes, mindern jedoch die Qualität von erscheinungssortiertem Holz, da die Verfärbung auch bei einer Weiterverarbeitung durch Hobeln nicht eliminiert werden kann.

Der nur oberflächige Schimmelpilz stellt keine Qualitätsminderung der Schnittwaren dar. Es handelt sich dabei um eine gräulich schwarze oder gelblich weisse Verfärbung von moosigem Charakter und hinterlässt bei der Weiterverarbeitung mit Hobelmaschinen keine Merkmale auf der Holzoberfläche.

Verfärbungen hervordurch physiologische Reaktionen im Holz

Sie werden auch als biotische Verfärbungen bezeichnet. Es handelt sich dabei um eine Reaktion von noch lebenden Parenchymzellen bei Holz  $u > u_{fs}$ . Dieser Vorgang wird wesentlich beeinflusst durch die Temperatur und die Holzfeuchte. Bei Buchen wird diese Reaktion als «versticken» bezeichnet. Als eine der Ursachen wird der Einschlag des Holzes ausserhalb der Vegetationsruhe bezeichnet [Brunner].



Abbildung 176: Verstickte Buche (Quelle: Lüthi)

Verfärbung durch chemische Reaktionen

Sie werden durch äussere Einflüsse wie Temperatur, Feuchte und Kontakte mit Metallionen ausgelöst. Die bekannteste Reaktion ist die blau – schwarz Verfärbung der Eiche als Folge einer oxidativen Eisen-Gerbstoff-Reaktion (Tannin-Reaktion). Sie treten auch bei der Bearbeitung des nassen Holzes mit metallischen Werkzeugen auf.

Als Gegenmassnahmen empfiehlt sich der sofortige Einschnitt und die Trocknung solcher Hölzer. Der letzte Einschnittstermin solcher Sortimente sollte nicht später als Anfang/Mitte Juni sein.

## 6.14. Freilufttrocknung

Unter Freilufttrocknung (oder natürliche Trocknung) versteht man die Trocknung von Schnittholz auf dem Holzplatz oder in offenen Hallen ohne weitere technische Hilfsmittel und kann auch eine Art der Vortrocknung vor der technischen Trocknung sein. Die Trocknung erfolgt nur durch die vorbeistreichende Luft.

Da die Trocknung ungesteuert erfolgt, steht sie in Abhängigkeit vom örtlichen Klima. Dieser Umstand definiert auch die minimale Holzfeuchte ( $u$ ) welche durch die Freilufttrocknung erreicht werden kann. Sie liegt im mitteleuropäischen Klima bei  $u = 12\text{--}18\%$ , man spricht dann von «lufttrocken».

Aufgrund dieser äusseren Umstände ist die Einflussnahme auf die Trocknung äusserst begrenzt und beschränkt sich auf

- die Wahl des Einschnittzeitpunktes des Rundholzes,
- die Wahl eines geeigneten Standortes,
- die richtige Gestaltung und Pflege des Holzlagerplatzes und
- die Anwendung richtiger Stapelmethode.

Die Wahl des Einschnittzeitpunktes des Rundholzes,

Der Einschnittzeitpunkt des Holzes bestimmt, zu welchen klimatischen Bedingungen das Schnittholz sofort nach dem Aufstapeln ausgesetzt ist. Helle, bläueanfällige und schwer zu trocknende Holzarten wie Ahorn, Föhre oder Eiche, wenn möglich bis spätestens Ende April eingeschnitten sein. Die Lagerung der frischen Schnittware kann sonst beim nun bereits herrschenden warmen Klima zu einer forcierten Trocknung, zu Pilzbefall und Trocknungsschäden in Form äusserer Verschalung mit folgen von Rissen auf der Oberfläche führen.

Die Wahl eines geeigneten Standortes,

Die Standortwahl des Lagerplatzes ist meist durch die ortsgebundene Lage des Betriebsareals gegeben. Der Standort sollte frei und luftig gelegen sein. Ebenso muss es einen Untergrund haben, der so konstruiert ist, dass er das Holz nicht

nass werden lässt. Für sehr schwer zu trocknende Hölzer ist eine Kiesoberfläche dem Asphalt, aufgrund eines geringeren aufheizen und reflektieren der Sonne, vorzuziehen.

Die richtige Gestaltung und Pflege des Holzlagerplatzes und

Die Lagerung des Holzes sollte so erfolgen, dass das Holz gut belüftet ist. Es sollte in Stapeln aufgestapelt werden, die etwa 25 cm voneinander und mindestens 30cm vom Boden entfernt sind, um eine gute Luftzirkulation zu gewährleisten. Direkte Sonneneinstrahlung und Regeneinwirkung sind mit geeigneten Dächern auf den Stapeln zu verhindern. Der Holzlagerplatz sollte regelmässig von Bewuchs gereinigt werden, um Ungeziefer und Schimmel zu vermeiden.

Die Anwendung richtiger Stapelmethoden.

Hölzer, welche zur Verfärbung neigen, sollen sofort nach dem Einschnitt auf geeigneten Latten aufgestapelt werden. Die Bretter sind von möglichen anhaftenden Sägemehlbelag zu reinigen. Siehe auch (6.12.3 Spezielle Stapellatten).

Im Prinzip ist die Freilufttrocknung ein Verfahren der Vortrocknung, da viele Hölzer für eine entsprechende Anwendung anschliessend noch technisch fertig getrocknet werden müssen.



Abbildung 177: Trockenlager (Quelle: HedingerHolz AG)

## 6.15. Trocknungsanlagen

### 6.15.1. Vortrocknungsanlagen

Die *Niedrigtemperaturtrocknung* ist ein Verfahren, bei dem mit Temperaturen zwischen 15 und 45°C getrocknet wird.

1. Niedrigtemperaturtrocknung mit konstanten Temperatur- und Klimaverhältnissen

In diesen Trocknern wird ein konstantes "Schönwetterklima" gefahren, z. B. 35°C Trockentemperatur und ein  $u_{gl}$  von 12–14%, was einer relativen Luftfeuchtigkeit von 68–76% entspricht.

Es wird kein eigentliches Trocknungsprogramm vollzogen, sondern es wird immer derjenige Stapel der Kammer entnommen, der vorzugsweise auf ca. 20% Holzfeuchte abgetrocknet ist.



## 2. Niedrigtemperaturtrocknung mit veränderten Temperatur- und Klimaverhältnissen

Bei diesem Niedrigtemperaturtrocknungsverfahren werden Trockenzyklen gefahren. Die Kammer trocknet, im Gegensatz zu dem zuvor beschriebenen System, mit veränderten Temperatur- und Klimawerten in Abhängigkeit der abnehmenden Holzfeuchte.

Nach Erreichen des Endfeuchte- Sollwertes (der auch bei diesem Niedrigtemperatur-Trocknungsverfahren nicht unter 20% Holzfeuchte liegen sollte) wird der gesamte Trocknerinhalt ausgefahren und in Kammern mit höheren Temperatureinstellungsmöglichkeiten fertig getrocknet.

### 6.15.2. Verdunstungstrocknung mittels Frischluft und Abluft

#### Normaltemperaturtrocknung

##### Hauptmerkmale:

- Temperaturbereich: 30 bis 100°C
- Anwendungsgebiet: alle Holzarten
- Feuchtigkeitsentzug: jede Anfangsfeuchte bis 6% Endfeuchte
- Trockenzeit: mittel bis schnell
- Holzdimension: jede Dicke

Das in der Praxis am häufigsten anzutreffende Verfahren ist die Frischluft-Ablufttrocknung (auch Umlufttrocknung genannt). Dabei wird entsprechend erwärmte Luft (in Abhängigkeit des Verfahrens bis 60-80°C, teilweise auch darüber) mit Hilfe von Ventilatoren senkrecht zum Brettstapel über das Holz geführt. Dabei reichert sich diese Luft mit Wasserdampf an und transportiert die Feuchtigkeit vom Holz weg. Danach wird die mit Wasser angereicherte Luft über Klappen aus dem Trockner ausgebracht. Im gleichen Zusammenhang wird wiederum frische trockene Luft angesaugt und erneut über das Holz geführt entsprechend den Klimateinstellungen in der Kammer.

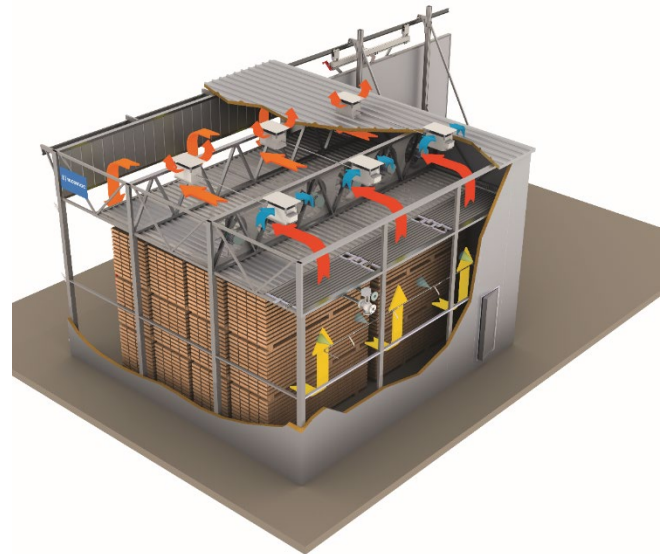


Abbildung 178: Aufbau Frisch-Abluftanlage (Quelle: Incomac S.r.l.)

Während der ersten Trocknungsphasen muss das Holz fortlaufend mit Wasserdampf oder Wasser besprüht werden, damit die Holzoberfläche nicht austrocknet, bevor das gesamte Holzvolumen durchwärmt ist.

Die Ausgleichsphase am Schluss der Trocknung stellt den Abschluss des Trocknungsdurchganges dar und ist hinsichtlich der Trocknungsqualität entscheidend. Während dieser Phase wird die Luft nochmals auf 100% relative Luftfeuchte klimatisiert und somit kommt es im Holz zu einer Angleichung der Holzfeuchten zwischen den Kern- und Randbereichen im Trocknungsgut.

Die Strömungsgeschwindigkeit der Luft hat neben Lufttemperatur und relativer Luftfeuchte einen grossen Einfluss auf die Trocknungsgeschwindigkeit und den Trocknungsverlauf des Holzes. In Abhängigkeit der Holzart liegt das Optimum bei ca. 3m/s. Entscheidend für eine gleichmässige Trocknung hinsichtlich der



gesamten Trocknungscharge ist darüber hinaus wichtig, dass die Luft in zeitlich periodischen Abständen wechselseitig durch die Trocknungskammer geblasen wird, um Strömungsunterschiede auszugleichen.

Der Trocknungsverlauf in der Form der Holzfeuchte und die klimatischen Bedingungen in der Kammer werden ständig mittels Messelektroden überwacht. Die Messung und Auswertung der Holzfeuchte ist jedoch nur unterhalb 30% sinnvoll, bei höheren Holzfeuchten ist die Fehlerabweichung zu gross.

Entsprechend der Holzart und Dimension ist für jeden Trocknungsvorgang ein spezielles Trocknungsprogramm notwendig: Dieses Programm entspricht praktisch einer Vorgabe der jeweiligen klimatischen Bedingungen während der Trocknung hinsichtlich Temperatur Luftfeuchtigkeit und Zeitdauer.

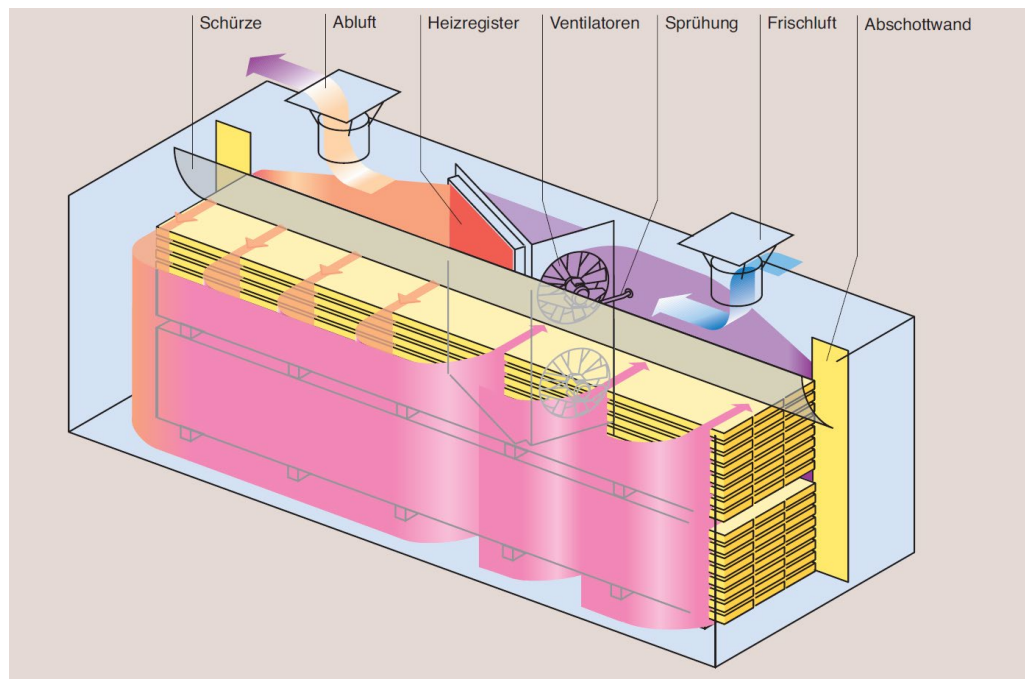


Abbildung 179: Aufbau Frisch-Abluft Trockenkammer mit Längsbelüftung (Quelle: Lauber GmbH)

Hochtemperatur-  
trocknung

### Hauptmerkmale:

- Temperaturbereich: 100°C–130°C (150°C)
- Anwendungsgebiet: vorwiegend Nadelhölzer
- Feuchteentzug: jede Anfangsfeuchte bis 6% (4%) Endfeuchte
- Holzdicken: von 18 mm bis etwa 100 mm Dicke
- Trockenzeit: schnell bis sehr schnell

Bei diesem Verfahren besteht das Trocknungsklima aus reinem, überhitztem Wasserdampf (Heissdampf-HD) oder aus einem Heissdampf-Luftgemisch (HDL).

Durch das Trocknen mit Trocknungstemperaturen über 100°C und mit Feuchttemperatures unter 100°C (z.B. zwischen 75°C–95°C) werden bei dieser Trocknungsart zwar erheblich kürzere Trockenzeiten erzielt, jedoch ist die Trocknung auch schärfer und bringt höhere Trockenverluste.

Die Ursache für eine Verkürzung der Trockenzeit bei Trocknungen im Bereich über 100°C ist eine beschleunigte Feuchtebewegung im Holz.

Diese wird umso grösser, je höher die Trockentemperatur gewählt wird.

Infolge des hohen Wärmebedarfs und des grossen Feuchteflusses, müssen leistungsfähige Ventilatoren mit einer hohen Fördermenge eingebaut werden.

Dieses Hochtemperatur-Trocknungsverfahren eignet sich vor allem zur schnellen Trocknung von Nadelhölzern wie Fichte, Tanne, Kiefer, Pinus radiata usw.

Die bislang getrockneten Holzarten beschränken sich vorwiegend auf Nadelhölzer von 40-50 mm Holzdicke, wobei - wie aus der Praxis bekannt ist - meistens die 100°C - Grenze erst ab einem Holzfeuchtegehalt von ca. 30% überschritten wird.

Eine wichtige Voraussetzung für die Anwendung ist ferner, dass entsprechend hohe Temperaturen des Heizmittels zur Verfügung stehen (Hochdruckdampf, Elektro-Zusatzheizung, Thermoöl, Heisswasser usw.).

### 6.15.3. Kondensationstrocknung

Die charakteristischen Hauptmerkmale der **Kondensationstrockner** sind:

- Temperaturbereich: 25 – 70°C (75°C)
- Anwendungsgebiete: alle Holzarten
- Feuchtigkeitsentzug: etwa ab 70 % bis 12 % (10 %)
- Holzdimensionen: jede Dicke
- Trockenzeit: sehr langsam bis langsam

Bei der Kondensationstrocknung nutzt man in gleicher Weise die physikalischen Eigenschaften der Luft, jedoch wird hier nicht frische kalte Luft angesogen und aufgeheizte warme Luft ausgeblasen, sondern die aufgeheizte Luft bleibt im geschlossenen Kreislauf in der Kammer. Die feuchte Luft wird durch die Kühlrippen eines Verdampfers gezogen und dabei auf den Taupunkt abgekühlt, wobei Feuchtigkeit als Kondensat anfällt.

Die Trockentemperaturen liegen zwischen etwa 20°C und 40°C, in Ausnahmefällen auch bei etwa 55°C bis 60°C, der letztgenannte Bereich setzt jedoch spezielle Kältekreisläufe voraus.

Durch das Auskondensieren des Wasserdampfes aus der Umluft wird an der Kondensationsfläche die in diesem Dampf enthaltene Verdampfungswärme wieder dem Gerät zugeführt. Diesen Effekt bezeichnet man als Wärmerückgewinnung, da die Wärme nach Veredelung im Kompressor des Kondensationsgerätes wieder über einen Lufterhitzer an die Umluft zurückgegeben wird.

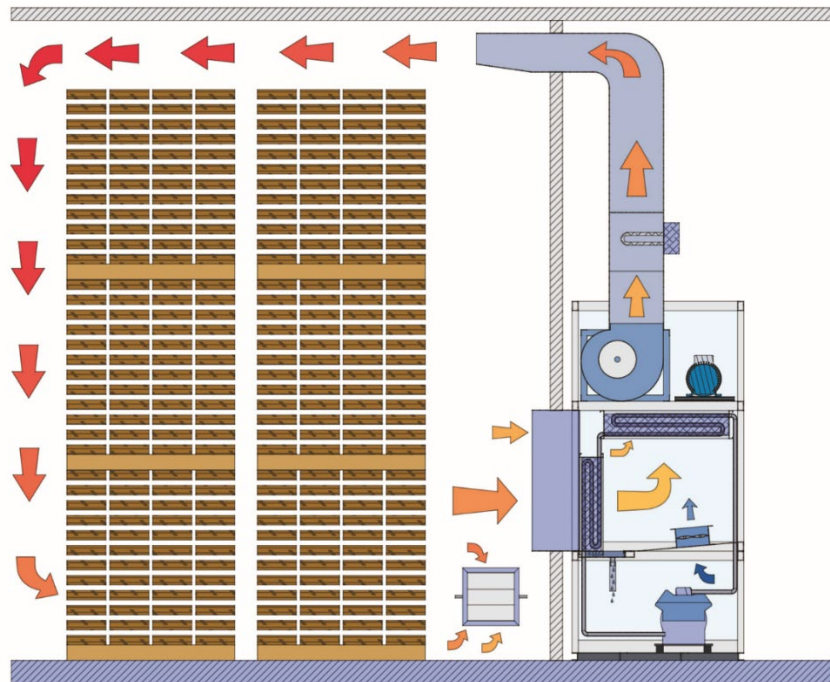


Abbildung 180: Aufbau Kondensationstrocknungsanlage (Quelle: Incomac S.r.l.)

### Vorteile der Kondensationstrocknung

Zugunsten der Holztrocknung nach dem Kondensationsverfahren und dem Prinzip der Luftvollentfeuchtung sprechen folgende Tatsachen:

- Mit geringen bis mässigen Kosten können Anlagen zwischen 1 und 175 m<sup>3</sup> Nutzkapazität installiert werden.
- Es können sowohl vorhandene Räume nach entsprechender Ergänzung mit Wärmedämmung und Dampfsperre als auch Vollaluminium-Kompaktkammern in Elementbauweise als Trockenkammern verwendet werden.
- Es werden keine Dampf- oder Heiss- Wassererzeugungsanlagen benötigt. Die Kondensationstrockner der genannten Art können jedoch an kleinere Anlagen mit geringerer Leistung angeschlossen werden; in vielen Fällen reicht sogar eine Hausheizung. Dadurch werden erhebliche Kosten für elektrische Heizenergie eingespart.

### 6.15.4. Vakuumtrocknung

Die Vakuumtrocknung ist neben der Frischluft-Ablufttrocknung das zweite oft angewandte Verfahren zur Trocknung von Holz. In den letzten Jahren ist für spezielle Sortimente und Holzarten (ringporige Laubhölzer mit Dickenabmessungen ab 40mm) ein starker Zuwachs beim Einsatz der Vakuumtechnologie zu verzeichnen.



Abbildung 181: Vakuum Trocknung (Quelle: HedingerHolz AG)

Im Gegensatz zur Frischluft-Ablufttrocknung wird bei diesem Verfahren unter Vakuum in luftdicht geschlossenen Behältern bei einem Unterdruck bis 100mbar gearbeitet. Mit der Herabsenkung des Umgebungsdruckes sinkt auch die Siedetemperatur des Wassers. Das hat zur Folge das der Trocknungsprozess bei niedrigeren Temperaturen ablaufen kann. Ähnlich wie bei der Frischluft-Ablufttrocknung wird das Trocknungsmedium (Luftgasgemisch) mit Hilfe von Ventilatoren durch das Trocknungsgut geführt und nimmt dabei die vom Holz abgegebene Feuchte auf. Die Temperatur des Trocknungsgutes und des Trocknungsmediums liegt dabei zwischen 40-60°C.

Prinzipiell kann die Vakuumtrocknung auf zwei unterschiedliche Arten ablaufen kontinuierlich oder diskontinuierlich.

Bei der kontinuierlichen Arbeitsweise bleibt das Vakuum konstant über den gesamten Trocknungsvorgang aufrechterhalten und das entzogene Wasser wird ständig über Kondensationsbleche an der Seite abgeführt und aus dem Trockner ausgebracht

Beim diskontinuierlichen Verfahren gibt es einen ständigen Wechsel zwischen der Vakuumphase mit Entfeuchtung des Holzes und der Normaldruckphase, bei der das Holz erwärmt wird und das Kondenswasser abgeführt wird.

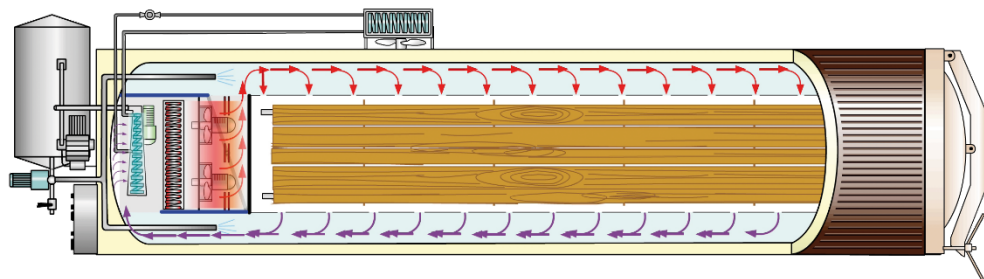


Abbildung 182: Querschnitt bei einer Vakuumtrocknungsanlage mit Längsdurchströmung (Quelle: EBERL Trocknungsanlagen GmbH)



#### 6.15.5. Sonstige Trocknungsverfahren

Für spezielle Trocknungsaufgaben wurde früher die Hochfrequenztrocknung angewendet.

Sehr dickes und feuchtes Holz ist nur mit grossem Aufwand bis in den Kern aufzuheizen.

In einem Hochfrequenzfeld lässt sich solches Holz sehr schnell erwärmen. Durch die hochfrequenten Schwingungen reiben sich die Wassermoleküle selbst warm. Je mehr Feuchtigkeit umso schneller ist die Erwärmung. Dabei entsteht auf natürliche Art die grösste Wärme immer im Inneren des Holzes und drängt nach aussen. Die Luft über der Holzoberfläche wird abgeführt wie bei der Frischlufttrocknung.

Sehr hoher Stromverbrauch und deshalb heute unwirtschaftlich und nicht mehr im Einsatz.

Hochfrequenztrocknung ist aber weit verbreitet bei der Verleimung von Holzwerkstoffen.

#### 6.15.6. Kostenfaktor Trocknungsanlage / Energieeffizienzpotenziale

In Abhängigkeit der holzphysikalischen Eigenschaften und den verfahrenstechnischen Ansprüchen bzw. Anforderungen, sind natürlich die anfallenden Kosten bei einer Investition und während dem Betrieb einer Trocknungsanlage zu sehen.

Aspekte wie Wärme- und Stromversorgung, Erschliessung, Grundstück und Trockenkammerart müssen daher differenziert in der Grundinvestition berücksichtigt werden. Je nach Trockenkammertyp, werden kostenintensivere Fundamente und eine grösser dimensionierte Wärmeversorgung nötig sein. Gerade die Bereitstellung der Wärme durch eine entsprechend ausgelegte Heizanlage kann sehr hohe zusätzliche Investitionen auslösen.

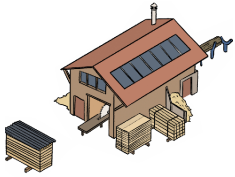
Im Weiteren soll in Betriebskosten und Lohnkosten differenziert werden. Wie oben bereits erwähnt, haben Vakuumtrockner durch das Funktionsprinzip (Vakuum erzeugen) einen technologisch anspruchsvolleren Level als die Frischluft- Abluftkammern, dies hat zur Folge, dass sich die Unterhalts-/Reparaturarbeiten kostenintensiver gestalten. Dagegen kann der Verbrauch von Heizenergie, sprich dem Brennmaterial, bis 2,5-mal tiefer sein als bei einem konventionellen Trockner. Weitere Faktoren wie Sachversicherung, Strom- und Staplerkosten unterscheiden sich bei den beiden Typen nur marginal.

Ein oft unterschätzter Faktor sind die Lohnkosten, welche durch den Betrieb einer Trockenkammer verursacht werden. Sind in der Anfangszeit die aufgewendeten Stunden durch Einarbeitung, Störungsbehebung, Arbeitsvorbereitung, Chargenwechsel merklich spürbar, so ist auch der Aufwand hinsichtlich der kontinuierlich notwendigen Arbeiten nicht zu unterschätzen. Bedingt durch die 24h und 7 Tage Laufzeit der Trocknung, ist eine gewisse Pikett-/Störungsdienstorganisation unausweichlich.

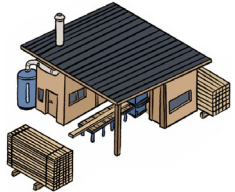
Natürlich birgt eine Anlage auch immer Optimierungspotential. Faktoren wie die Dicke der Stapellatten, Paketabstimmung und die Holzdicke, haben direkte Folgen auf den Füllfaktor der Trockenkammer. Kann man aufgrund einer gut abgestimmten Charge die Länge und Breite der Trockenkammer voll ausnutzen wirkt sich das

auch positiv auf das Strömungsverhalten der Luft aus. Steht Lagerplatz zum Lufttrocknen zur Verfügung, so kann dieser genutzt werden, indem man geeignete Sortimente erst angetrocknet in die Trockenkammer gibt und so Zeit und Energie sparen kann. Arbeitsstunden beim Chargenwechsel und in der Arbeitsvorbereitung können durch gut organisierte Abläufe reduziert werden und tragen zu einer effektiven und wirtschaftlichen Trocknung bei. Fasst man die vorangehenden Punkte zusammen, so kann gesagt werden, dass eine Reihe an Optimierungsmöglichkeiten bestehen, mit dem Ziel einer kostengünstigen und zeitlich optimalen Trocknung des Holzes.

## 7. Thermische und chemische Behandlung



Sägerei



Hobelwerk

### HK c3: Schnittholz trocknen und behandeln

Guter Holzschutz beginnt mit der richtigen Konzeption, Planung und Ausführung des Gebäudes. Dank vielfältigen Holzprodukten und geeigneten Konstruktionslösungen kann heute in den meisten Fällen auf den chemischen Holzschutz verzichtet werden.

Kann mit dem konstruktiven Holzschutz die gewünschte Dauerhaftigkeit der Konstruktion nicht erzielt werden, so muss der vorbeugende chemische Holzschutz angewendet werden. Ist Schnittholz oder ein Gebäude von Pilz- oder Insekten befallen, wird eine chemische Behandlung angebracht.

Thermische Behandlung oder Wärmebehandlung ist eine ökologische, dauerhafte Holzmodifikation. Sie erfolgt mit Hilfe von Wärme von über 150 Grad Celsius und ohne Einsatz von chemischen Zusatzstoffen. Dadurch wird das Holz z.B. formstabiler und weniger anfällig für Schäden durch Pilzbefall.



Abbildung 183: Buche frisch gedämpft (HedingerHolz AG)

Welche unterschiedlichen Verfahren zur thermischen und chemischen Behandlungen es gibt, wie diese angewendet werden und welche Vorgaben beachtet werden müssen, erfahren Sie in diesem Kapitel.

## Praxisaufträge im Betrieb

### Verarbeitungsstufe 1:

- Tauchbad vorbereiten, Holz im Tauchbad behandeln (1. LJ)
- Hitzebehandlung gegen Schadorganismen durchführen (2. LJ)

### Praktikum Verarbeitungsstufe 1 (unter Aufsicht):

- Hitzebehandlung gegen Schadorganismen durchführen

## Überbetrieblicher Kurs 5

- Schadorganismen erkennen, Massnahmen zu Prävention und Schadensbegrenzung besprechen (Freilufttrocknung, Lager)

## Berufliche Situationen:

- Sie bereiten das Tauchbad vor und behandeln das Holz im Tauchbad.
- Sie rüsten Ware für die Lohnimprägnierung.
- Sie informieren den Kunden darüber, wie er das Holz schützen kann.

## Lernziele

- Sie erläutern die Vor- und Nachteile der Behandlung von Holz.
- Sie beschreiben und erkennen die wichtigsten Schadorganismen im Schnittholz und/oder im verbauten Holz.
- Sie beschreiben die Behandlung ISPM15.
- Sie beschreiben den Zweck und die Verfahren der thermischen Holzmodifizierung sowie die Eigenschaften von thermisch modifiziertem Holz.
- Sie beschreiben den Zweck und die Verfahren zum Dämpfen von Holz sowie die Vor- und Nachteile.
- Sie erläutern die Gebrauchsklassen sowie Wirksamkeit von chemischen Holzschutzmitteln.
- Sie erläutern die Eigenschaften, Art der Wirkstoffe und Zubereitung von Holzschutzmitteln.
- Sie erläutern die korrekte Lagerung und Entsorgung von Holzschutzmitteln.
- Sie beschreiben die gebräuchlichsten Verfahren zur chemischen Behandlung von Holz und unterscheiden die Einsatzbereiche.



- Sie erläutern die korrekte Entsorgung von chemisch behandeltem Holz.
- Sie beschreiben die Methoden zur chemischen Modifikation von Holz und deren Zweck.
- Sie beschreiben die Möglichkeiten zur Imprägnierung von Holz ohne Biozide.

## 7.1. Behandlung von Holz

Holz als Baumaterial hat eine Reihe von Vorteilen und Nachteilen, die im Folgenden beschrieben werden. Es handelt sich dabei nur um eine kleine Auswahl.

Vorteile:

**Nachhaltigkeit:** Holz ist ein nachhaltiger Rohstoff, da es aus erneuerbaren Ressourcen stammt. Es ist biologisch abbaubar und kann am Ende seiner Lebensdauer recycelt oder als Brennstoff verwendet werden.

**Energieeffizienz:** Holz ist ein guter Isolator und hat eine natürliche Fähigkeit, Wärme zu speichern. Holzhäuser sind daher energieeffizienter und benötigen weniger Energie zum Heizen und Kühlen.

**Ästhetik:** Holz hat eine natürliche Schönheit und Ästhetik, die schwer zu reproduzieren ist. Es kann in verschiedenen Farben und Texturen bearbeitet werden, um unterschiedliche Designs zu schaffen.

**Dauerhaftigkeit:** Holz kann eine lange Lebensdauer haben, wenn es ordnungsgemäss behandelt, verbaut und gepflegt wird.

**Gesundheitliche Vorteile:** Holz kann sich positiv auf die Gesundheit auswirken, indem es die Luftqualität verbessert und das Raumklima reguliert.

Nachteile:

**Feuergefahr:** Holz ist brennbar und kann ein Risiko für Brände darstellen.

**Anfälligkeit für Insekten und Pilzbefall:** Nicht alle Holzarten sind natürlicherweise gegen Pilze und Insektenbefall geschützt. Ungeschütztes Holz ist anfällig für Insekten- und Pilzbefall, was zu strukturellen Schäden führen kann.

Die Tabelle 5 stellt die natürliche Dauerhaftigkeit gegenüber Pilzbefall ergänzt mit Richtwerten der Nutzungsdauer

Tabelle 5: Dauerhaftigkeitsklassen gegenüber Pilzen nach SN EN 350:2016, ergänzt mit Richtwerten für die Nutzungsdauer nach SIA 269/5

Dauerhaftigkeitsklasse		Richtwerte für die Nutzungsdauer von Hölzern in Jahren		
DC	Beschreibung	Im Freien mit ständigem Erdkontakt	Im Freien ohne ständigen Erdkontakt	Im Freien, regengeschützt unter Dach
1	sehr dauerhaft	Über 25	Über 50	Unbegrenzt
2	dauerhaft	15–25	40–50	Unbegrenzt
3	mässig dauerhaft	Unter 5	25–40	Unbegrenzt
4	wenig dauerhaft	Unter 5	12–25	Unbegrenzt
5	nicht dauerhaft	Unter 5	Unter 5	Bis 20
Diese Werte gelten bei Einhaltung der Regeln des konstruktiven Holzschutzes und günstigen Verhältnissen. Sie können unter ungünstigen Verhältnissen, wie schlechte Detailausbildung, Klima, grosser Infektionsdruck durch Pilze und Insekten, unpassende Oberflächenbehandlung, usw. auch kürzer sein.				

Die natürliche Dauerhaftigkeit gegenüber Insekten wird in 2 Gruppen eingeteilt.

Dauerhaftigkeitsklasse	Beschreibung
DC d	Dauerhaft
DC S	Nicht dauerhaft

**Feuchtigkeitsempfindlichkeit:** Holz kann durch längere Einwirkung von Feuchtigkeit geschädigt werden, wenn es nicht ordnungsgemäss behandelt wird. Es kann auch zu Verformungen und Rissen kommen.

**Pflegeaufwand:** Holz erfordert eine regelmässige Pflege, um seine Haltbarkeit und Ästhetik zu erhalten.

Die Vorteile des Holzes werden für viele Anwendungen sehr geschätzt. Um den Nachteilen entgegenzuwirken, haben wir verschiedene Möglichkeiten entwickelt, um diese abzuschwächen oder ganz zu verhindern.

Möglichkeiten der Holzbehandlung

Es gibt nun verschiedene **Möglichkeiten der Holzbehandlung**, um diesen Nachteilen entgegenzuwirken.

**Oberflächenbehandlung:** Die Oberflächenbehandlung umfasst das Auftragen von Lacken, Farben, Ölen oder Wachsen auf die Oberfläche des Holzes, um es vor Feuchtigkeit, UV-Strahlen und anderen Umwelteinflüssen zu schützen.

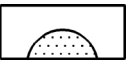
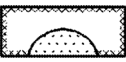
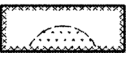




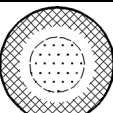




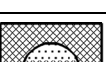
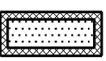

**Chemische Behandlung, chemische Modifikation:** Bei der chemischen Behandlung wird das Holz mit Chemikalien behandelt, um es gegen Holz zerstörende Organismen wie Pilze und Insekten zu schützen. Die Chemikalien dringen in das Holz ein und bilden eine Barriere gegen die Zersetzung. Je nach Behandlungsart werden verschiedene Eindringtiefen erreicht.

**Thermische Modifikation:** Bei der thermischen Modifikation wird das Holz bei hohen Temperaturen erhitzt, um seine Eigenschaften zu verändern. Die Hitze verändert die Zellstruktur und verringert die Fähigkeit des Holzes, Feuchtigkeit aufzunehmen und abzugeben. Dadurch wird das Holz widerstandsfähiger gegen Verrottung, Schimmel und Insektenbefall.

**Physikalische Behandlung:** Die physikalische Behandlung umfasst Verfahren wie Trocknung, Erhitzung und Dämpfen. Durch diese Verfahren wird das Holz widerstandsfähiger gegen Feuchtigkeit und Schimmel. Es kann auch zur Verbesserung der Festigkeit und Haltbarkeit beitragen.

**Kombination von Methoden:** Oft werden mehrere Methoden kombiniert, um die Haltbarkeit des Holzes zu erhöhen. Beispielsweise kann eine chemische Behandlung mit einer thermischen Modifikation kombiniert werden.

Tabelle 6: Eindringtiefe-Klassen mit Angabe der Eindringtiefeanforderungen und der entsprechenden Analysen-zonen für die Bestimmung der Schutzmittelaufnahme (aus SN EN 351-1:2007).

Eindring-tiefe-klasse	Eindringtiefean-forderungen (b)	Analysenzone	Schematische Darstellung der Eindringtiefeanforderun-gen
NP1	Keine	3 mm seitlich	
NP2	Mindestens 3 mm seitlich im Splintholz	3 mm seitlich im Splintholz (c)	  <p>Wenn Splint- und Kernholz nicht zu unterscheiden sind</p>
NP3	Mindestens 6 mm seitlich im Splintholz	6 mm seitlich im Splintholz (c)	    <p>Wenn Splint- und Kernholz nicht zu unterscheiden sind</p>
NP4 (a)	Mindestens 25 mm seitlich	25 mm seitlich im Splintholz (c)	 <p>Splintholzbreite &gt; 25 mm</p>
NP5	Gesamtes Splint-holz	Gesamtes Splintholz (c)	    <p>Wenn Splint- und Kernholz nicht zu unterscheiden sind</p>
NP6	Gesamtes Splint-holz und mindes-tens 6 mm im frei-liegenden Kernholz	Gesamtes Splintholz und 6 mm im frei-liegenden Kernholz	   <p>Nur wenn Kernholz vorliegt.</p>
<p>Legende (zu den Bildern):</p> <p>_____ Grenze zwischen Splint- und Kernholz, wenn diese erkennbar ist.</p> <p>----- Grenze zwischen Splint- und Kernholz, wenn diese nicht erkennbar ist.</p> <p>(a) Gilt nur für Rundholz schwer tränkbarer Holzarten.</p> <p>(b) Ob die Anforderungen an eine Eindringtiefe-Klasse erfüllt werden können, hängt von der Tränkbarkeit der jeweiligen Holzart ab. Beachtet werden sollte, dass es bei manchen Hölzern nicht immer möglich ist, bestimmte Eindringtiefe-Klassen zu erreichen und dass bei einigen besondere Massnahmen erforderlich sein können, um die angestrebte Eindringtiefe zu erreichen (z. B. Perforation, spezielle Trocknungsprogramme, Tauchverfahren). Erfahrungsgemäss ist dies bei NP5- und NP6-Behandlungen von Fichte (<i>Picea spp.</i>) der Fall.</p> <p>(c) Wenn Splint- und Kernholz nicht zu unterscheiden sind, gilt die für die jeweilige Eindringtiefe-Klasse festge- legte Splintholzbreite als Eindringtiefeanforderung und Analysenzone.</p>			



## 7.2. Schadorganismen im Schnittholz (und/oder im verbauten Holz)

Grundlagen über holzbewohnende Pilze und Insekten siehe auch Kapitel «Rundholz und Schadorganismen».

Der Befall von Holz durch Pilze und Insekten erfordert stets, dass vier elementare Bedingungen erfüllt sind: Anwesenheit lebender Organismen, Holz als Nahrungsgrundlage, Temperatur über 0°C und Wasser in Form einer Mindestholzfeuchte.

Tabelle 7: Klimabedingungen (Holzfeuchte und Temperatur) für die Entwicklung holzbewohnender Pilze und Trockenholzinsekten (Berner Fachhochschule, Architektur, Holz und Bau, 2009) (Graf & Meili, 2001) (Kempe, 2009)

Organismen	Holzfeuchte in %		Temperatur in °C
	mindestens	optimal	optimal
<b>Insekten:</b>			
Hausbock	11	28–30	24–30
Nagekäfer (Anobien)	10	20–35	18–24
Splintholzkäfer (Lyctus)	7	16	26–27
Schimmelpilze	18	25–70	24–28
<b>Holzerstörende Pilze:</b>			
Braunfäulepilze			
– generell	25	30–60	18–31
– Hausschwamm	20	30–40	18–22
Weissfäulepilze	30	40–70	18–28
Moderfäulepilze	30	40–70	18–28

Holzerstörende Pilze können sich erst entwickeln, wenn sie sich auf Holz mit einer ihnen entsprechenden Holzfeuchte befinden. Wird die Holzfeuchte unter den für Leben kritischen Wert gesenkt, so kann das Holz weder von den Organismen weiter zerstört noch von Schimmelpilzen bewachsen werden. Im Holz vorhandene Larven von Insekten können sich bei der für sie minimalen Holzfeuchte noch zu Käfern entwickeln. Doch eine neue Generation kann nicht mehr gebildet werden, sie für ihre Entwicklung eine Mindest-Holzfeuchte benötigen.

### 7.2.1. Frischholzinsekten

Im Schnittholz können Frassgänge von Frischholzinsekten auftreten, inklusive noch lebender Larven. Das passiert, weil die Larven oft eine lange bis sehr lange Entwicklungszeit haben. Typischerweise kommt dies beim Befall mit Holzwespen vor.

Insekten europäischer Herkunft werden zuverlässig abgetötet, wenn sie über mindestens eine Stunde einer Temperatur von 60°C oder höher ausgesetzt sind.

Das kann durch eine thermische Behandlung nach ISPM15-Standard oder durch eine entsprechende technische Trocknung (Frischlufte-Abfuhr) erreicht werden.

### 7.2.2. Trockenholzinsekten

Je nach Art können sich die Larven der Trockenholzinsekten ab einer Holzfeuchtigkeit von 7 bis 16% entwickeln. Diese Insekten können im Holz mehrere Generationen leben und so das befallene Holzstück komplett zerstören. In bewohnten und geheizten Räumen ist das Risiko, dass die Insekten sich weiterverbreiten, nur gering. Einige Trockenholzinsekten bevorzugen das Splintholz, andere befallen Splint- und Kernholz. Einige sind auf Nadelhölzer spezialisiert, andere können viele verschiedene Laub- und Nadelhölzer nutzen.

Holzart	Hausbock	Nagekäfer	Splintholzkäfer
Fichte	X	X	
Tanne	X	X	
Lärche	X	X	
Föhre (Kiefer)	X	X	
Buche		X	
Eiche		X	X
Nussbaum / Ulme		X	X
Abachi / Limba		X	X

Nachfolgend werden die wichtigsten Trockenholzinsekten kurz beschrieben.

**Andere Bezeichnung:**

*Hylotrupes bajulus*

**Merkmale:**

Käfer: Weibchen 10–25 mm lang, Männchen 8–15 mm lang. Flacher, schwarzer, teilweise dunkelbrauner Körper. Auf den Flügeldecken besitzt der Hauskäfer typische kleine, weissgraue Flecken aus feinen Härchen.

Larve: 15–30 mm lang. Elfenbeinfarbig. Körper am Kopf eindeutig breiter als am Hinterleib. Die drei Beinpaare an der Brust sind kaum wahrnehmbar.

**Flugzeit / Generation:**

Juni bis August. Lebensdauer des Käfers: rund 25 Tage, jene der Larve je nach Umgebungstemperatur und Nährstoffwert des Holzes 2 bis 8 Jahre.

**Befallene Holzarten:**

Verbaute Nadelhölzer wie Fichte, Tanne, Kiefer, Lärche usw. wobei fast ausschliesslich das Splintholz befallen wird.

**Schadbild:**

Ovale Ausflugslöcher von ca. 3 x 7 mm. An der Holzoberfläche lassen sich oft die darunter liegenden, sich venenartig erhebenden Frassgänge in Faserrichtung erkennen. Da kein Sägemehlauswurf erfolgt, wird der Befall zumeist sehr spät erkannt.

**Wirtschaftliche Bedeutung:**

Kann sehr grosse Schäden an befallenen Dachstühlen und Holzkonstruktionen hervorrufen. Der Hausbock dürfte der wichtigste tierische Holzschädling in Mitteleuropa sein.



Weiblicher Käfer beim Eierlegen.



Larve des Hausbocks



Käfer



Befallsbild an Fichtenquerschnitt

Abbildung 184: (Quelle: Wikimedia Foundation / Stalder)

**Andere Bezeichnungen:**

*Anobium punctatum*, Holzwurm

**Merkmale:**

Käfer: 2,5–6 mm lang. Dunkelbraun bis schwarz. Kopf kapuzenartig, Flügeldecken mit Punktstreifen versehen. Larve: 4–6 mm lang, engerlingsartig, weissgelblich. Brustpartie mit 3 gut wahrnehmbaren Beinpaaren versehen.

**Flugzeit / Generation:**

April bis August. Entwicklungsdauer der Larve 8 bis 36 Monate, bei ungünstigen Entwicklungsbedingungen jedoch bis zu 10 Jahren.

**Befallene Holzarten:**

Nadel- und Laubhölzer, vorzugsweise Splintholz. Kernhölzer nur bei vorherigem Feuchte- und Pilzbefall.

**Schadbild:**

Runde, scharfkantige 1–2 mm breite Ausflugslöcher.

**Wirtschaftliche Bedeutung:**

Wichtigster Schädling an Kulturgütern (Skulpturen, Bilder). Häufig werden auch Treppen und Holzböden befallen. Die Schäden an Konstruktionsholz sind von geringerer Bedeutung.



Larve



Ausgewachsener Käfer



Befallsbild

Abbildung 185: (Quelle: Wikimedia Foundation / Stalder)



**Andere Bezeichnungen:**

*Xestobium (Anobium) rufovillosum*

Totenuhr, Gescheckter Nagekäfer

**Merkmale:**

Käfer: 5–8 mm lang. Grösste, einheimische Nagekäferart. Dunkelbraun. Geschecktes Aussehen durch gelb-rot-graue Behaarung an Kopf und Flügeln.

Larve: bis 10 mm lang, engerlingsartig, weissgelblich. Gleicht jener der meisten Nagekäfer, ist aber deutlich grösser.

**Flugzeit/ Generation:**

April und Mai. Entwicklungsdauer der Larve: 3–6 Jahre, sogar bis 10 Jahre bei ungünstigen Bedingungen.

**Befallene Holzarten:**

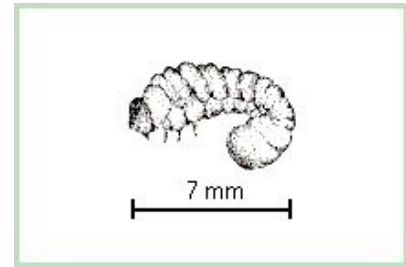
Vorwiegend altes Eichenholz, aber auch andere Laubhölzer wie Birke, Erle, Ulme und zum Teil Nadelhölzer. Befällt in der Regel durch Pilze vorgeschädigtes Holz.

**Schadbild:**

Runde, 2–3, 5 mm lange Ausflugslöcher. Auffallend ist der flache, linsenförmige Larvenkot.

**Wirtschaftliche Bedeutung:**

Bei uns eher selten.



Larve schematisch



Käfer



Befallsbild an einem Eichenbalken

Abbildung 186: (Quelle: BFH / Wikimedia Foundation)

**Andere Bezeichnung:**

*Lyctus brunneus*, *Lyctus*, Parkettkäfer

**Merkmale:**

Käfer: 2,5–8 mm lang. Sehr schlanker rot- bis dunkelbrauner Körper, Kopfteil meist dunkler gefärbt. Punktreihen auf den Flügeldecken.

Larve: bis 6 mm lang, engerlingsartig, elfenbeinfarbig, Brustpartie mit 3 gut wahrnehmbaren Beinpaaren versehen.

**Flugzeit / Generation:**

April bis Juli. Generation normalerweise einjährig.

**Befallene Holzarten:**

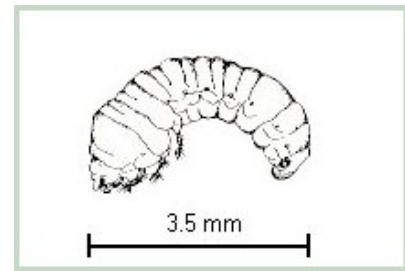
Exoten- und Laubhölzer mit hohem Stärkeanteil wie Koto, Limba, Abachi, Eiche, Esche.

**Schadbild:**

Ausflugslöcher 0,8–1,5 mm, leicht ausgefranst. Frassgänge werden mit Bohrmehl wieder verstopft, weshalb ein Befall meist sehr spät und auch beim Bearbeiten des Holzes nicht erkannt wird.

**Wirtschaftliche Bedeutung:**

Holz kann vollständig zerstört werden, da mehrere Generationen hintereinander das gleiche Holz befallen. Schäden hauptsächlich an Türen und Türumrandungen aus tropischen Holzarten. Bei europäischen Hölzern werden nur Arten mit starkem Splintholz befallen.



Larve schematisch



Ausgewachsener Käfer



Abbildung 187: (Quelle: BFH / Wikimedia Foundation / Stalder)

Der braune Splintholzkäfer ist nur einer unter vielen Splintholzkäferarten (*Lyctus*), welche bei uns auftreten. Die Splintholzkäfer wurden und werden immer wieder durch unzureichend kontrolliertes und/oder behandeltes Holz importiert.

### 7.2.3. Holzbewohnende Pilze im Schnittholz oder im verbauten Holz

Wie bereits im Kapitel Rundholz und Schadorganismen aufgeführt unterscheiden wir verschiedene Typen und Arten von Holz bewohnenden Pilzen. Die Einteilung in holzverfärbende und holzabbauende Pilze, in Braun-, Weiss- oder Moderfäule passt auch bei Pilzen im Schnittholz oder im verbauten Holz.

Auch die Zusammenstellung von Merkmalen zur Erkennung von Pilzen im Kapitel Behandlung von Rundholz und Schadorganismen kann für das Erkennen der Pilze im Schnittholz verwendet werden.

Im frisch eingeschnittenen und unter ungünstigen Bedingungen gelagertes Schnittholz können sich Bläuepilze der Gruppe Primärbläue entwickeln. Deshalb sollte die Holzfeuchtigkeit von Schnittholz rasch unter die kritische Holzfeuchte gesenkt werden (siehe auch Teil «Rundholz behandeln»).

Wenn das Holz getrocknet wurde und wieder feucht wird (Holzfeuchte höher als 18%), können sich Schimmelpilze auf der Holzoberfläche oder Bläuepilze der Gruppe Sekundärbläue in den Holzzellen entwickeln.

Schimmelpilze wachsen auf feuchtem Holz und ernähren sich von den zucker- und stärkehaltigen Holzinhaltsstoffen auf der Holzoberfläche. Auf frisch eingesägtem Holz befinden sich naturgemäss noch mehr Holzinhaltsstoffe. Ideale Bedingungen für das Pilzwachstum sind Holzfeuchten um und knapp über dem Fasersättigungsbereich. Eine feuchte Umgebung mit relativen Luftfeuchten über 80 Prozent und stehende Luft fördern das Pilzwachstum. Das Schimmel-Myzel bildet einen grauschwarzen Pilzrasen vergleichbar dem auf Lebensmitteln. Ein frischer Schimmelbefall ist also am Pilzrasen mit blossen Auge bzw. einer Lupe gut erkennbar. Trocknet die Holzoberfläche ab, stellt der Pilz sein Wachstum ein und der Pilzrasen fällt in sich zusammen und kann abgeburstet werden oder wird mittelfristig von der Witterung abgetragen. Zurück bleiben allerdings dunkle, fleckige Verfärbungen der obersten Holzschicht bis zu einer Tiefe von ca. 0,5 mm.



Abbildung 188: Schimmel- und Bläuepilzbefall an Seitenbrett von Bergahorn nach unsachgemässer Lagerung (Quelle: Stalder)

Schimmelpilzsporen können in Innenräumen bei stärkerem Aufkommen zu Allergien und Atembeschwerden führen. Bläuepilze entwickeln sich vor allem bei bewittertem Holz. Dort verursachen sie eine meist unerwünschte Verfärbung des Holzes. Diese kann von bläulich bis schwarz-grau gehen.





Abbildung 189: Bläuepilzbefall an der Fassade des Schulgebäudes der BFH-AHB Biel (Quelle: Stalder)

Mit einer geeigneten Lagerung des Schnittholzes kann die Entwicklung von Bläuepilzen verhindert werden. Dazu gehört nebst guten Lagerbedingungen auch, das Schnittholz vor dem Einlagern von Sägemehl zu befreien und Stapelhölzer mit kleiner Auflagefläche (H-Profil und Riffellatten) zu verwenden.

In jedem Fall sind holzverfärbende Pilze ein untrügliches Zeichen für ein pilzfreundliches Klima. Beim Auftreten dieser Pilzarten muss deshalb unverzüglich gehandelt werden.

#### 7.2.4. Holzerstörende Pilze

Die holzerstörenden Pilze ernähren sich von im Holz enthaltenen Stoffen (Hemizellulosen, Zellulose und Lignin) und verursachen dadurch einen Gewichtsverlust. Damit nehmen auch die mechanischen Eigenschaften wie Festigkeit, Härte und die Holz elastizität ab. Wie bereits im Kapitel Rundholz festgestellt, unterscheiden wir zwischen den Pilzen, welche spezifisch die Zellulose (Braunfäule, Destruktionsfäule) angreifen und denjenigen, die das Lignin (Weissfäule, Korrosionsfäule) angreifen. Als dritte Gruppe unterscheiden wir die Moderfäule, welche ein der Braunfäule ähnliches Schadbild zeigt.



**Einteilung:**

Holzerstörender Pilz des Typs Braunfäule.

**Andere Bezeichnung:**

*Serpula lacrymans*

**Merkmale:**

**Myzel:** weisser, watteartiger Myzelrasen. Stränge bis zu mehreren Metern lang, silbrig grau und auch Mauern durchwachsend. Im getrockneten Zustand werden die Stränge spröde.

**Fruchtkörper:** fleischig, zähe, 1–2 cm dicke ortbraune Masse. Runde bis elliptische Form mit weissem Wachstumsrand.

**Entwicklungsbedingungen:**

Temperatur: 5–26 °C / Optimum 18–22 °C.

Holzfeuchtigkeit: 30–50%, kann sich bereits ab 20% entwickeln

**Holzabbau:**

Baut vorwiegend Zellulose ab. Obwohl der Hausschwamm Mauerwerk durchwachsen kann, zerstört er dieses nicht.

**Ursprung und Vorkommen:**

Kommt in alten Gebäuden im Bereich von schlecht belüfteten, feuchten Kellern und Erdgeschossen vor.

**Wirtschaftliche Bedeutung:**

Der Hausschwamm ist der bedeutendste holzerstörende Pilz in Gebäuden. In einigen Kantonen ist es Pflicht des Hauseigentümers, den Behörden einen Hausschwammbefall zu melden.



Befall an Innenwand infolge eindringender Feuchtigkeit



Befall an Kellerdecke aufgrund einer undichten Wasserleitung

Abbildung 190: (Quelle: BFH)

## Kellerschwamm

### Einteilung:

Holzerstörender Pilz des Typs Braunfäule.

### Andere Bezeichnung:

*Coniophora puteana*

### Merkmale:

**Myzel:** im Gegensatz zum Hausschwamm nur sehr schwach entwickeltes Myzel. Dieses ist zu Anfang weiss, im Alter graubraun bis dunkelbraun.

**Fruchtkörper:** Dünne gelbbraune, krustenartige Haut, die in trockenem Zustand sehr brüchig ist. Zuwachszone gelbweiss bis gelbbraun.

### Entwicklungsbedingungen:

Temperatur: 5 - 35 °C / Optimum 22–26°C

Holzfeuchtigkeit: 50–60%

### Holzabbau:

Baut vorwiegend Zellulose ab.

### Vorkommen:

Der Kellerschwamm ist sowohl im Keller als auch in den Dachstöcken (Konstruktion und Holzböden) sowie in Alt- und Neubauten anzutreffen.

### Wirtschaftliche Bedeutung:

Nach dem Echten Hausschwamm der bedeutendste holzerstörende Pilz in Gebäuden.



Myzel des Kellerschwamms



Fruchtkörper des Kellerschwamms

Abbildung 191: (Quelle: BFH)

## Weisser Porenschwamm

### Einteilung:

Holzerstörender Pilz des Typs Braunfäule.

### Andere Bezeichnung:

*Poria vaillantii*

### Merkmale:

**Myzel:** Weisse, zum Teil kräftige, eisblumenartige Stränge. Im Gegensatz zum Echten Hausschwamm bleiben diese weiss und werden im trockenen Zustand nicht spröde.

**Fruchtkörper:** Bildet eher kleine, dünnhäutige Fruchtkörper mit von Auge gut erkennbaren Poren.

### Entwicklungsbedingungen:

Temperatur: 3–36 °C / Optimum 26–27 °C,

Holzfeuchtigkeit: 35–45 %

### Holzabbau:

Befällt vorwiegend Nadelholz.

Baut in erster Linie Zellulose ab.

### Vorkommen:

Feuchte Altbauten, in Bergwerken und im Freien.

### Wirtschaftliche Bedeutung:

Neben dem Echten Hausschwamm und dem Kellerschwamm der wichtigste holzerstörende Pilz in Europa.



Weisser Porenschwamm an Kellerdecke



Fruchtkörper an einem am Boden liegenden Ast

Abbildung 192: (Quelle: BFH / Wikimedia Foundation)

## Blättlinge

### Einteilung:

Holzerstörender Pilz des Typs Braunfäule.

### Andere Bezeichnung:

Gloeophyllum

### Merkmale:

**Myzel:** Bildet als Substratpilz in der Regel kein sichtbares Oberflächenmyzel. Ein Myzel kann aber z.B. zwischen enganliegenden Brettern oder in Holzspalten beobachtet werden.

**Fruchtkörper:** Diverse, eher kleine Formen. Bilden sich vorwiegend in Trockenrissen und an den Stirnseiten des befallenen Holzes.

### Entwicklungsbedingungen:

Temperatur: 5–35 °C / Optimum 29–30°C.

Holzfeuchtigkeit: ca. 38%

### Holzabbau:

Befallen vorwiegend Nadelhölzer.

### Vorkommen:

Im Freien am verbauten Holz wie Zäune, Pfähle, Blumenkästen und Balkone. Fenster werden fast ausschliesslich von Blättlingen befallen.

### Wirtschaftliche Bedeutung:

Schwer abschätzbar.



Fruchtkörper eines Zaunblättlings



Blättlingsbefall am Tragwerk eines Aussichtsturms (Lothurm, Magglingen)



Blättlingsbefall am Fenster

Abbildung 193: (Quelle: Wikimedia Foundation / Stalder / BFH)



**Einteilung:**

Holzerstörender Pilz des Typs Weissfäule

**Andere Bezeichnungen:**

Trametes versicolor, Coriolus versicolor

**Merkmale:**

**Myzel:** Meist verborgen im Inneren des Holzes.

**Fruchtkörper:** Auffallend schöne braun-gelb-braun-rotbraun gestreifte Fruchtkörper, die dachziegel- oder rosettenartig geformt sind und das ganze Jahr hindurch gebildet werden. Zuwachsrand weiss.

**Entwicklungsbedingungen:**

Der Fruchtkörper kann sich während des ganzen Jahres bilden.

**Holzabbau:**

Befällt Laubholz, insbesondere Buchenholz.

Baut das Lignin ab.

**Vorkommen:**

Im Freien gelagerte Rundhölzer und Gartenmöbel aus Laubholz.

**Wirtschaftliche Bedeutung:**

Schwer abschätzbar.



Befallenes Bein eines Gartenstuhls aus Buche.

Abbildung 194: (Quelle: BFH)

### 7.3. Thermische Behandlung

Die Thermische Behandlung von Holz ist eine Technik, bei der das Holz durch Erhöhung der Temperatur bei kontrollierter Feuchtigkeit und Druck die Eigenschaften von Holz verändert und/oder verbessert werden. Dadurch kann Holz für bestimmte Anwendungen, wie beispielsweise Verpackung, für den Aussenbereich oder für Möbelerzeugnisse verwendet werden. Die thermische Behandlung von Holz kann auch dazu verwendet werden, die Farbe, den Glanz und die Textur des Holzes zu ändern.

#### 7.3.1. Behandlung ISPM15

Mit Verpackungsmaterial aus Rohholz sind in den letzten Jahren Holzschädlinge verschleppt worden, die eine Gefahr für die einheimischen Wälder darstellen.

Als vorbeugende Massnahme gegen diese Bedrohung haben viele Länder Quarantänebestimmungen erlassen. Zur Vereinheitlichung dieser Einfuhrvorschriften hat die FAO im März 2002 für den Versand von Verpackungen aus unverarbeitetem Holz den «International Standard for Phytosanitary Measures Nr. 15» (ISPM 15) erlassen.

Der Standard ISPM 15 beschreibt Massnahmen, welche das Risiko der Einschleppung von Holzschädlingen verringern sollen. Der Standard beinhaltet sowohl technische als auch organisatorische Normen (z.B. Registrierungspflicht).

Betroffenes  
Material

Der ISPM-Standard 15 schreibt vor, dass Verpackungen wie Kisten, Verschläge, Trommeln, Paletten sowie ähnliche Ladungsträger, die ganz oder teilweise aus unverarbeitetem Laub-/Nadelmassivholz<sup>6</sup> gefertigt sind, einer phytosanitären Behandlung unterzogen werden müssen. Zulässige Methoden sind die Hitzebehandlung (Kerntemperatur 56°C für 30 Minuten) oder die Begasung mit Methylbromid. In der Schweiz wird die Hitzebehandlung angewandt, Begasung ist verboten. Dies ist über ein Trocknungsverfahren (Zu-/Abluft etc.) oder durch Dämpfen möglich.

Technische  
Anforderungen

Unabhängig von der Hitzebehandlung darf nur sauberes Holz verwendet werden (keine Verschmutzung z.B. durch Erde), das frei von Rinde und Rinderesten sowie vom BAFU empfohlen frei von Bohrlöchern und weiteren Anzeichen eines Insekten- oder Pilzbefalls ist.

Für die Durchführung der Hitzebehandlung muss sichergestellt werden, dass:

- die vorhandene Behandlungskammer in der Lage ist, das Holz auf eine Kerntemperatur von 56°C für mindestens 30 Minuten zu erwärmen (Heat Treatment = HT-Behandlung).
- die Behandlungskammer ein Messgerät enthält, mit dem die Behandlungstemperatur im Holz gemessen und aufgezeichnet wird. Die Aufzeichnungen der HT-Behandlungen von Verpackungsholz müssen mindestens zwei Jahre aufbewahrt werden und jederzeit einsehbar sein.
- die Behandlungskammer periodisch einer technischen Funktionskontrolle durch eine vom BUWAL anerkannten Prüfstelle unterzogen wird. Der

<sup>6</sup> Verarbeitetes Holz = Holzprodukte aus Holzbestandteilen, welche während der Verarbeitung geleimt, erhitzt oder gepresst wurden (Spanplatten, Sperrholz, Furniere) sowie Holzwole und Sägemehl.

Prüfbericht wird dem Eidg. Pflanzenschutzdienst innerhalb einer Periode von jeweils 2 Jahren vorgelegt. Bei fehlender Prüfung oder fehlerhaftem technischen Zustand der Behandlungskammer, erlischt die Zulassung.

In der Nachfolgenden Tabelle sind exemplarische Behandlungszeiten anhand der Kammertemperatur aufgeführt.

Soll-Kammer-temperatur [°C] 21	Dicke [mm]						
	<20	>20 - 40	>40 - 60	>60 - 100	>100 - 160	>160 - 200	>200 - 250
Anfangstemperatur Holz $\geq 20^{\circ}\text{C}$							
65 <sup>1</sup>	2h	4h	6h	8h	10h	11h	12h
75	1h	2h	4h	5h	7h	8h	9h
Anfangstemperatur Holz $\geq 0^{\circ}\text{C}$ und $< 20^{\circ}\text{C}$							
65 <sup>1</sup>	3h	6h	9h	11h	13h	14h	15h
75	1h	3h	5h	7h	9h	10h	11h

<sup>1</sup> In einigen Ländern wird eine Mindest-Behandlungstemperatur von 70°C bzw. 74°C verlangt.

<sup>2</sup> Temperaturdifferenz zur Feuchttemperatur  $< 5^{\circ}\text{C}$

### 7.3.2. Thermische Holzmodifizierung

Die Charakteristik der thermischen Holzvergütung basiert auf der chemischen Veränderung der Zellwandbestandteile, welche erst bei sehr hohen Temperaturen zu erreichen ist. Verfahren mit dieser Zielsetzung werden unter dem Begriff Thermische-Holzmodifizierung (Thermally Modified Timber (TMT)) zusammengefasst. Allgemein startet der Prozess, nachdem das Holz eingeschnitten und kammergetrocknet wurde. Bei Normaldruck oder Überdruck in einem Medium (Dampf, Öl, Stickstoff) wird das Holz einer Hitzebehandlung bei 170...240°C unterzogen.

In den Zellwänden findet nun eine Veränderung der chemischen Zusammensetzung statt: Abbau von Hemizellulose (ab 140–150°C) und Cellulose (über 150°C) sogenannte OH-Gruppen, Abbau und teilweise Umbau des Lignins (Ligninkondensation), Austreiben flüchtiger Inhaltsstoffe (Harze etc.). Allerdings: mit steigender Behandlungsintensität, höheren Temperaturen, nimmt in der Regel die Festigkeit des Holzes im Zuge der Modifizierung ab. Es wird spröder und bricht leichter.

	Verfahrenstyp zur Thermischen Modifikation
1	Wasserdampf – Hitze-Verfahren / konventionelles Verfahren
2	Öl-Hitze-Verfahren / OHT
3	Vakuum-Press-Trocknungs-Verfahren

Physikalische und chemische Prozesse

Konventionelles Verfahren:

Das konventionelle Verfahren verläuft über 3 Phasen:

1. Erwärmungsphase: das Holz wird über einen Zeitraum von etwa 30 Stunden aufgewärmt und vorsichtig auf Behandlungstemperatur gebracht. Dem

Behandlungsraum wird der Sauerstoff entzogen und durch Einsprühen von Wasser eine Kernrissbildung minimiert.

2. Modifizierungsphase: die Behandlungstemperatur wird über eine Dauer von einigen Stunden (abhängig von Holzart, Holzstärke und gewünschter Behandlungsintensität) konstant gehalten. In dieser Phase werden die OH-Gruppen abgebaut.

3. Abkühlungsphase: dauert ebenso lange wie die Erwärmungsphase. Durch Einsprühen von Wasser wird das Holz an die spätere Ausgleichsfeuchte angeglichen.

## 2. OHT= Oil Heat Treatment

Das OHT-Verfahren durchläuft wie in den anderen Prozessen die drei Phasen Aufwärmen, Modifizieren und Abkühlen mit ähnlicher Zeitspanne wie im konventionellen Verfahren.

Bei dieser Methode wird das Holz jedoch in Rapsöl bei Temperaturen über 200° C in einem Druckkessel erhitzt. In der Aufwärmphase wird der befüllte OHT-Kessel fast vollständig mit vorgewärmtem Rapsöl geflutet. Nach Erreichen der Behandlungstemperatur beginnt die Modifizierungsphase. Nach der Modifizierungsphase wird das heiße Rapsöl in den Vorwärmer zurück gepumpt. Das Holz wird noch im Kessel abgekühlt und anschliessend herausgefahren.

Dieses Verfahren ist sehr aufwändig ohne nennenswerten Vorteil und wird hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt.

## 3. Vakuum-Press-Trocknungs-Verfahren (Vacu<sup>3</sup>)

Das Schnittholz wird, im Unterschied zum konventionellen Verfahren, zwischen beheizbaren Platten gestapelt. Diese werden nach Anlegung eines Vakuums erwärmt. Über ein Airbag-System wird Pressdruck aufgebracht, um die Wärmeübertragung zu verbessern. Als Nebeneffekt wird dadurch das Verwerfen der Bretter reduziert.



Abbildung 195: Thermoholzanlage (Quelle: Balz Holz AG)



Der weitere Ablauf vollzieht sich ähnlich dem der konventionellen Behandlung. Im Vacu<sup>3</sup> Verfahren ergeben sich jedoch folgende Vorteile:

Kontaktwärmeübertragung mittels Heizplatten

- sehr homogene technische Eigenschaften über den gesamten Querschnitt
- hohe Energieeffizienz durch Kontaktwärmeübertragung direkt auf das Werkstück, dadurch besonders umweltschonender Thermo-Prozess
- kurze Behandlungszeiten durch direkte Wärmeübertragung
- die Bruchschlagstabilität des Holzes ist höher als bei anderem Thermoholz

Behandlung im Vakuum

- Wasser verflüchtigt sich bereits bei 54°C – Vortrocknung sehr schonend und schnell
- entstehende Schadstoffe werden während des gesamten Prozesses abgesaugt (AgBB Zertifikat für Innenraumprodukte vorhanden)

Prozesssteuerung über Sensoren

- der Zeitpunkt der Darrtrockenheit kann exakt ermittelt werden
- Darrtrockenheit ist die Voraussetzung für eine optimale thermische Behandlung und die Garantie für eine perfekte Reproduzierbarkeit der Produkte

Pressdruck bis zu 70 t

- die Wärmeübertragung wird durch Pressdruck auf den gesamten Stapel deutlich gesteigert
- das Holz wird glatt «gebügelt» – kein Verwerfen oder Schüsseln während des Prozesses. Hierdurch wird die Ausbeute beim Hobeln bis zu 20% gesteigert.

Während des kontrollierten Modifikationsprozesses, der mit diesen Verfahren erhalten wird, treten mehrere Umwandlungen auf:

Eigenschaften von  
Thermoholz

- Dimensionsstabilität (Verringerung der Schwind- und Quellmasse)
- Erhöhte Dauerhaftigkeit
- Dunklere Farbtönung
- Reduzierung des pH-Wertes
- Reduzierte Ausgleichsfeuchte
- Abnahme der Biegefestigkeit
- Rauchiger Geruch
- Bildung freier Teermoleküle im Holz
- Wärmeleitfähigkeit um 10–30% reduziert
- Reduzierte Rohdichte



Abbildung 196: Esche thermo - nativ (Quelle: Balz Holz AG)

Dauerhaftigkeit von TMT gegen holzzerstörende Pilze

Thermisch modifiziertes Holz (TMT) hat eine erhöhte Dauerhaftigkeit gegen holzzerstörende Pilze. Diese beruht hauptsächlich auf dem Abbau von Holzbestandteilen, vor allem Hemicellulosen (Holzzucker), und niedrigeren, im Mittel um etwa 50 % verringerten Gleichgewichtsfeuchten. Trotz der verringerten hygroskopischen Gleichgewichtsfeuchte ist eine kapillare Wasseraufnahme möglich. Daher kann TMT bei längerfristiger oder ständiger Befeuchtung unter ungünstigen Bedingungen durch holzzerstörende Pilze angegriffen werden.

EN 350-2 enthält Angaben zur natürlichen Dauerhaftigkeit von Holzarten mit besonderer Bedeutung für Europa; modifizierte oder anderweitig behandelte Hölzer sind hier nicht aufgeführt. Die Anforderungen an die Dauerhaftigkeit, z.B. aus EN 460 oder DIN 68800, sind jedoch sinngemäss auch auf modifizierte Hölzer anzuwenden.

Bisher beruhen Dauerhaftigkeitsangaben zu TMT meist auf Laborprüfungen. Die ermittelten Dauerhaftigkeiten für TMT konnten zum Teil in Freilandprüfungen bestätigt (Plaschkies, 2010) und so nach DIN 350-2 klassifiziert werden.

Tabelle 8: Klassifikation der natürlichen Dauerhaftigkeit gegen holzzerstörende Pilze nach DIN 350-2

Dauerhaftigkeitsklasse	Holzart
1 - sehr dauerhaft	Accoya, Teak, Ipé, <b>Thermoesche</b> , Massaranduba
2 - dauerhaft	Bangkirai, <b>Thermofichte</b> , <b>Thermokiefer</b> Robinie
3 - mässig dauerhaft	Sibirische Lärche, Garapa, Douglasie
3-4 - wenig dauerhaft bis mässig dauerhaft	Europäische Lärche, europ. Douglasie
4 - wenig dauerhaft	Tanne, Fichte, Ulme, amerik. Roteiche
5 - nicht dauerhaft	Esche, Buche, Birke, Ahorn, Erle, Pappel

Je nach Holzart, Verfahren und Behandlungsintensität werden bei TMT verschiedene Dauerhaftigkeitsklassen erzielt. Bei gleicher Behandlungsintensität werden bei Laubhölzern höhere Dauerhaftigkeiten als bei Nadelhölzern erreicht. TMT aus Laubhölzern findet sich meist in den Klassen 1 und 2, TMT aus Nadelhölzern in den Klassen 2 und 3.

Dauerhaftigkeit von TMT gegen holzverfärbende Pilze

Gegenüber nativem Holz ist bei TMT das Risiko eines Befalls mit holzverfärbenden Schimmel- und Bläuepilzen geringer bzw. das Wachstum weniger intensiv. Jedoch kann bei ungünstigen Bedingungen ein Befall nicht ausgeschlossen werden, handelt es sich doch auch bei TMT um ein organisches Substrat ohne biozide Inhaltsstoffe und mit einem gewissen, wenn auch geringen, Feuchtegehalt.

Dauerhaftigkeit von TMT gegen holzerstörende Insekten

Wie verschiedene Untersuchungen zeigten, hat TMT eine erhöhte Resistenz gegen holzerstörende Insekten, wie Bockkäfer oder Anobien, die das Holz als Brut- und Fresssubstrat nutzen. Gegenüber Termiten konnte bisher allerdings keine erhöhte Resistenz festgestellt werden.

### 7.3.3. Dämpfen

Zweck

Dämpfen (Plastifizieren) ist das Erweichen des Holzes durch Wärmeeinwirkung für den nachfolgenden Arbeitsgang, z.B. Biegen. Als Wärmeträger wird Sattdampf oder Warmwasser (ungefähr 90°C) verwendet. Sattdampf wird entweder erst in der Grube durch Beheizen eines Wasserbades erzeugt oder unmittelbar in die Grube eingeblasen. Neben der Erweichung durch Wärme- und Feuchtigkeitseinwirkung lockert sich auch die Rinde. Der Arbeitsgang dauert je nach Holzart zwischen ca. 0,8...1,5h je Zentimeter Stammdurchmesser.

Das Dämpfen wird für die Furnierherstellung, zum Biegen von Holz, zum Verfärben von Holz z.B. Buche und zur Herstellung von Faserplatten eingesetzt. Man unterscheidet in Dämpfgruben und Dämpfkammern, sowie in die Sonderform, die Dampfhaube für das Dämpfen von Fassdauben.

Dämpfen von Holz

Beim direkten Dämpfen wird am Boden der verschlossenen Dämpfkammer oder Dämpfgrube niedrig gespannter Dampf (meist entölter Abdampf) eingeleitet, ohne das Holz zu treffen. Das Holz wird durch den aufsteigenden Dampf allseitig und gleichmässig umspült. Beim indirekten Dämpfen (siehe Bild rechts unten) wird der Dampf in einem Wasserbehälter (8) am Boden der Dampfgrube erzeugt, indem das darin befindliche Wasser durch Heizrohre (7), die vom Abdampf oder Heisswasser durchströmt werden, erhitzt wird und verdampft. Dieses indirekte Dämpfen ist für das Holz schonender, da der Dampf nicht nur an einigen Stellen ausgeblasen wird.

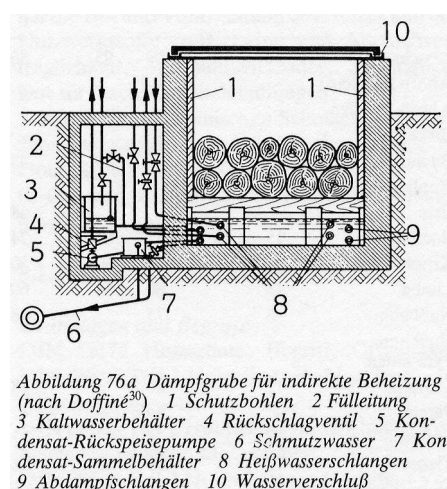
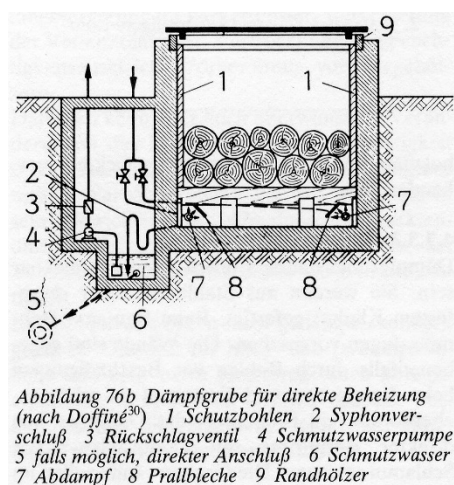


Abbildung 197: Direktes Dämpfverfahren (links) und indirektes Dämpfverfahren (Quelle: Hildebrand Holztechnik GmbH / Brunner Trockentechnik GmbH)



Das direkte Verfahren eignet sich eher im industriellen Massstab für Massenware und das indirekte ist öfter für Edelholz in Gebrauch, beide Dämpfverfahren bieten somit ihre individuellen Vor- und Nachteile einige sollen in der untenstehenden Tabelle aufgezeigt werden.



Abbildung 198: direktes Dämpfverfahren (Quelle: HedingerHolz AG)

Tabelle 9: Vor- und Nachteile der Dämpfverfahren (nach Doffiné)

Vorteile

Direktes Dämpfen	Indirektes Dämpfen
Einfachere Anordnung der Rohrleitungen	Besondere milde Holzbehandlung, damit geringstmögliche Schäden
Ausnutzbarkeit von Abdampf mit geringstem Druck	Möglichkeit der Kondensatrückgewinnung; daher gute Wirtschaftlichkeit
Schnellere wirksame Regelung	Keine Schwierigkeiten bei Kondensatabführung
	Dampf braucht nicht ölfrei zu sein



	Möglichkeit des Anschlusses an Hochdruck-Heisswasseranlagen, damit besondere Wirtschaftlichkeit
--	---

#### Nachteile

Sorgfältigere Überwachung notwendig, um Schäden am Holz zu vermeiden	Höherer Dampfdruck
Kondensatrückgewinnung nicht möglich, daher wärmewirtschaftlich ungünstig	Rohrleitungen umfangreicher und kostspieliger
Dampf muss völlig ölfrei sein, schwer zu erzielen	Träge Regelung
Abwassermenge gross	Schadstoffkonzentration des Abwassers hoch

#### Dampfverbrauch

Dieser ist von sehr vielen Faktoren abhängig, folgende Richtwerte können aber angesetzt werden:

- Direkte Dämpfung: 10–15 kg/h und umbautem m<sup>3</sup>
- Indirekte Dämpfung: 7–11 kg/h und umbautem m<sup>3</sup>

Bei Rund- und Schnittholz kann mit 15–25 kg pro m<sup>3</sup> Holz und Stunde gerechnet werden

Für Biegeteile kann sich dieser Wert bis auf 100 kg/m<sup>3</sup> erhöhen.

#### Dämpfzeiten

Diese sind hauptsächlich abhängig von der Rohdichte des Holzes, sowie dem Durchmesser des Abschnittes. Durch eine Wasserlagerung vor dem Dämpfen, können die Dämpfzeiten um bis zur Hälfte verkürzt werden; sind Farbveränderungen erwünscht, so ist häufig mit der 1,5 bis 2 fachen Dämpfzeit zu rechnen. Als Faustformel kann gelten (Lohmann, 1991)

$$\text{Bei } p_0 = 0.5 \quad t = \frac{1}{2} D^2$$

$$\text{Bei } p_0 = 0.64 \quad t = \frac{2}{3} D^2$$

#### Kochen

Beim Kochen (Heisswasser -Vorbehandlung) wird in Kochkesseln oder Kochtanks aus Metall (kleine Holzabmessungen - Schälholz) oder in Kochgruben aus Beton, das Furnierholz in heissem Wasser (60...80°C) untergetaucht "gekocht". Dabei wird es unter Wasseraufnahme aufgeweicht. Dieses Verfahren wird jedoch wegen des grossen Energie- und Wasserverbrauchs nur selten und nur bei wertvollen Hölzern angewendet.

Durch das Dämpfen und Kochen ist das Holz leichter zu bearbeiten, wobei das Kochen im Vergleich zum Dämpfen eine grössere Veränderung des Holzes bewirkt.

Durch Dämpfen wird bei verschiedenen Hölzern der natürliche Farbton unerwünscht oder erwünscht verändert. Beim Kochen ist die Farbtonveränderung geringer. Hölzer, die sich nicht verfärben dürfen, werden längere Zeit in kaltem

Wasser gelagert, wodurch sie eine gewisse Plastizität erhalten. Eine durch die Wärme beim Dämpfen und Kochen verursachte Veränderung des physikalischen und chemischen Zustandes findet jedoch nicht statt.

Zusammengefasst können folgende Gründe fürs Dämpfen genannt werden:

- Ausgleichen von Spannungen im Holz
- Erzielen einer gleichmässigen Farbe (Farbveränderung)
- Anpassen der Splintfarbe an Kernfarbe
- Auslaugen von Säften und Beschleunigen der Trocknung
- Abtöten von Insekten und Pilzen
- Holz kann geformt werden nach dem Dämpfen (Biegen)
- Furnierherstellung (Schälen und Messern)

#### 7.4. Chemische Behandlung von Schnittholz

Guter konstruktiver Holzschutz und die Wahl geeigneter Hölzer reichen nicht immer aus, um Holz vor Schäden durch Pilze und Insekten zuverlässig zu schützen. Je nach Anwendungsbereich ist es ratsam beziehungsweise notwendig, verbautes Holz mit Holzschutzmitteln zu schützen. Holz mit dauerndem Erd- oder Wasserkontakt muss in aller Regel mittels Druckimprägnierung geschützt werden, wenn eine lange Gebrauchsdauer gewünscht wird.

«So wenig chemischer Holzschutz wie möglich, soviel wie notwendig.»

Die Risiken eines Befalls sind, je nach Anwendungsort, unterschiedlich gross. Um die notwendigen Massnahmen gegen einen Befall ergreifen zu können, müssen die Risiken bekannt sein. Diese ergeben sich aus dem Verwendungsort beziehungsweise dem Mikroklima, dem ein bestimmtes Bauteil ausgesetzt ist und der Art, wie das Bauteil verbaut ist.

Auch der Querschnitt des Holzes spielt eine Rolle. Grosse Querschnitte werden wegen den hygroskopischen Eigenschaften des Holzes an der Witterung im Innern immer feuchter. Sie müssen deshalb vor direkter Bewitterung konstruktiv geschützt oder, wenn das nicht möglich ist, vorbeugend gegen den Befall von Pilzen und Insekten geschützt werden. Auch eine wasserabweisende Oberflächenbehandlung kann in bestimmten Situationen zielführend sein. Flüssiges Wasser muss rasch abfliessen können und darf nicht vom Holz kapillar aufgenommen werden. So werden bewitterte Holzbauteile oft auch abgeschrägt und es werden Tropfkannten ausgebildet, damit das Wasser möglichst kurzen Kontakt mit dem Holz hat.

Je nach Einbausituation ist das Holz unterschiedlich stark gefährdet von Pilzen und Insekten befallen zu werden. Um diese Situationen oder Einbauorte an Gebäuden einschätzen zu können, wurde die EN 335 geschaffen. Sie beschreibt verschiedene Nutzungssituationen und gilt für Vollholz und Holzprodukte.

Gemäss EN 335 werden die verschiedenen Einbauorte und somit die Risiken in die Gebrauchsklassen 1–4 eingeteilt. Eine fünfte Klasse betrifft Hölzer, die dem Meeresmilieu ausgesetzt sind. Die Schweiz ist daher nicht betroffen.

In der Schweiz verwenden wir auch die Gebrauchsklasse 0, welche eine Situation darstellt, in der keine Gefährdung durch Pilze oder Insekten besteht (dauernd beheizte Innenräume).

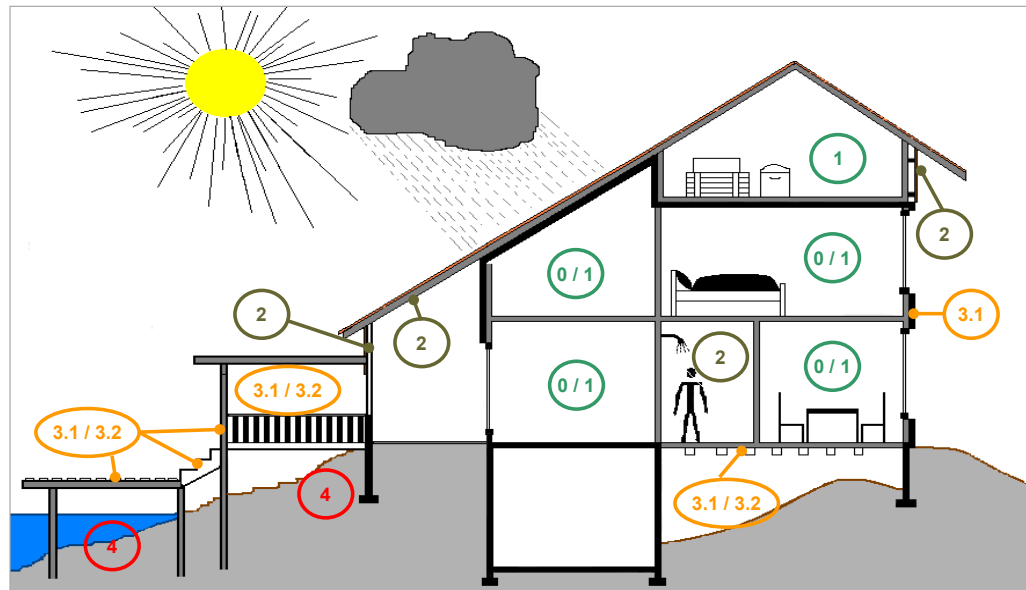


Abbildung 199: Gebrauchsklassen nach EN 335:2013, ergänzt mit der CH-Gebrauchsklasse 0, dargestellt an einem Bauwerk (Quelle: BFH)

Je nach Gebrauchsklasse sind unterschiedliche Gefährdungen zu erwarten. Daraus werden die entsprechenden Holzschutzmassnahmen abgeleitet. In der Tabelle 10 sind die Klassen und die Gebrauchsbedingungen erläutert und empfohlene Massnahmen aufgeführt.

Diese Angaben sind nur Richtwerte. Je nach klimatischer Situation vor Ort können die Bedingungen auch abweichen. Die effektiven Massnahmen sind deshalb in einem spezifischen Holzschutzkonzept durch gut ausgebildete Fachpersonen festzulegen.

Tabelle 10: Gebrauchsklassen (GK) bei verbautem Holz und empfohlene Schutzmassnahmen  
(Berner Fachhochschule, Architektur, Holz und Bau, 2009), (SN EN 335:2013)

GK	Anwendungsbereich Allgemeine Gebrauchsbedingungen und Holzfeuchte	Art der Gefährdung	Empfohlene Massnahmen	
			Variante 1 Ohne chemi- schen Holz- schutz. Natürliche Dauerhaftigkeit der Holzart <sup>1)</sup>	Variante 2 Mit chemi- schem Holz- schutz. Wirksamkeit <sup>2)</sup> und Eindringtiefen- klasse (NP) <sup>3)</sup>
0/1	Bauelemente in zentral beheizten oder in ungeheizten Räumen. Dauernd trocken. Holzfeuchte 10–18%	Keine (Selten holzerstörende Insekten.)	1, 2, 3, 4, 5	Keine (Eventuell Iv, NP1)
2	Holzelemente in Nassräumen. Im Aussenbereich vor direkter Witte- rung geschützt. Risiko einer kurzfristigen Befeuch- tung ist vorhanden. Relative Luftfeuchte teilweise über 70%. Holzfeuchte kann gelegentlich und kurzfristig über 20% ansteigen.	Insektenbefall. Befall durch holzverfär- bende Pilze (Bläuepilze, Schimmelpilze). Holzerstörende Pilze unter ungünstigen Be- dingungen möglich.	1, 2, 3, (4), [5] Wenn schlecht kontrollierbar und grössere Querschnitte 1, 2	B Wenn schwer kontrollierbar P, Iv NP1 In bewohnten Innenräumen keine HSM-Be- handlung.
3	Aussenbereich, ohne Erdkontakt, der Witterung ausgesetzt. Holzfeuchte häufig über 20%.			
3.1	Kleine Querschnitte im Freien. (Fassaden, Verkleidungen, Zaunlat- ten) Wasser kann immer wieder abflies- sen, beispielsweise durch schräge Flächen. Holz kann immer wieder austrock- nen.	Geringe Gefahr, sofern das Wasser abfliessen kann. Insekten Bläuepilze (Sekun- därbläue) Schimmelpilze Verwitterung	1, 2, (3), [4], {5}	P, Iv, evtl. B Evtl. W bei di- rekter Bewitte- rung. NP1 – NP3
3.2	Mittlere bis grosse Querschnitte im Freien (Konstruktionshölzer; Fenster und Fensterläden). Holz kann im Innern dauernd feucht bleiben. Holzfeuchte dauernd über 20%.	Insekten Bläuepilze Schimmelpilze Verwitterung Braun- und Weissfäule	1, 2, [3], {4}	P, B, Iv, W NP2 ev. NP1
4	Masten, Schwellen, Pfosten, Holz im Wasser, Unterböden, Uferbauten Im Kontakt mit Erde oder Wasser. Holzfeuchte ständig über 20%	Insekten Bläuepilze Verwitterung Braun- und Weissfäule Moderfäule Bakterien	1, [2], {3} D	P, Iv, W, E (je nach Ein- satzbereich) NP3 bis NP6



**Legende Empfohlene Schutzmassnahmen:**

1) Variante 1: Klassierung der natürlichen Dauerhaftigkeiten siehe Tabelle 5 weiter oben.

2) Wirksamkeit siehe Tabelle 11 weiter unten.

3) Eindringtiefenklasse gemäss SN EN 351-1:2007, siehe Tabelle 6 weiteroben.

( ) = Die natürliche Dauerhaftigkeit ist üblicherweise ausreichend, aber unter ungünstigen Bedingungen (Anwendungsform, Detailausbildung, Klima, Exposition usw.) kann ein chemischer Holzschutz empfehlenswert sein.

[ ] = Die natürliche Dauerhaftigkeit kann bei günstigen Bedingungen (Anwendungsform, Detailausbildung, Klima, Exposition usw.) oder bei beschränkter Nutzungsdauer ausreichend sein. Andernfalls ist ein chemischer Holzschutz notwendig.

{ } = Nur bei kurzer Nutzungsdauer (max. 5 - 10 Jahre) oder bei besonders günstigen Bedingungen (Anwendungsform, Klima, Exposition usw.) kann die natürliche Dauerhaftigkeit ausreichend sein. Ein chemischer Holzschutz ist üblicherweise erforderlich.

Je nach Belastung und Anforderung an das Bauteil muss die Aufnahme des Schutzmittels kleiner oder grösser sein. Sie reicht von reinem Oberflächenschutz bis hin zur vollständigen Durchtränkung. Dies hängt einerseits von der Holzart ab und andererseits von der Methode der Schutzmittelbehandlung und dem verwendeten Holzschutzmittel.

Im Schweizerischen Holzschutzmittelverzeichnis wird die Wirksamkeit der zugelassenen Holzschutzmittel mit Kurzzeichen gekennzeichnet. Diese Kennzeichnung ist in den DACH<sup>7</sup>-Ländern üblich.

Tabelle 11: Kurzzeichen der Wirksamkeit (Wirkenspektrum) mit der entsprechenden Anwendung von Holzschutzmitteln. (Schwarze & Hach, 2018)

Kurzzeichen des Wirkenspektrums	Anwendung mit Wirkung und Anwendung
<b>Vorbeugend</b>	
<b>Bs</b>	Wirkt vorbeugend gegen Bläuepilze (Primärbläue am Schnittholz) sowie oberflächliche Schimmelpilze auf sägefrischem, gegen Witterung geschütztem Schnittholz.
<b>B</b>	Wirkt vorbeugend gegen Bläuepilze an Bauholz. Gegen Verblauung an verarbeitetem Holz wirksam.
<b>lv</b>	Wirkt vorbeugend gegen holzerstörende Insekten in Bauholz (Angabe der geprüften Insektenart: Hausbock, Nagekäfer, Splintholzkäfer).
<b>P</b>	Wirkt vorbeugend gegen holzerstörende, Braunftäule verursachende Pilze auf Bauholz (Zusatzangabe, falls auch wirksam gegen Weissfäule verursachende Pilze).
<b>W</b>	Geeignet für Bauholz, welches dauernd der Witterung ausgesetzt ist, jedoch nicht in ständigem Erd- oder Wasserkontakt steht.
<b>E</b>	Wirkt vorbeugend gegen Braun-, Weiss- und Moderfäule verursachende Pilze in und an Bauholz, welches extremer Feuchtebeanspruchung ausgesetzt ist (in ständigem Erd- oder Wasserkontakt sowie bei Schmutzablagerungen in Rissen und Fugen).

<sup>7</sup> DACH steht für Deutschland, Österreich und die Schweiz.

Bekämpfend	
<b>lb</b>	Wirkt schnell bekämpfend gegen holzerstörende Insekten in Bauholz (Angabe der geprüften Insektenart: Hausbock, Nagekäfer, Splintholzkäfer).
<b>M</b>	Bekämpfung von Hausschwamm im Mauerwerk.

Für einen erfolgreichen Schutz muss also abgeklärt werden, welche Gefahr besteht und so das entsprechende Holzschutzmittel und das richtige Holzschutzverfahren ausgewählt werden.

Diese Tätigkeit verlangt grosse Sachkenntnis und eine gute Zusammenarbeit zwischen Sägereien, Imprägnierwerken und den verarbeitenden Betrieben.

#### 7.4.1. Holzschutzmittel

Als Holzschutzmittel gelten gemäss Biozidprodukteverordnung alle Produkte zum Schutz von Holz oder Holzzeugnissen gegen Befall durch holzerstörende oder die Holzqualität beeinträchtigende Organismen, ab dem Einschnitt im Sägewerk.

Holzschutzmittel sind Produkte, die Wirkstoffe (Biozide) gegen Holz bewohnende Pilze (Fungizide) oder Insekten (Insektizide) enthalten.

Diese Produktart umfasst sowohl Präventivprodukte, zur vorbeugenden Behandlung von Holz, als auch Kurativprodukte, welche für die Bekämpfung von holzbewohnenden Pilzen und Insekten eingesetzt werden.

##### Eigenschaften Präventivprodukte:

- Gutes Eindringen ins Holz
- Gute Fixierung und Dauerhaftigkeit
- Geringes Verdampfen; kein Auswaschen, kein photochemischer Abbau

##### Eigenschaften Kurativprodukte:

- Gutes und schnelles Eindringen ins Holz
- Schnelles Abtöten des Schadorganismus

Art des Wirkstoffs  
oder der Zubereitung

Holzschutzmittel können nach den physikalisch-chemischen Eigenschaften ihrer Wirkstoffe in fünf Kategorien gemäss Tabelle 12 eingeteilt werden. Über die Wirkstoffe eines bestimmten Mittels kann man sich im Verzeichnis der für den Holzschutz zugelassenen Substanzen informieren. Alle zugelassenen Wirkstoffe sind zudem im Anhang der Biozidprodukteverordnung zu finden.

Tabelle 12: Einteilung der Wirkstoffe nach ihren physikalisch-chemischen Eigenschaften

Wirkstoff	Beschreibung
Wasserlöslich	Wässrige oder wasserverdünnbare Holzschutzmittel (z.B. bestimmte Salze oder Salzmischungen)
In organischem Lösemit- tel löslich	Lösemittelhaltige Holzschutzmittel
Emulsion	Unlösliche Wirkstoffe als Emulsion im Wasser
Teeröle (Kreosot)	Destillat aus Steinkohleteer. Kanzerogen. (Verwendung be- schränkt gemäss der ChemRRV, Anhang 2.4)
Gas	Sehr giftige Gase. Darf nur als bekämpfendes Mittel und braucht eine spezielle Fachbewilligung.

Für die berufliche und/oder gewerbliche Verwendung muss mindestens eine Person im Betrieb über eine **Fachbewilligung zur Verwendung von Holzschutzmitteln** verfügen. Personen ohne Fachbewilligungen dürfen nur nach Anweisung und unter Aufsicht der Person mit der Fachbewilligung eine Behandlung mit Holzschutzmitteln durchführen.

Beim Umgang mit Holzschutzmitteln gelten die gleichen Vorschriften und Regeln, wie beim Behandeln von Rundholz mit Pflanzenschutzmitteln (siehe Kapitel Rundholz und Schadorganismen).

Vor dem Durchführen der Behandlung müssen Sie immer das technische Merkblatt und das Sicherheitsdatenblatt des Produkts zu konsultieren und es muss abgeklärt werden, ob das Holzschutzmittel zugelassen ist.

Die aktuell in der Schweiz zugelassenen Holzschutzmittel sind im öffentlichen Produktregister Chemikalien (RPC) online einsehbar ([www.rpc.admin.ch](http://www.rpc.admin.ch)). Dort können zusätzlich Angaben zur Kennzeichnung und die Wirkstoffkonzentration abgefragt werden.

Konsultieren Sie für die Vorbereitungen auch den Teil 1 des schweizerischen Holzschutzmittelverzeichnisses. Literaturliste: (Schwarze & Hach, 2018). Weitere Informationen und Download des Schweizerischen Holzschutzmittelverzeichnisses:

[www.lignum.ch](http://www.lignum.ch) > Holz A-Z > Holzschutz

#### 7.4.2. Lagerung und Entsorgung von Holzschutzmitteln und behandelten Produkten

Für die Lagerung und Beseitigung der Holzschutzmittel sind besondere Vorschriften einzuhalten. Das Gewässerschutzgesetz (Artikel 22), die Gewässerschutzverordnung (Artikel 32, 32a und Anhang 4 Ziffern 221, 222 und 223) sowie die Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (Anhang 2.4) enthalten hauptsächlich die einzuhaltenden Bestimmungen.

Lagerung der Holzschutzmittel

Bezüglich der Lagerung der Holzschutzmittel sind die folgenden Punkte zu beachten:

- Die Chemikalien müssen auf übersichtliche und klare Art, in Verpackungen, die den Vorschriften entsprechen, abseits anderer Waren wie Lebensmittel, Futtermittel oder therapeutischer Mittel, gelagert werden.
- Chemikalien, die miteinander reagieren und somit gefährlich werden könnten, müssen separat voneinander gelagert werden. Auf den Sicherheitsdatenblättern befinden sich Informationen über potenzielle Gefahren.
- Alle die besonders gefährliche Mittel lagern, müssen darauf achten, dass diese für nicht berechnigte Personen nicht zugänglich sind.

Meldepflicht

Werden Lageranlagen mit wassergefährdenden Flüssigkeiten erstellt, geändert oder ausser Betrieb gesetzt, so müssen die Anlageinhaber dies gemäss Artikel 22 Absatz 5 GSchG dem Kanton nach dessen Anordnungen melden. Davon ausgenommen sind Anlagen, welche die Gewässer nicht oder nur in geringem Masse gefährden können (Artikel 22 Absatz 7 GSchG).

Bewilligungspflicht

Gemäss Artikel 32 GSchV ist in den besonders gefährdeten Bereichen ( $A_u$ ,  $A_o$ ,  $Z_u$  und  $Z_o$ ) eine Bewilligung erforderlich für:

- > 2000 Liter je Lagerbehälter für wassergefährdende Flüssigkeiten, die in kleinen Mengen Wasser verunreinigen können.

Lagerung von Holzschutzmitteln und Grundwasserschutzzonen:

- In Grundwasserschutzzonen S3 sind Lagerbehälter mit wassergefährdenden Flüssigkeiten mit mehr als 450 l Nutzvolumen je Schutzbauwerk nicht zulässig.
- In Grundwasserschutzzonen S1, S2 und  $S_h$ , sowie in Grundwasserschutzzonen sind Lagerbehälter mit wassergefährdenden Flüssigkeiten nicht zulässig.

Entsorgung der Holzschutzmittel

Um die Holzschutzmittel richtig zu beseitigen, ist zwischen den folgenden drei Kategorien zu unterscheiden:

Tabelle 13: Art der Holzschutzmittelverpackung und Entsorgungsstelle

Verpackung der Holzschutzmittel	Entsorgung
ursprüngliche Verpackung (noch im Handel)	Hersteller (gegen Transportkosten)
Geöffnet mit Originalinhalt	Hersteller (gegen Kostenübernahme / gratis in Kleinmengen)
Geöffnet mit vermischtem Inhalt	Fachunternehmen mit Bewilligung (mit Abfallcode, kostenpflichtig)



### 7.4.3. Vorbereiten von Holz für die Behandlung mit Holzschutzmitteln

Mit dem gezielten Behandeln von Holz mit Holzschutzmitteln kann eine Verlängerung der Lebensdauer eines Holzbauteils ermöglicht werden. Oder es verhindert den Befall mit einem holzverfärbenden Pilz und die natürliche Holzfarbe kann erhalten werden.

Das kann aber nur gewährleistet werden, wenn das Bauteil im eingebauten Zustand auch rundum mit dem entsprechenden Schutz versehen ist. Nachträgliche Bearbeitungen stören diesen Schutzmantel und führen oft zu frühzeitigem Versagen.

Daher müssen alle Bearbeitungen, wenn immer möglich, vor einer Behandlung mit einem Holzschutzmittel erfolgen. Müssen trotzdem nach der Behandlung Bearbeitungen gemacht werden, sind diese mit einem gleich wirksamen Holzschutz nachzubehandeln. Insbesondere bei druckimprägniertem Holz ist das nahezu unmöglich, da mit einem handwerklichen Verfahren (streichen, rollen, spritzen) die notwendigen Eindringtiefen nie erreicht werden.

In diesem Zusammenhang gilt auch zu beachten, das behandelte Holz als Sonderabfall zu entsorgen ist (siehe Kapitel 7.4.5 Entsorgung von behandeltem Holz). Mit einer gut geplanten und durchgeführten Holzschutzmittelbehandlung können also auch Kosten eingespart und die Umwelt geschont werden.

### 7.4.4. Verfahren zur Holzschutzmittelbehandlung

Wir unterscheiden zwischen eher handwerklichen Verfahren wie Streichen und rollen, Spritzen mit einem Spritzgerät und Tauchen und industriellen Verfahren wie Sprühtunnel, Trogtränkung und Druckimprägnierung.

Handwerkliche  
Verfahren

Mit den handwerklichen Verfahren lässt sich nur ein Randschutz mit wenig Eindringtiefe erzielen. Mit streichen, rollen und spritzen maximal NP1. Mit dem Tauchen bei gut tränkbaren Holzarten maximal NP2.

Industrielle  
Verfahren

Industrielle Verfahren, wie Sprühtunnel und Trogtränkung erlauben in der Regel eine gleichmässige Behandlung. Da auch hier drucklos gearbeitet wird, kann ebenfalls maximal eine Eindringtiefe der Klasse NP2 erreicht werden.

Druckimprägnierung

Wenn die Eindringtiefe höher als NP2 sein soll, wird das Holz druckimprägniert.

Bei der Behandlung ist zu beachten, dass nicht alle Holzschutzmittel für jede Behandlungsart zugelassen oder geeignet sind. Diese Informationen können dem technischen Merkblatt entnommen werden (siehe dazu das Beispiel).

# BLÄUESCHUTZ MV50I 2168-00

## Beschreibung

Produktbeschreibung	BLÄUESCHUTZ MV50I ist ein wasserverdünnbares, farbloses Holzschutzmittelkonzentrat zur Anwendung mittels Oberflächenapplikation mit vorbeugender temporärer Wirkung gegen holzverfärbende Pilze in sägefrischem Schnittholz sowie gegen Insekten. Es handelt sich um ein industrielles Produkt, welches durch Spritzapplikation oder Tauchverfahren aufgetragen wird und nur durch berufliche Verwender angewandt werden darf. Das Produkt wird als Konzentrat geliefert und muss mit Wasser verdünnt werden.
Rohstoffbasis / Bindemittelbasis / Wirkstoff	500.0 mg/g (50.0%) Didecylpolyoxyethylammoniumborat; 0,3 mg/g (0,03%) Fenoxycarb
Anwendungsgebiet	Frisch gesägtes Schnitt- und Bauholz, Dachlatten etc.
Zertifikate / Label	Eidgenössische Zulassungsnummer: CHZN4624
Farbtöne	Farblos

## Technische Daten

Technische Daten	Produkt	
Sicherheitsdatenblatt	21680400	
Dichte (20°C)	1.010	g/cm³
Festkörpergehalt	54	± 1 Gew.-%
Lagerfähigkeit bei 20 °C in gut verschlossenen Originalgebinden	max. 60 Monate	
Die Daten gelten für: farblos. Technische Daten können je nach Farbton oder Glanzgrad abweichen		




		<u>Eigenschaften:</u> BLÄUESCHUTZ MV50I ist ein Konzentrat, mit dem bei fachgerechter Anwendung eine Schimmel- und Bläuebildung vermieden werden kann. Eine Gewährleistung kann jedoch nicht übernommen werden, da die Möglichkeit der Bläue- und Schimmelbildung in erster Linie von den oben beschriebenen Faktoren abhängig ist.
	Streichen	Nein
	Rollen	Nein
	Weitere Hinweise	Beste Resultate werden durch zweimaliges Tauchen des frisch gesägten Schnitt- und Bauholzes erreicht. Das Tauchbecken muss mit einem chemikalienbeständigen Anstrich geschützt sein (z.B. 2K-Epoxidharz). Die Beständigkeit der Beschichtung gegen BLÄUESCHUTZ MV50I ist vor

Abbildung 200: Ausschnitte aus dem technischen Merkblatt des Holzschutzmittels BLÄUESCHUTZ MV50I 2168-00 (Quelle: Teknos)

Streichen / Rollen

Anstriche bewirken nur einen Oberflächenschutz. Das Schutzmittel dringt auch bei mehrmaligem Auftragen (mindestens zweimal) nicht sehr tief ins Holz ein.

Spritzen / Sprühen

Das Schutzmittel wird mithilfe von handgeführten Spritzgeräten oder in einem Sprühtunnel auf das Holz aufgetragen.



Abbildung 201: Sprühtunnel für den Auftrag von Imprägnierungen (Quelle: Neumann GmbH)

#### Tauchtränkung

Beim Tauchen schwimmt das Holz auf bzw. im Holzschutzmittel. Zur allseitigen Behandlung muss das Holz von Zeit zu Zeit gewendet werden. Die Behandlungsdauer ist abhängig von verschiedenen Einflussgrößen (Holzart, Art des Holzschutzmittels, gewünschter Schutz) und beträgt meist nur Minuten bis wenige Stunden. Damit wird eine Eindringtiefe von wenigen Millimetern erreicht.

#### Trogtränkung

Bei der Trogtränkung wird das Holz in Trögen mit speziellen Vorrichtungen mehrere Stunden (meist mehr als 24 Stunden) bis wenige Tage untergetaucht gehalten. Die Eindringtiefe ist bei der Trogtränkung grösser, die aufgenommenen Holzschutzmittelmengen sind erheblich grösser als beim Streichen, Spritzen oder Tauchen.

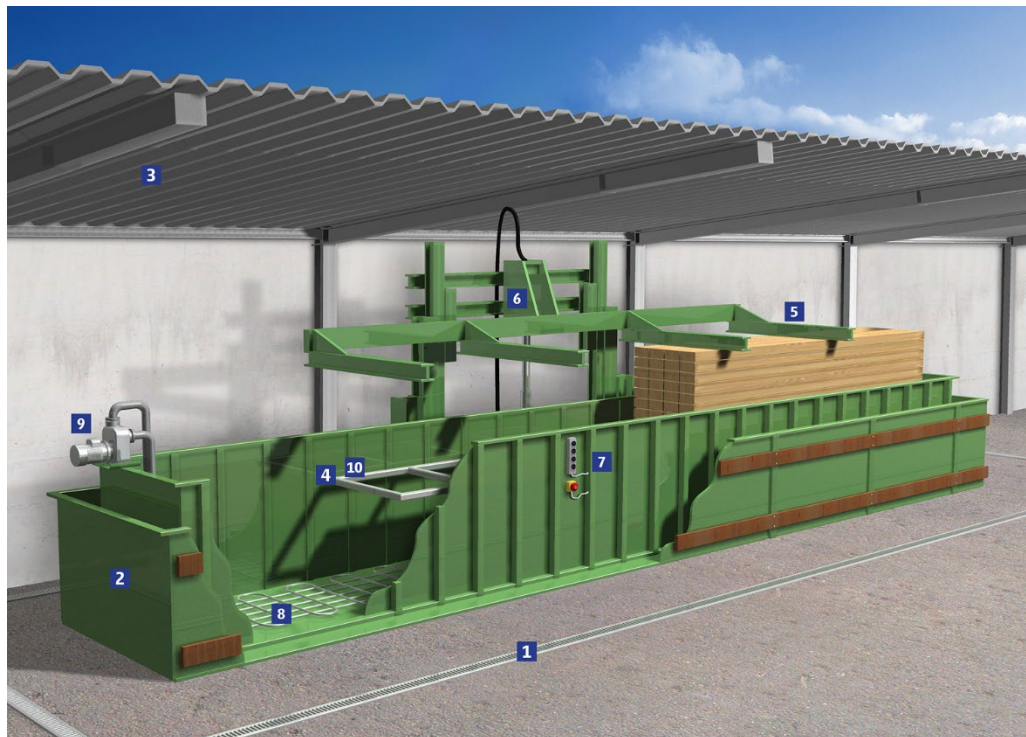


Abbildung 202: Trogtränke (Quelle: Deutsche Bauchemie e. V., Frankfurt am Main)

- 1 Standfläche
- 2 Trögtrog
- 3 Überdachung
- 4 Holzauflage
- 5 Niederhalter
- 6 Hubwerk
- 7 Steuerung
- 8 Heizung
- 9 Umwälzpumpe
- 10 Abtropffläche

#### Druckimprägnierung

Bei der Druckimprägnierung werden wässrige Holzschutzmittel unter Druck und Vakuum während mehreren Stunden ins Holz eingebracht, welche sich anschließend im Holz chemisch fixieren.

Saftfrisches Holz wird im Wechseldruckverfahren, trockenes Holz im Kesseldruckverfahren, imprägniert. Druckimprägniertes Holz wird oft für den Einsatz in den Gebrauchsklassen GK 3 und GK 4 gewählt. Das heisst Holz, welches frei bewittert ist,

zum Beispiel für eine Pergola oder im Kontakt mit dem Boden steht, wie beispielsweise ein Pfosten.

Mit der Druckimprägnierung wird die Dauerhaftigkeit von Holz gegen holzerstörende Organismen wie Pilze und Insekten erheblich gesteigert. Hölzer, welche nicht dauerhaft (DC 5) oder wenig dauerhaft (DC 4) gegen Pilzbefall sind, können mittels Druckimprägnierung auch im Aussenbereich genutzt werden. Als gut imprägnierbar (tränkbar) gelten die Holzarten Tanne und Buche sowie das Splintholz von Föhre und saftfrischer Fichte. Angaben zur Tränkbarkeit der in Europa gebräuchlichsten Holzarten bietet die Norm SN EN 350.

Die Tränkbarkeit wird gemäss SN EN 350 in 4 Klassen eingeteilt.

Tabelle 14: Tränkbarkeit von Holz – Klassifizierung nach SN EN 350: 2016

Tränkbarkeitsklasse	Beschreibung <sup>a)</sup>	Erklärung
1	Leicht tränkbar	Leicht zu tränken; Schnittholz kann durch eine Drucktränkung vollständig durchdrungen werden.
2	Mässig tränkbar	Ziemlich leicht zu tränken; eine vollständige Eindringung ist in der Regel nicht möglich, nach einer Drucktränkung von 3 h oder 4 h kann jedoch bei Nadelhölzern eine seitliche Eindringung von mehr als 6 mm erzielt werden, und bei Laubhölzern ist ein Großteil der Gefäße durchdrungen.
3	Schwer tränkbar	Schwer zu tränken; eine Drucktränkung von 3 h bis 4 h führt zu einer seitlichen Eindringung von nicht mehr als 3 mm bis 6 mm.
4	Sehr schwer tränkbar	Nahezu unempfindlich für das Tränken; selbst nach einer Drucktränkung von 3 h bis 4 h ist nur wenig Holzschutzmittel aufgenommen; sowohl die seitliche als auch die Längseindringung ist minimal.
<b>Legende zur Klassifizierung der Tränkbarkeit</b> <sup>a)</sup> Historische Daten der Tränkbarkeit können andere beschreibende Begriffe verwenden, die den Klassen der Tränkbarkeit wie folgt annähernd entsprechen: Klasse 1 durchlässig Klasse 2 mässig widerstandsfähig Klasse 3 widerstandsfähig Klasse 4 sehr widerstandsfähig		



Die SN EN 350 beinhaltet auch eine Liste, in der ca. 130 Holzarten mit den folgenden Merkmalen beschrieben werden:

- Wissenschaftlicher Name
- Kurzzeichen nach EN 13556
- Handelsname
- Herkunft
- Rohdichte bei 12 % Holzfeuchte
- Dauerhaftigkeit von Kernholz gegenüber
  - Pilzen
  - Hylotrupes (Hausbock)
  - Anobium (Nagekäfer)
  - Termiten
- Tränkbarkeit von Splint- und Kernholz
- Splintholzbreite
- Zusätzliche Daten/ Angaben, wenn vorhanden

Mit diesen Angaben kann eine erfolgreiche Behandlung, das heisst eine ausreichende Schutzmittelaufnahme und Eindringtiefe bei unbekannten Holzarten, für die jeweilige Anwendung abgeschätzt werden.

In der Schweiz werden zwei Verfahren für die Druckimprägnierung eingesetzt. Die Kesseldruckimprägnierung und die Wechseldruckimprägnierung.

Kesseldruck-  
imprägnierung

Das lufttrockene Holz wird einem Vakuum ausgesetzt, um die im Holz enthaltene Luft zu reduzieren. Danach wird der Autoklav (gasdicht verschliessbarer Druckbehälter) mit dem Schutzmittel geflutet und mittels eines Überdruckes erfolgt der Imprägnievorgang. Im Anschluss daran wird die überschüssige Flüssigkeit mit Hilfe eines Säuberungsvakuums entfernt. Als Schutzmittel werden vor allem wasserlösliche Salzverbindungen verwendet.

Wechseldruck-  
imprägnierung

Ein spezielles Verfahren der Kesseldruckimprägnierung. Der im Splintholz enthaltene Saft wird durch eine wässrige Imprägnierungslösung ersetzt, indem das Holz 400- bis 600-mal einem Wechsel zwischen Vakuum und Druck ausgesetzt wird. Die überschüssige Flüssigkeit wird mit Hilfe eines Säuberungsvakuums abgesaugt oder mittels Wassers abgewaschen.



Abbildung 203: Autoklav für die Druckimprägnierung (Quelle: Imprägnierwerk AG Willisau)

Verbesserung der Schutzmittelaufnahme mit spezieller Vorbehandlung des Holzes

In der Gefährdungsklasse 4 müssen schlecht tränkbare Holzarten einer Sonderbehandlung unterworfen werden. Dies gilt z. B. für den Lawinenschutz oder Telefonmasten oder ähnliche Einsatzgebiete. Um die Aufnahmefähigkeit der schlecht tränkbaren Holzarten zu verbessern, sind mehrere Verfahren entwickelt worden, um die Eindringtiefen NP5 und NP6 zu erreichen. So wird das Holz mit folgenden Methoden vor dem Druckimprägnieren behandelt:

- Perforation durch Einstiche (Nadelstichperforation)
- Perforation durch Bohren von kleinen Löchern (Bohrperforation)
- Perforation durch Einschnitte (Schlitzperforation)
- Perforation durch Laser- und Wasserstrahlen



Abbildung 204: Bohrkopf für die Bohrperforation (rechts), mit Schlitzperforation vorbehandeltes, druckimprägniertes Rundholz (Quelle: Imprägnierwerk AG Willisau)

Es wird auch daran geforscht, die Aufnahmefähigkeit von Holz mithilfe von gezielt eingesetzter Vorbehandlung mit speziellen Pilzkulturen zu verbessern.

Lignum-Gütezeichen «druckimprägniert»

Hersteller können druckimprägnierte Produkte anbieten, welche für die erforderliche Gebrauchsklasse imprägniert wurden. Dazu gibt es in der Schweiz das Lignum-Gütezeichen «druckimprägniert». Es wird Holzprodukten verliehen, welche den definierten Qualitätsbestimmungen des Reglements entsprechen und damit eine technisch einwandfreie und zweckmässige Imprägnierung für die Gebrauchsklassen 3 oder 4 (Erd- oder Wasserkontakt) aufweisen. Es ist in die beiden Anwendungsgruppen «Holzmasten» (Rundhölzer mit hohem Splintanteil) und «Produkte» (Schnittholz) aufgeteilt.

#### **Gütezeichen «druckimprägniert – Holzmasten»**

Das Lignum-Gütezeichen «druckimprägniert – Holzmasten» deklariert unter Berücksichtigung der geltenden Normen die Eignung für die geforderte Gebrauchsklasse 4 und eine mittlere Eindringtiefe von  $\geq 15\text{mm}$ . Das bedeutet, dass die angestrebte Standzeit von mehr als 15 Jahren für Holzmasten erreicht werden kann. Die durchschnittliche Lebensdauer in der Schweiz beträgt 25 bis 40 Jahre. Die Gütesicherung basiert auf der Eigenkontrolle der Hersteller sowie auf der jährlichen Fremdüberwachung durch die Empa<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt



Abbildung 205: Lignum Gütezeichen Holzmasten (Quelle: Lignum)

#### **Gütezeichen «druckimprägniert-Produkte»**

Das Lignum-Gütezeichen «druckimprägniert-Produkte» deklariert unter Berücksichtigung der geltenden Normen die Eignung unterschiedlicher Produkte aus unterschiedlichen Holzarten für nichttragende Zwecke in der Gebrauchsklassen GK 3 und GK 4.



Abbildung 206: Lignum Gütezeichen Produkte (Quelle: Lignum)

Weitere Informationen und Reglemente: [www.lignum.ch/](http://www.lignum.ch/) > Holz A-Z > Holzschutz

#### **7.4.5. Entsorgung von behandeltem Holz**

Mit Holzschutzmitteln behandeltes Holz gilt als «problematische Holzabfälle» und muss entsprechend entsorgt werden.

Problematische  
Holzabfälle

- Altholz oder Holzabfälle, die mit Holzschutzmitteln durch ein Druckverfahren imprägniert wurden oder Beschichtungen aus halogenorganischen Verbindungen aufweisen;
- mit Holzschutzmitteln wie Pentachlorphenol intensiv behandelte Holzabfälle;
- Gemische von solchen Abfällen mit Holzbrennstoffen

Die Entsorgung von druckimprägnierten Holzabfällen aus Herstellung und Rückbau erfolgt nach den gesetzlichen Vorgaben der VEVA (Verordnung über den Verkehr mit Abfällen) sowie VVEA (Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen). Mit Holzschutzmitteln behandelte Hölzer können am Ende der Nutzungsphase in dafür zugelassenen Anlagen wie Verbrennungsanlagen (KVA) oder Zementwerken zur Energiegewinnung thermisch verwertet werden.

In Kehrichtverbrennungsanlagen werden die Abgase mit Elektroabscheidern, Rauchgaswäschern und Entstickungsanlagen gereinigt.

Die korrekte Entsorgung reduziert den Schadstoffausstoss erheblich. Messungen zeigen, dass bei der Abfallverbrennung in ungeeigneten Holzfeuerungen rund 1000-mal mehr Dioxine freigesetzt werden als in Kehrichtverbrennungsanlagen.



## 7.5. Chemische Modifizierung von Holz

Die chemische Modifizierung von Holz hat zum Ziel, die Eigenschaften des Holzes so zu verändern, dass es für Mikroorganismen und Insekten schwierig wird, Holz abzubauen. Modifiziertes Holz hat veränderte statische, optische und hygroskopische Eigenschaften. Zusätzlich wird die Dauerhaftigkeit gegenüber Pilzen und Insekten verbessert, was für die Anwendung in den Gebrauchsklassen GK3 und GK4 vorteilhaft oder sogar notwendig ist. Diese Baustoffe sind noch keiner Normierung unterworfen. Entsprechend sind in der Anwendung die technischen Angaben des Herstellers genau zu beachten.

Bei der chemischen Modifizierung von Holz werden Substanzen in die Holzmatrix eingelagert und reagieren dort mit den OH-Gruppen der Zellwand.

Folgende Methoden kommen zur Anwendung:

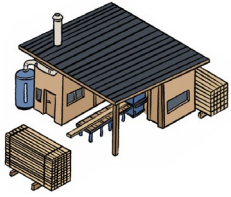
- Acetylierung von Holz: Durch Druckimprägnierung mit Essigsäureanhydrid entsteht acetyliertes Holz. Durch diesen Prozess frisch hergestellt riecht acetyliertes Holz nach Essigsäure. Das behandelte Holz hat anschliessend stark verminderte Schwind- und Quelleigenschaften. Die Dauerhaftigkeit erreicht die Klasse DC 1. Acetyliertes Holz hat einen reagiert sauer und verursacht bei normalen Stählen starke Korrosion. Auch verzinkter Stahl reicht nicht aus. Es darf deshalb nur mit geeigneten rostfreien Befestigungsmitteln gearbeitet werden. Das Holz behält aber seine ursprüngliche Farbe und kann auch eingefärbt werden.
- Furfurylierung: Durch Druckimprägnierung mit Furfurylalkohol entsteht durch Vernetzung mit den OH-Gruppen der Zellwand furfuryliertes Holz. Das Holz nimmt stark an Gewicht zu und erreicht die Dauerhaftigkeitsklasse DC 1. Durch die Furfurylierung verfärbt sich das Holz zu einem dunklen Braun. Andere Farbtöne sind nicht möglich.

## 7.6. Imprägnierung ohne Biozide

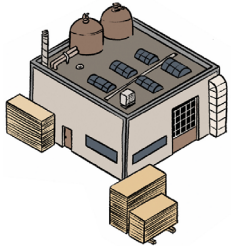
Eine weitere Möglichkeit, die Beständigkeit von Holz gegen äussere Einflüsse zu erhöhen, ist die Behandlung von Holz mit verschiedenen, biozidfreien Substanzen. Unter Druck werden die Zellhohlräume des Holzes mit wasserabweisenden Stoffen wie z.B. Wachsen gefüllt. Die Folge ist die Zunahme des Gewichts, reduzierte Schwind- und Quellmasse sowie eine niedrigere Gleichgewichtsfeuchte. Zusätzlich wird das Holz für biologische Organismen wie Pilze und Insekten unattraktiv gemacht. Möglich ist dabei auch die Kombination mit der Thermobehandlung. Folgende Tränkungsstoffe kommen dabei zur Anwendung:

- Harze: Natürliche Baumharze oder synthetische Harze
- Wachse: Natürliche oder synthetische heiss-schmelzende Wachse und Paraffine
- Öle: Meist auf Leinölbasis

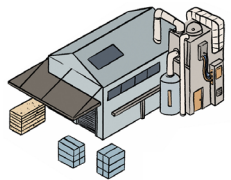
## 8. Holzbasierte Produkte



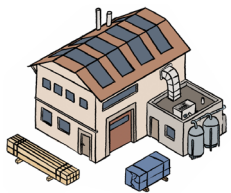
Hobelwerk



Plattenwerk



Faserplattenwerk



Leimwerk

### HK d1: Fertigen von holzbasierten Produkten vorbereiten

Das bereitgestellte Schnittholz, Neben- und Restprodukte sowie Furniere usw., werden zu Hobelwaren, festigkeitssortiertem Vollholz, Leimholz-Produkten und Holzwerkstoffen verarbeitet. Als Grundlage für Ihre Tätigkeit in diesem Bereich lernen Sie in diesem Kapitel die holzbasierten Produkte mit ihren Regeln und Gebräuchen sowie einige Grundlagen der Festigkeitssortierung kennen.



Abbildung 207: Sortiment Holzprodukte (Quelle: Blumer-Lehmann AG)

## Praxisaufträge im Betrieb

### Verarbeitungsstufe 2

- Holzbasierte Produkte kommissionieren, nach Qualitäten sortieren und bereitstellen
- Holz nach Erscheinungsklassen (Qualitäten) ausflicken
- Hergestellte Produkte bei jedem Arbeitsschritt unter Anleitung kontrollieren

### Praktikum Verarbeitungsstufe 2 (unter Aufsicht)

- Holzbasierte Produkte kommissionieren, nach Qualität Industrie, Auslese, N1 und N2 sortieren und bereitstellen
- Holz in Sichtqualität ausflicken
- Hergestellte Produkte bei jedem Arbeitsschritt kontrollieren

## Überbetrieblicher Kurs 6 & 7

- Qualität gem. Holzhandelsgebräuchen beurteilen
- Holzfeuchte gem. Einsatzzwecken
- Festigkeits- und Erscheinungssortierung
- Qualitätssicherung, Keilzinken-Biegeprüfungen, Scherprüfungen (Delaminierungsprüfung)
- Qualitätskontrolle, Kommissionieren, Lieferungen zusammenstellen, Endkontrolle
- Produktionslisten nachtragen und Lieferungen dokumentieren

## Berufliche Situationen:

- Sie transportieren innerhalb Ihres Betriebs Rohmaterial in die Produktion.
- Sie sortieren Brettschichtholzlamellen nach der Festigkeit an der Kappstation in der Produktion.
- Sie wirken in der Produktion von Hobelwaren, Voll- und Leimholz mit.
- Sie lagern holzbasierte Produkte ein.
- Sie kommissionieren holzbasierte Produkte gemäss den Kundenbestellungen.

## Lernziele

- Sie erläutern die Erscheinungsklassierung von Hobelwaren und wenden diese exemplarisch an.
- Sie beschreiben gängige Verwendungszwecke von Hobelware.
- Sie erläutern die Normen zur Festigkeitssortierung von Vollholz.
- Sie beschreiben die Verfahren zur Festigkeitssortierung von Vollholz und der Qualitätssicherung und wenden diese exemplarisch an.
- Sie erläutern die Regeln und Gebräuche zur Klassierung der Leimholzprodukte sowie zur Auskappung bei der Festigkeitssortierung und wenden diese exemplarisch an.
- Sie beschreiben gängige Leimholzprodukte und deren Verwendungszwecke.
- Sie erläutern die Einteilung der Holzwerkstoffe nach deren Strukturelemente sowie die technischen Klassen und wenden diese exemplarisch an.
- Sie beschreiben gängige Holzwerkstoffe und deren Verwendungszwecke.
- Sie nennen die möglichen Vorteile der Holzwerkstoffe gegenüber dem Massivholz.



## 8.1. Holzbasierte Produkte

Schnittholz (siehe Kapitel Rundholz und Rundholzeinteilen, 2. LJ), Neben- und Restprodukte sowie Furniere usw. können zu sogenannten holzbasierten Produkten verarbeitet werden. Die wichtigsten holzbasierten Produkte sind:

- Hobelwaren
- Bauholz-Produkte inkl. Leimholz
  - festigkeitssortiertes Vollholz
  - keilgezinktes Vollholz
  - Balkenschichtholz
  - Brettschichtholz inkl. Rahmenbaukanteln, Verbundbauteile aus Brettschichtholz und Brettschichtholz mit Universal-Keilzinkenverbindungen
  - Brettsperrholz inkl. Brettsperrholz mit Universal-Keilzinkenverbindungen
- Holzwerkstoffe
  - Massivholzplatten einlagig und mehrlagig
  - Sperrholz
  - Furnierschichtholz
  - kunstharzgebundene Spanplatten
  - Oriented Strand Board (OSB)
  - zementgebundene Spanplatten
  - harte Faserplatten
  - mittelharte Faserplatten
  - poröse Faserplatten
  - mitteldichte Faserplatten (MDF)
  - Holzfaser-Dämmstoffe
  - Holzwolle-Leichtbauplatten
  - melaminbeschichtete Platten

Sortierung und  
Klassierung

Je nach vorgesehenem Verwendungszweck werden die holzbasierten Produkte nach dem Aussehen einer Erscheinungsklasse zugeordnet. Dazu wird beispielsweise das verwendete Schnittholz bereits im Produktionsprozess sortiert. In Tabelle 1 sind als Beispiel die Erscheinungsklassen für Hobelwaren und Bauholz inkl. stabförmiges Leimholz zusammengestellt.

	Hobelwaren	Vollholz	keilgezinktes Vollholz	Balkenschichtholz	Brettschichtholz
Erscheinungsklasse	A Auslese A+R Auslese rift/halbrift	Auslese	–	–	Auslese
	N1 Normal 1 N1+R Normal 1 rift/halbrift N2 Normal 2 N2+R Normal 2 rift/halbrift	Normal	Normal	Normal	Normal
	I Industrie	Industrie	Industrie	Industrie	Industrie

Neben der Erscheinungsklassierung gibt es zusätzlich eine Festigkeitsklassierung bei den Produkten für tragende Zwecke im Bauwesen. In den Produktnormen sind dafür Bestimmungen zum verwendeten Material und für die Produktion enthalten. Werden diese Bestimmungen befolgt, wird beim Produkt die entsprechende Festigkeitsklasse erzielt. An den fertigen Produkten ist, mit Ausnahme des Vollholzes, eine Festigkeitssortierung nicht mehr möglich. In Tabelle 2 sind als Beispiel die üblichen Festigkeitsklassen bei Bauholz inkl. stabförmigem Leimholz zusammengestellt.

	Vollholz	keilgezinktes Vollholz	Balkenschichtholz	Brettschichtholz
Festigkeitsklasse	C16	C16	C16	–
	<b>C24</b>	<b>C24</b>	<b>C24</b>	–
	C30	–	–	–
	–	–	–	GL20h
	–	–	–	GL24c
	–	–	–	<b>GL24h</b>
	–	–	–	GL28c
	–	–	–	GL28h
	–	–	–	GL32c
	–	–	–	GL32h

Bei Hobelwaren erfolgt üblicherweise keine Festigkeitssortierung. Bei Brettsperrholz und Holzwerkstoffen bestehen produktspezifischen Angaben zu den mechanischen Eigenschaften.

Regeln und  
Gebräuche

Die Regeln und Gebräuche für Schnittholzprodukte sind in den «Qualitätskriterien für Holz und Holzwerkstoffe im Bau und Ausbau – Handelsgebräuche für die Schweiz, Ausgabe 2021» (Lignum, 2021), hier kurz als «HHG Holz+HWS» bezeichnet, festgelegt. Nachfolgend sind die wichtigsten Inhalte der HHG Holz+HWS zu den holzbasierten Produkten für den leichteren Einstieg zusammengestellt. In der Praxis ist es empfehlenswert, die Regeln und Gebräuche direkt in den HHG Holz+HWS nachzuschlagen.

## 8.2. Hobelwaren (Lignum, 2021a)

Als Grundlage für Ihre Tätigkeit im Hobelwerk oder im Handel lernen Sie in diesem Kapitel die Hobelwaren mit ihren Regeln und Gebräuchen kennen.

### 8.2.1. Was ist Hobelware?

Produkt

Hobelware ist mindestens dreiseitig gehobeltes Schnittholz in Form von Profildbrettern. Die Ware wird meistens mit Nut und Kamm, mit sonstigen lösbaren Breitenverbindungen oder glattkantig aus Rohhoblern (siehe Kapitel Rundholz und Rundholzteilen, 2. LJ) hergestellt. Die Kanten können gefast oder gerundet sein.

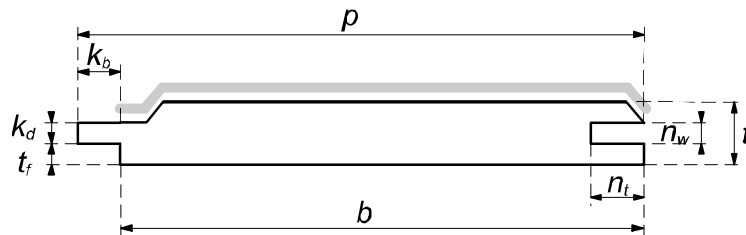


Abbildung 208: Querschnitt eines Profildbrettes mit Nut und Kamm (schematisch)  
(Quelle: Bild 3.2-1 aus Lignum, 2021a)

In den Abbildungen werden folgenden Bezeichnungen verwendet:

t	Dicke
p	Breite (Federmaß)
b	Deckbreite
kd	Kammdicke
kb	Kammbreite
tf	Dicke unter Kamm
nt	Nuttiefe
nw	Nutweite
—	Sichtfläche

Für die Ausbildung von Nut und Kamm gelten die Abmessungen in mm als Richtwerte. Zur Erfüllung von Anforderungen an den Feuerwiderstand können abweichende Formen und Abmessungen erforderlich sein.

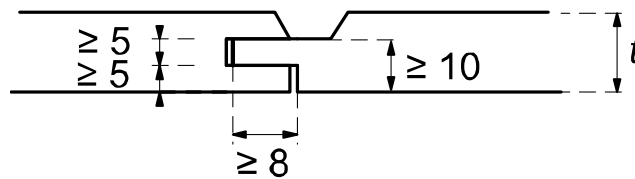


Abbildung 209: Typische Masse (Richtwerte) für die Ausbildung von Nut und Kamm  
(Quelle: Bild 3.2-3 aus Lignum, 2021a)

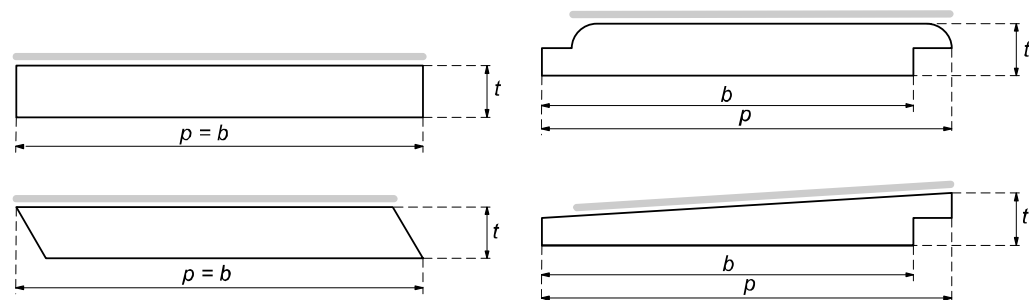


Abbildung 210: Beispiele für vier Querschnitte ohne Nut und Kamm (schematisch) (Bild 3.2-2 aus Lignum, 2021a)

Das Angebot der Industrie umfasst eine Vielzahl von Profilen in verschiedenen Holzarten, die für Bekleidungen von Wänden, Decken und Böden im Innen- und Aussenbereich bestimmt sind.

Ausmass

Das Ausmass für die Verrechnung wird als Fläche = Länge x Deckbreite berechnet.

Regeln und  
Gebräuche

Die Regeln und Gebräuche für Hobelware sind in den «Qualitätskriterien für Holz und Holzwerkstoffe im Bau und Ausbau – Handelsgebräuche für die Schweiz, Ausgabe 2021» (Lignum, 2021a), hier kurz als «HHG Holz&HWS» bezeichnet, festgelegt. Nachfolgend sind die wichtigsten Inhalte der HHG Holz&HWS zur Hobelware für den leichteren Einstieg zusammengestellt. In der Praxis ist es empfehlenswert, die Regeln und Gebräuche direkt in den HHG Holz&HWS nachzuschlagen.

## 8.2.2. Erscheinungsklassierung von Hobelware

### Einschnitt der Rohhobler und Jahrringstellung bei Hobelware

Einschnitt  
Rohhobler

Hobelware wird aus Rohhoblern hergestellt. Aus Schwachholz werden Rohhobler mit der Schnittart d) eingeschnitten. Aus Starkholz (Rundholz mit Mittendurchmesser ab 45 cm) werden Rohhobler mit den Schnittarten e) und f) gemäss Abbildung eingeschnitten.

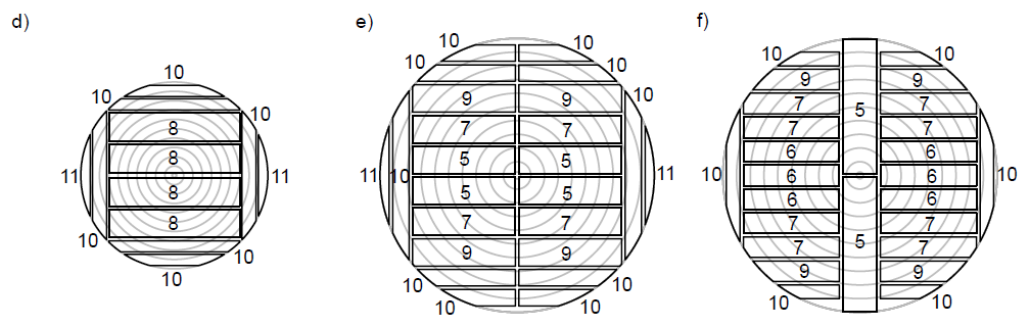


Abbildung 211: Bezeichnung der Schnittarten und der Querschnitte nach der Jahrringstellung (Quelle: Ausschnitt aus HHG Holz&HWS Bild 1.4-9 Lignum, 2021a)

In der Abbildung bedeuten:

- 5 markdurchschnittenes Brett mit Streifmark
- 6 Riftbrett
- 7 Halbriftbrett
- 8 Hauptware
- 9 mittengeschnittenes Seitenbrett in der Hauptware
- 10 Seitenbrett
- 11 Schwarte

Jahrringstellung  
Begriffsdefinitionen

In den HHG Holz&HWS Kapitel 1.4-11 sind die Begriffe zu den Querschnitten nach der Jahrringstellung wie folgt festgelegt:

<b>Riftstück, Riftbrett</b>	Holzstück, dessen Jahrringe in einem Winkel von annähernd 90° (im Idealfall) auf die Breitseiten bzw. in einem Winkel von mindestens 60° auf die linke Breitseite auftreffen.
-----------------------------	---



<b>Halbriftstück, Halbriftbrett</b>	Holzstück, dessen Jahrringe in einem Winkel von etwa 60°, jedoch mindestens 30° auf die linke Breitseite auftreffen.
<b>Seitenbrett</b>	Holzstück aus dem äusseren Bereich des Stammquerschnittes mit vorwiegend liegenden Jahrringen.

Wegen des günstigeren Verhaltens beim Schwinden und Quellen infolge von Holzfeuchteänderungen wird oft Hobelware mit der Jahrringstellung rift/halbrift bestellt. Die schematische Darstellung in der Abbildung lässt erkennen, dass dafür wegen viel besserer Ausbeute an Rift- und Halbriftbrettern der Einschnitt von Starkholz zweckmässig ist. Hobelware mit der Jahrringstellung rift/halbrift wird deshalb üblicherweise aus Starkholz produziert. Hobelware ohne Anforderung an die Jahrringstellung wird üblicherweise aus Schwachholz produziert.

Allerdings unterscheidet sich das Erscheinungsbild von Hobelware aus Starkholz von Hobelware aus Schwachholz grundsätzlich. Beim Starkholz mit dem grösseren Stammdurchmesser sind beispielsweise auch die Durchmesser der Äste grösser als beim Schwachholz.



Abbildung 212: links: Täfer aus Schwachholz (Fichte N1), rechts: Täfer aus Starkholz (Tanne A+R)  
(Quelle: Bilder 3.1-2 und 3.1-1 aus Lignum, 2021a)

### Erscheinungsklassen bei Hobelware

Erscheinungsklassen bei Nadelholz

Bei Hobelwaren aus Fichte (inkl. nordeuropäischer Herkunft), Tanne, Föhre (Kiefer), Lärche und mitteleuropäische Douglasie werden im Hinblick auf die übliche Verwendung in die vier Hauptqualitätsgruppen unterschieden:

- Auslese-Qualität  
für hohe Anforderungen an das Aussehen
- Normal-Qualität 1  
für den sichtbaren Bereich üblich  
bei Täfer für Innenanwendungen, Bodenriemen und Terrassen bei normalen Anforderungen an das Aussehen sowie  
bei Schalungen im Aussenbereich mit erhöhten Anforderungen an das Aussehen
- Normal-Qualität 2  
für den sichtbaren Bereich  
üblich bei Schalungen für Aussenanwendungen und Vordachschalungen bei normalen Anforderungen an das Aussehen
- Industrie-Qualität,  
für Bereiche ohne Anforderungen an das Aussehen

Die Gruppen Auslese-Qualität, Normal-Qualität 1, Normal-Qualität 2 werden zusätzlich in je eine Klasse ohne Anforderung an die Jahrringstellung und in eine Klasse mit Jahrringstellung rift/halbrift unterteilt. Die Abkürzung für die Erscheinungsklasse wird bei der Klasse mit Jahrringstellung rift/halbrift mit dem Zusatz «+R» ergänzt.

Beispiel für die Abkürzungen:

- Abkürzung «N1» für Normal-Qualität 1 ohne Anforderung an die Jahrringstellung  
(üblicherweise aus Schwachholz)
- Abkürzung «N1+R» für Normal-Qualität 1 mit Anforderung an die Jahrringstellung  
(üblicherweise aus Starkholz)

Erscheinungsklassen bei Laubholz

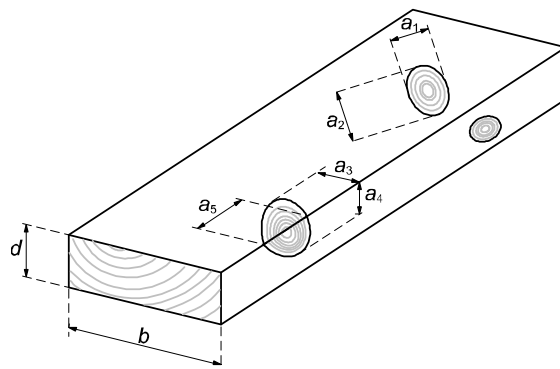
Bei Hobelwaren aus Eiche, Buche, Esche und Ahorn werden drei Erscheinungsklassen unterschieden:

- Auslese-Qualität,  
praktisch astfreie Ware für den sichtbaren Bereich bei erhöhten Anforderungen an das Aussehen
- Normal-Qualität 1,  
Ware für den sichtbaren Bereich bei normalen Anforderungen an das Aussehen
- Normal-Qualität 2 (rustikal),  
Ware für den sichtbaren Bereich mit verminderten Anforderungen an das Aussehen

### Messung der Astgrösse bei Hobelware

Messung der Astgrösse für die Erscheinungsklassierung

Für die Erscheinungsklassierung der Hobelware ist generell das Verfahren «mittlerer sichtbarer Durchmesser des Astes» für die Messung der Astgrösse anzuwenden.



Ast: mittlerer sichtbarer Durchmesser =  $\frac{a_1 + a_2}{2}$

Kantenast: Breitseite:  
mittlerer sichtbarer Durchmesser =  $\frac{a_3 + a_4}{2}$

Schmalseite:  
mittlerer sichtbarer Durchmesser =  $\frac{a_5}{2}$

Abbildung 213: Messung des kleinsten und grössten sichtbaren Durchmessers eines Astes  
(Quelle: Bild 1.4-1 aus Lignum, 2021a)

Kriterien für die  
Erscheinungsklas-  
sierung

### Kriterien für die Erscheinungsklassierung von Hobelware

Die Kriterien zur Erscheinungsklassierung in HHG Holz&HWS Tabellen 3.1-1 bis - 8 festgelegt. Sie beziehen sich auf die vereinbarte Holzfeuchte und auf die bei der üblichen Verwendung sichtbar bleibende Oberfläche. Für die Klassierung sind die Abmessungen an der für das jeweilige Merkmal ungünstigsten Stelle der Sichtfläche des Profilbrettes zu ermitteln.

Herstellerspezifische Produktionsverfahren wie die Verklebung der Äste oder in der Länge durch Keilzinkenverbindungen zusammengefügte Hobelware sind zulässig, wenn die Eignung und die Dauerhaftigkeit im Hinblick auf die vorgesehene Verwendung gewährleistet sind.

Wissen Sie was eine «Katzenpfote» mit Ästen zu tun hat? Finden Sie es heraus! Die Merkmale für die Erscheinungsklassierung sind in HHG Holz&HWS Kapitel 1.4 beschrieben. Um Hobelware tatsächlich sortieren und klassieren zu können, müssen Sie die Definitionen der Merkmale kennen.

### 8.2.3. Schalungen für Aussenanwendungen

Produkt

Schalungen für Aussenanwendungen werden üblicherweise als Fassaden- und Vordachbekleidungen im Hochbau eingesetzt.

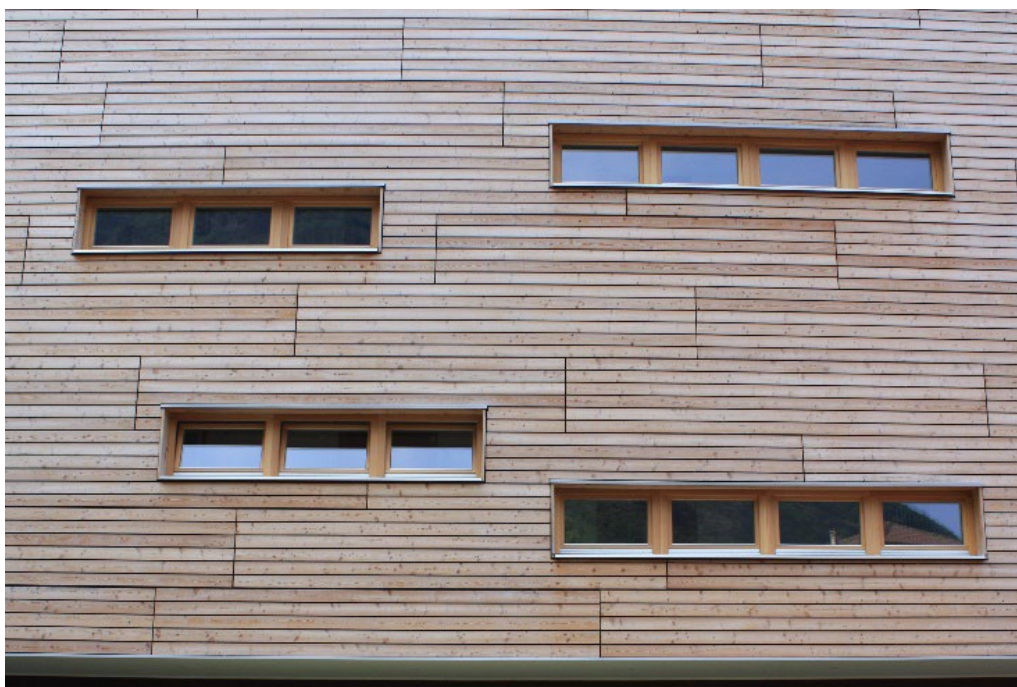


Abbildung 214: Schalung aus Lärche als Fassadenbekleidung (Quelle: Lignum, 2021a)

Normen, Regeln  
und Gebräuche

Für Schalungen gelten grundsätzlich die Vorschriften des Bauproduktrechts, siehe HHG Holz&HWS Kapitel 0.2. Schalungen aus Massivholz werden hergestellt:

- aus Nadelholz mit Nut und Kamm nach SN EN 14519
- aus Nadelholz ohne Nut und Kamm nach SN EN 15146
- aus Laubholz nach SN EN 14951

Für die Regeln und Gebräuche zu handelsüblichen Massen, Oberfläche, Holzfeuchte, Masshaltigkeit und Ausmass siehe HHG Holz&HWS Kapitel 3.2.

übliche Erscheinungsklassen

Bei Schalungen für Aussenanwendungen aus Nadelholz sind folgende Erscheinungsklassen üblich:

- bei normalen Anforderungen an das Aussehen N2 und N2+R
- bei erhöhten Anforderungen an das Aussehen N1 und N1+R
- ohne Anforderungen an das Aussehen I

Die Kriterien der Erscheinungsklassen sind in HHG Holz&HWS Kapitel 3.1.3 zusammengestellt.

ohne spezielle Vereinbarung gilt

Ohne spezielle Vereinbarung gilt für Schalungen aus Nadelholz bei der Auslieferung

- Erscheinungsklasse N2, in der Länge ohne Keilzinkenverbindungen
- Holzfeuchte für Aussenanwendung  $15 \pm 2\%$  bzw. für Blindschalungen höchstens 16%

#### 8.2.4. Täfer für Innenanwendungen

Produkt

Täfer für Innenanwendungen werden üblicherweise als Wand- und Deckenbekleidungen im Hochbau eingesetzt.



Abbildung 215: Täfer aus Fichte als Wandbekleidung (Quelle: Lignum, 2021a)

Normen, Regeln und Gebräuche

Für Täfer gelten grundsätzlich die Vorschriften des Bauproduktrechts, siehe HHG Holz&HWS Kapitel 0.2. Täfer aus Massivholz wird hergestellt:

- aus Nadelholz mit Nut und Kamm nach SN EN 14519
- aus Nadelholz ohne Nut und Kamm nach SN EN 15146
- aus Laubholz nach SN EN 14951

Für die Regeln und Gebräuche zu handelsüblichen Massen, Oberfläche, Holzfeuchte, Masshaltigkeit und Ausmass siehe HHG Holz&HWS Kapitel 3.3.

übliche Erscheinungsklassen

Bei Täfer für Innenanwendungen aus Nadelholz sind folgende Erscheinungsklassen üblich:



- bei normalen Anforderungen an das Aussehen N1 und N1+R
- bei hohen Anforderungen an das Aussehen A und A+R
- bei verminderten Anforderungen an das Aussehen N2 und N2+R
- ohne Anforderungen an das Aussehen I

Die Kriterien der Erscheinungsklassen sind in HHG Holz&HWS Kapitel 3.1.3 zusammengestellt.

ohne spezielle  
Vereinbarung gilt

Ohne spezielle Vereinbarung gilt für Täfer aus Nadelholz bei der Auslieferung:

- Erscheinungsklasse N1, in der Länge ohne Keilzinkenverbindungen
- Holzfeuchte für Innenanwendung  $10 \pm 2\%$  bzw. für Blindware höchstens 16%

### 8.2.5. Bodenriemen

Produkt

Bodenriemen werden üblicherweise als Bodenbeläge im Hochbau eingesetzt.



Abbildung 216: Bodenriemen aus Lärche als Bodenbelag im Aussenbereich (Quelle: Lignum, 2021a)

Normen, Regeln  
und Gebräuche

Für Bodenriemen gelten grundsätzlich die Vorschriften des Bauproduktrechts, siehe HHG Holz&HWS Kapitel 0.2.

Bodenriemen aus Massivholz werden hergestellt:

- aus Nadelholz mit Nut und Kamm nach SN EN 13990
- aus Laubholz mit Nut und Kamm nach SN EN 13629
- aus Nadel- und Laubholz als Profile ohne Nut und Kamm

Für die Regeln und Gebräuche zu handelsüblichen Massen, Oberfläche, Holzfeuchte, Masshaltigkeit und Ausmass siehe HHG Holz&HWS Kapitel 3.4.

übliche Erscheinungsklassen

Bei Bodenriemen für Terrassen aus Nadelholz sind folgende Erscheinungsklassen üblich:

- bei normalen Anforderungen an das Aussehen N1 und N1+R
- bei hohen Anforderungen an das Aussehen A und A+R
- bei verminderten Anforderungen an das Aussehen N2 und N2+R
- ohne Anforderungen an das Aussehen I

Die Kriterien der Erscheinungsklassen sind in HHG Holz&HWS Kapitel 3.1.3 zusammengestellt.

ohne spezielle Vereinbarung gilt

Ohne spezielle Vereinbarung gilt bei Bodenriemen für Terrassen aus Nadelholz bei der Auslieferung:

- Erscheinungsklasse N1, in der Länge ohne Keilzinkenverbindungen

#### 8.2.6. Profilleisten aus Nadel- und Laubholz

Produkt

Profilleisten aus Massivholz finden im Möbelbau und im Innenausbau sowie für Konstruktionen als Deckleisten, Sockelleisten, Winkelleisten usw. Verwendung.



Abbildung 217: Profilleisten aus Nadel- und Laubholz (Quelle: Lignum, 2021a)

Die Profile und deren Abmessungen sind vielfältig.

Regeln und  
Gebräuche

Für die Regeln und Gebräuche zu handelsüblichen Massen, Holzfeuchte, Masshaltigkeit und Ausmass siehe HHG Holz&HWS Kapitel 3.5.

Bei Profileisten aus Nadel- und Laubholz werden drei Klassen unterschieden:

- A Auslese-Qualität für den sichtbaren Bereich bei erhöhten Anforderungen an das Aussehen
- N Normal-Qualität für den sichtbaren Bereich bei normalen Anforderungen an das Aussehen
- I Industrie-Qualität für Bereiche ohne Anforderungen an das Aussehen

Die Kriterien zur Erscheinungsklassierung sind in HHG Holz&HWS Kapitel 3.5.6 festgelegt.

ohne spezielle  
Vereinbarung gilt

Ohne spezielle Vereinbarung gilt für Profileisten für den Innenbereich bei der Auslieferung:

- Holzfeuchte für Innenanwendung  $9 \pm 2\%$

### 8.3. Vollholz (Lignum, 2021a)

Vollholz wurde bereits im Kapitel Rundholz und Rundholzteilen (2. LJ) beschrieben. In diesem Kapitel wird die Festigkeitssortierung und Qualitätssicherung behandelt.

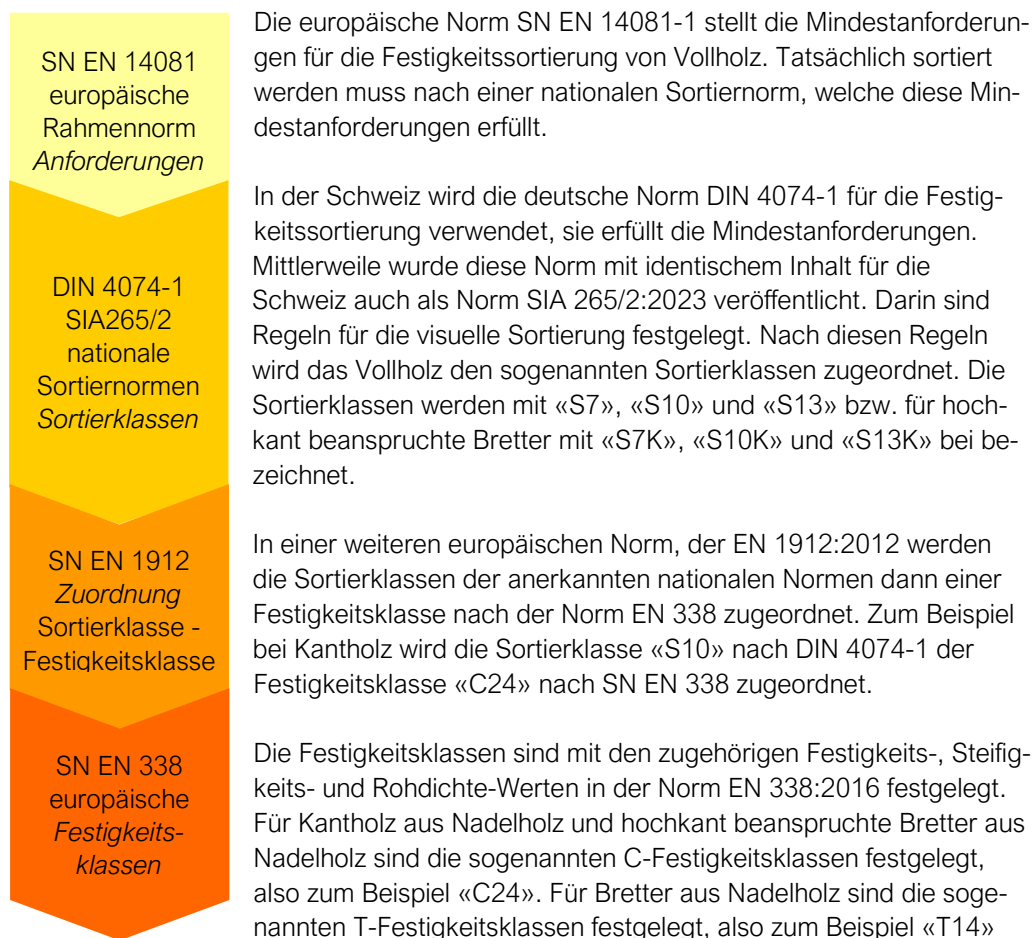
Als Grundlage für Ihre Tätigkeit im Sägewerk und im Leimholzwerk lernen Sie in diesem Kapitel die Grundlagen der Festigkeitssortierung und der Qualitätssicherung kennen.

Festigkeitssortierung  
bei Vollholz

Für die Verwendung als tragendes Bauteil und als Grundmaterial für die Herstellung der Leimholz-Produkte (siehe auch Kapitel 1.3.1.) ist bei Vollholz die Festigkeitssortierung wichtig. Die Tragsicherheit eines Bauwerkes kann nur dann zuverlässig gewährleistet werden, wenn die tragenden Bauteile die erforderlichen Festigkeitswerte auch tatsächlich aufweisen. Deshalb behandeln wir hier nun die Festigkeitssortierung von Vollholz. Es gibt grundsätzlich zwei Methoden für die Festigkeitssortierung, nämlich die visuelle und die maschinelle Sortierung.

### 8.3.1. Normen bei der Festigkeitssortierung

Das europäische Normensystem für die Festigkeitssortierung und die Festigkeitsklassen ist wie folgt aufgebaut:



In der Praxis werden Sie also für die visuelle Festigkeitssortierung mit der Norm DIN 4074-1 bzw. SIA 265/2 arbeiten.



### 8.3.2. Visuelle Festigkeitssortierung nach Norm SIA 265/2

#### Normen

Die deutsche Norm DIN 4074-1 wurde als Schweizer Norm SIA 265/2 übernommen. Die Inhalte sind identisch. In der Schweiz ist sie für die visuelle Festigkeitssortierung von Nadel-schnittholz gültig. Schnittholz darf nach dieser Norm nur von einer dafür geschulten Fachkraft visuell sortiert werden.

#### Sortierklassen

Nach visuell feststellbaren Merkmalen werden in der Norm SIA 265/2 drei Klassen unterschieden:

- Schnittholz der Klasse S 7
- Schnittholz der Klasse S 10
- Schnittholz der Klasse S 13

Die Beschreibung der Sortiermerkmale und die Sortierkriterien finden Sie direkt in der Norm SIA 265/2. Die Sortierkriterien sind auf eine Holzfeuchte von 20 % bezogen. Die Sortiermerkmale sind an der für das Sortiermerkmal ungünstigsten Stelle im Schnittholz zu ermitteln. Für verschiedene Sortiermerkmale können dies unterschiedliche Stellen im Schnittholz sein. Bei nicht trockensortierten Hölzern bleiben die Sortiermerkmale Schwindrisse und Krümmung unberücksichtigt.

Bei weiterer Bearbeitung des Schnittholzes gilt die vorher bestimmte Sortierklasse nur, wenn die Querschnittsmasse um nicht mehr reduziert werden als:

- 5 mm bei Querschnittsmassen bis 100 mm
- 10 mm bei Querschnittsmassen über 100 mm

Bei grösserer Reduzierung der Querschnittsmasse ist eine erneute Sortierung erforderlich.

#### Einteilung Bretter, Bohlen und Kantholz

SIA 265/2 teilt Bretter, Bohlen und Kantholz für die visuelle Festigkeitssortierung gemäss Tabelle 4 ein.

Schnittholzart	Dicke $d$ bzw. Höhe $h$	Breite $b$
Brett	$d$ bis 40 mm <sup>a</sup>	$b$ bis 80 mm
Bohle	$d$ grösser als 40 mm <sup>a</sup>	$b$ grösser als $3 \cdot d$
Kantholz	$b$ kleiner als $h$ und $h$ kleiner gleich $3 \cdot b$	$b$ grösser als 40 mm
<sup>a</sup> Dieser Grenzwert gilt nicht für Bretter für Brettschichtholz (BSH-Lamellen).		

#### Verfahren

Die Norm SIA 265/2 enthält für die visuelle Festigkeitssortierung von Schnittholz zwei in der Schweiz relevante Verfahren:

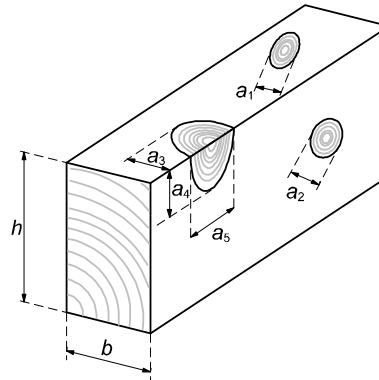
- die sogenannte «Kantholzsortierung» für Kanthölzer und vorwiegend hochkant (K) biegebeanspruchte Bretter und Bohlen. Die Bezeichnung der Sortierklasse wird für diese Bretter und Bohlen mit «K» ergänzt. Also S7K, S10K und S13K.  
Diese Sortierklassen werden nach SN EN 1219 dann letztlich den C-Festigkeitsklassen zugeordnet.
- die sogenannte «Brettsortierung» für Bretter und Bohlen  
Diese Sortierklassen werden nach SN EN 1219 dann letztlich den C-Festigkeitsklassen zugeordnet.

Latten werden in den schweizerischen Sägewerken üblicherweise nicht nach Festigkeit sortiert.

Die beiden Verfahren «Kantholzsortierung» und «Brettsortierung» unterscheiden sich vor allem bei der Methode zur Messung der Äste.

Messung der  
Astgrösse bei der  
Kantholzsortierung

Bei der «Kantholzsortierung» wird die Astgrösse nach der Methode «Kleinsten sichtbarer Durchmesser des Astes» (HHG Holz&HWS Seite 19, Bild 1.4-5) gemessen.



Ast: kleinsten sichtbarer Durchmesser =  $a_1$  bzw.  $a_2$

Kantenast: Seite b: kleinsten sichtbarer Durchmesser = der kleinere Wert von  $a_3$  und  $a_5$

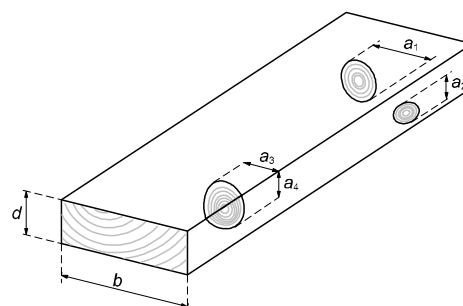
Seite h: kleinsten sichtbarer Durchmesser = der kleinere Wert von  $a_4$  und  $a_5$

Abbildung 218: Messung des kleinsten sichtbaren Durchmessers eines Astes (Quelle: Bild 1.4-5 aus Lignum, 2021a)

Die Ästigkeit A berechnet sich aus dem kleinsten sichtbaren Durchmesser, geteilt durch die Breite b bzw. der Höhe h der zugehörigen Querschnittsseite. Massgebend ist die grösste Ästigkeit. Bei der Sortierung werden damit häufig die Äste auf der Seite mit der kleineren Querschnittsabmessung (Breite b gem. Abbildung) massgebend.

Messung der  
Astgrösse bei der  
Brettsortierung

Bei der «Brettsortierung» wird die Astgrösse nach der Methode «Rechtwinklig zur Längsachse gemessene Breite des Astes» (HHG Holz&HWS Seite 18, Bilder 1.4-2, -3 und -4) kantenparallel gemessen.



Ast: Breite des Astes =  $a_1$  bzw.  $a_2$

Kantenast: Breitseite: Breite des Astes =  $a_3$   
Schmalseite: Breite des Astes =  $a_4$

Abbildung 219: Messung der Astgrösse rechtwinklig zur Holzstück-Längsachse (Quelle: Bild 1.4-2 aus Lignum, 2021a)

Als Sortiermerkmale sind bei der «Brettsortierung» für die Ästigkeit drei Kriterien zu berücksichtigen:

- Einzelast:  
Die Ästigkeit A berechnet sich aus der Summe der nach 5.1.3.1 bestimmten Astmasse a auf allen Schnittflächen, auf denen der Ast auftritt, geteilt durch das doppelte Mass der Breite b.

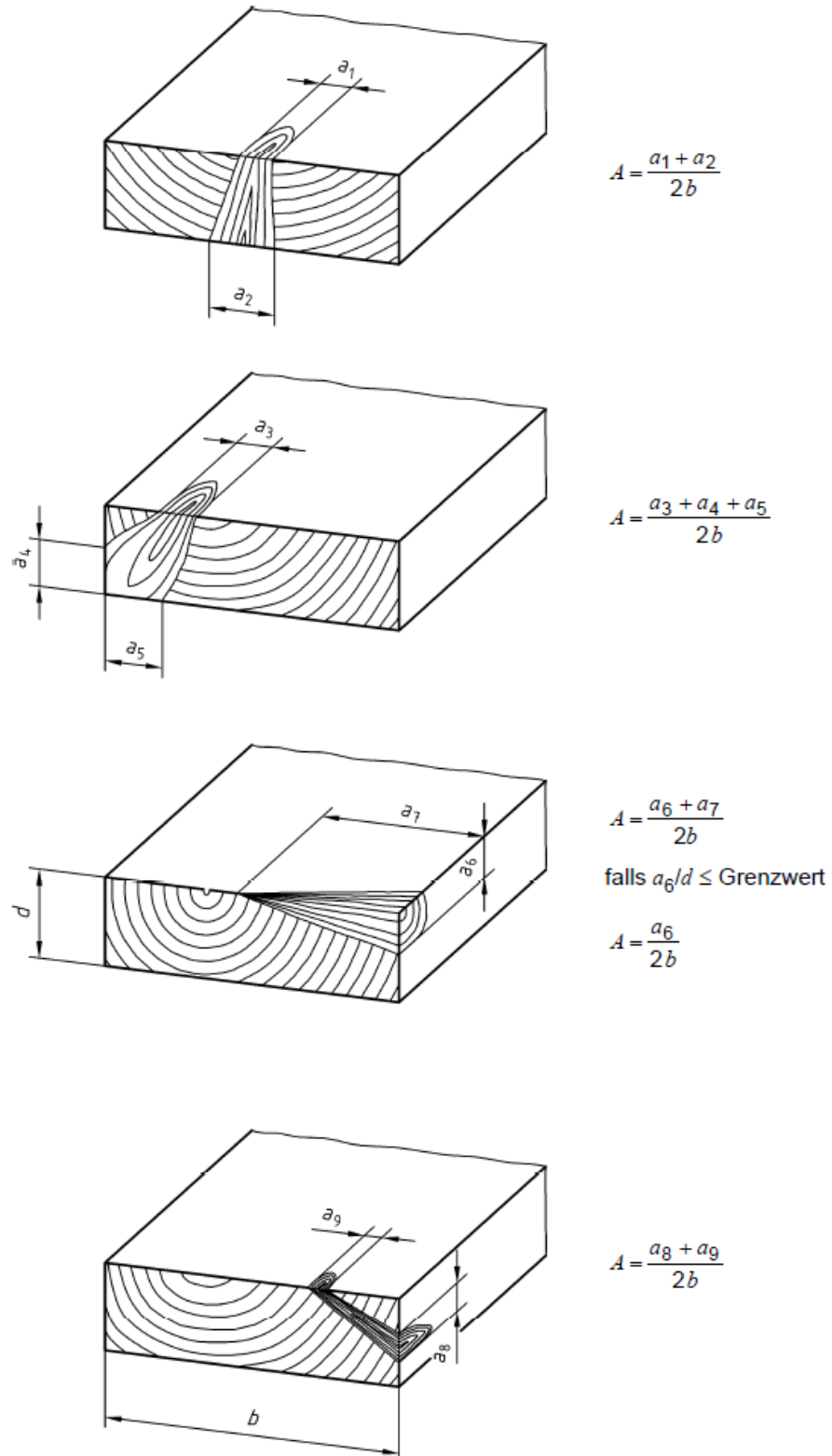


Abbildung 220: Astmasse und Berechnung der Ästigkeit A beim Einzelast, (Quelle: Bild 3 aus SIA, 2023)

- Astansammlung:  
Die Ästigkeit  $A$  berechnet sich aus der Summe der Astmasse  $a$  aller Astschnittflächen, die sich überwiegend innerhalb einer Messlänge von 150 mm befinden, geteilt durch das doppelte Mass der Breite  $b$ . Astmasse, die sich überlappen, werden nur einfach berücksichtigt.

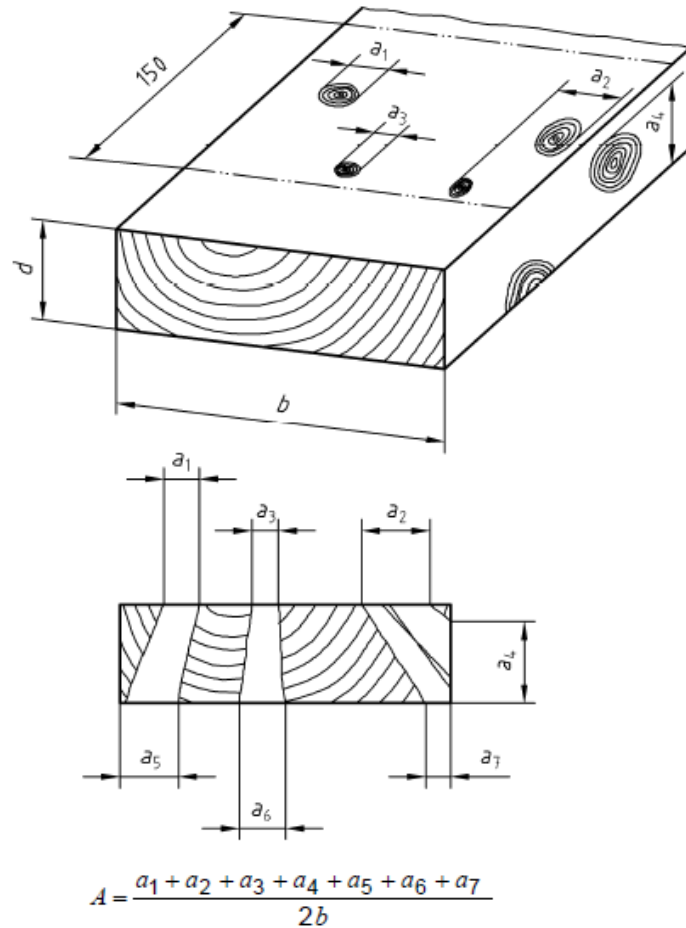


Abbildung 221: Astmasse und Berechnung der Ästigkeit  $A$  bei einer Astansammlung  
(Quelle: Bild 4 aus SIA, 2023)

- Schmalseitenast:  
Bei Schmalseitenästen ist die Summe der auf die Breitseite projizierten Längen der Äste, bezogen auf die Breite, ein zusätzliches Sortiermerkmal. Bei Brettern für Brettschichtholz (BSH-Lamellen) ist dieses Merkmal nicht gültig.

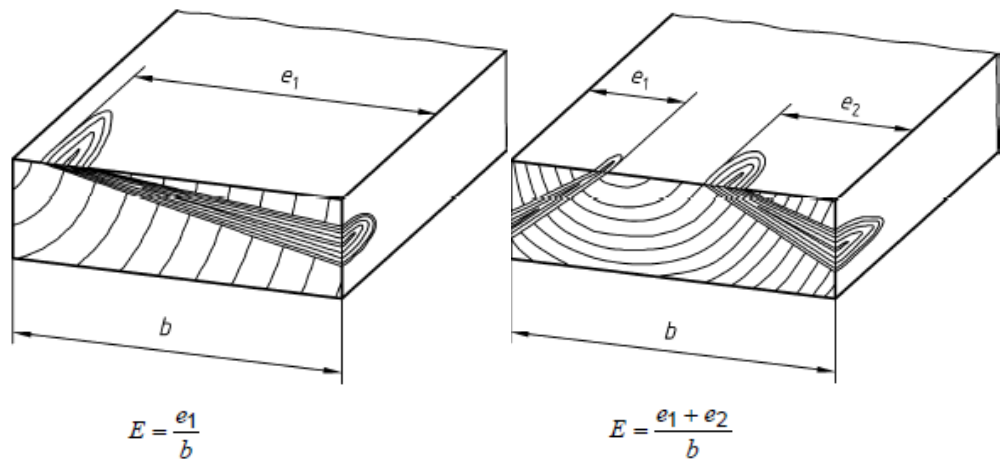


Abbildung 222: Bestimmung der projizierten Astlängen bei Schmalseitenästen  
(Quelle: Bild 5 und 6 aus SIA, 2023)

Hinweise für die  
Praxis

Worauf lohnt es sich bei der Festigkeitssortierung speziell zu achten?

Den grössten Einfluss auf die Festigkeit haben Äste, die Faserneigung (Schrägfaserigkeit) und die Jahrringbreite. Allerdings ist die mittlere Jahrringbreite in der Praxis üblicherweise nur für die Sortierklasse S13 massgebend.

Bei der «Kantholzsortierung» sind häufig die Äste auf der Seite mit der kleineren Querschnittsabmessung (Breite b gemäss Abbildung) massgebend für die Zuordnung zur Sortierklasse.

Zur «Brettsortierung» haben Zugversuche gezeigt, dass die Zugfestigkeit stark reduziert werden kann:

- bei Markbrettern und markdurchtrennten Brettern durch Kanten- und Schmalseitenäste, siehe Beispiel Grafik oben
- bei grobastigen Seitenbrettern durch Schrägfaserigkeit in Richtung der Brettstärke, siehe Beispiele in den Abbildungen







Abbildung 223: Markbrett mit Kanten-/Schmalseitenästen in Astansammlung.  
Bild oben Breitseite 1, Bild Mitte Breitseite 2, Bild unten Breitseite 1 nach dem Zugbruch.  
Vorherige Sortierung: Einzelast A = 0,25; Astansammlung A = 0,502; Sortierklasse S7.  
Die im Versuch erreichte Zugfestigkeit von 10,4 N/mm<sup>2</sup> ist tiefer als der charakteristische Wert der Zugfestigkeit von 11 N/mm<sup>2</sup> für die zugeordnete Festigkeitsklasse T11. (Quelle: Fuhrmann / Deublein)



Abbildung 224: Seitenbrett grösseren Ästen und Schrägfaserigkeit in Richtung der Brettdicke  
Bild oben Breitseite 1, Bild unten Breitseite 2.  
Vorherige Sortierung: Einzelast A = 0,37; Astansammlung A = 0,61; Sortierklasse S7  
Die im Versuch erreichte Zugfestigkeit von 9,4 N/mm<sup>2</sup> ist tiefer als der charakteristische Wert der Zugfestigkeit von 11 N/mm<sup>2</sup> für die zugeordnete Festigkeitsklasse T11. (Quelle: Fuhrmann / Sigrüst)

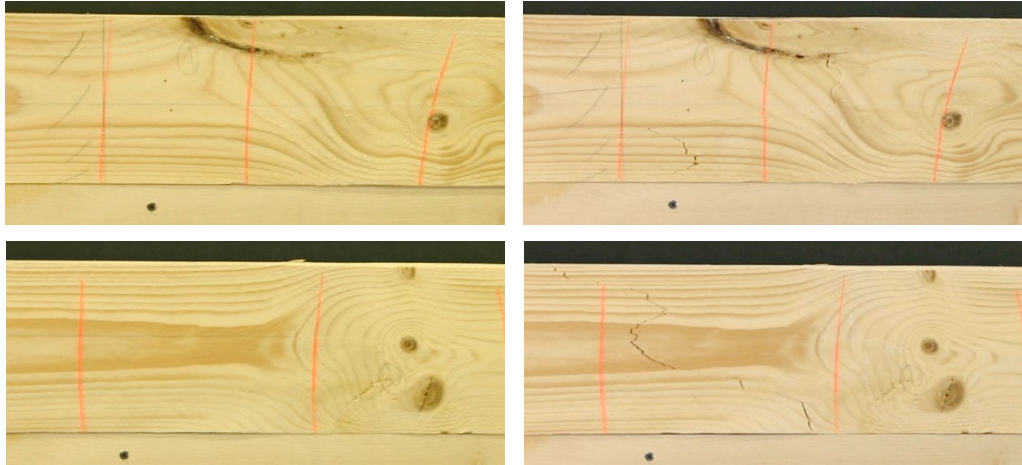


Abbildung 225: Seitenbrett mit grösseren Ästen und Schrägfaserigkeit in Richtung der Brettstärke  
 Bilder oben Breitseite 1, Bild unten Breitseite 2; rechts beide Breitseiten nach dem Zugbruch.  
 Vorherige Sortierung: Einzelast A = 0,33; Astansammlung A = 0,54; Sortierklasse S7  
 Die im Versuch erreichte Zugfestigkeit von 12,8 N/mm<sup>2</sup> ist höher als der charakteristische Wert der Zugfestigkeit von 11 N/mm<sup>2</sup> für die zugeordnete Festigkeitsklasse T11. (Quelle: Fuhrmann / Sigrist)

### 8.3.3. Maschinelle Festigkeitssortierung

#### Grundprinzip

Bei maschineller Festigkeitssortierung wird Vollholz von einer Maschine in Sortierklassen eingeteilt. Dazu misst die Maschine eine oder mehrere Eigenschaften des Vollholzes zerstörungsfrei. Für die zerstörungsfreie Messung der Eigenschaften gibt es mehrere Methoden (Stress Grading, Durchstrahlung, Ultraschall-Laufzeitmessung, Oberflächen-Scanner, Schwingungsmessung), die in den Sortiermaschinen eingesetzt werden. Um zutreffendere Ergebnisse zu erzielen, werden auch zwei oder drei dieser Methoden in einer Sortiermaschine eingesetzt und bei der Auswertung die gemessenen Eigenschaften (wie beispielsweise Astigkeit, Elastizitätsmodul und Rohdichte) miteinander kombiniert. Die Einstellwerte für eine Sortiermaschine müssen mittels Biegeversuchen an von dieser Maschine sortiertem Holz so kalibriert werden, dass die Maschine das Vollholz der entsprechenden Sortierklasse bzw. Festigkeitsklasse zuordnen kann.

#### Kalibrierung

Diese Kalibrierung der Sortiermaschine kann grundsätzlich nach zwei verschiedenen Überprüfungssystemen durchgeführt werden, «ausgabekontrolliert» oder «maschinenkontrolliert».

- Bei ausgabekontrollierten Systemen werden die Anfangseinstellungen der Sortiermaschine aufgrund einer vorgegeben Anzahl Biegebelastungsprüfungen ermittelt, siehe Norm SN EN 14081-2.  
 Während des Betriebs der Sortiermaschine wird regelmässig sortiertes Vollholz als Probekörper entnommen und wieder einer Biegebelastungsprüfung unterzogen, siehe SN EN 14081-3. Falls die Ergebnisse der Prüfung den vorgegebenen Werten nicht entsprechen, muss die Einstellung der Sortiermaschine angepasst werden.
- Bei maschinenkontrollierten Systemen werden die Einstellwerte der Sortiermaschine für Vollholz nach Herkunftsland/Wuchsgebiet und Holzart mit einer Vielzahl von Biegeversuchen vom Hersteller der Maschine nach den Vorgaben der Norm SN EN 14081-2 bestimmt und nachgewiesen.  
 Während des Betriebs der Sortiermaschine muss kein Vollholz mehr geprüft

werden. Die Leistung der Sortiermaschine muss noch mit Hilfe von Referenzbohlen überprüft werden, siehe SN EN 14081-3.

ergänzende  
visuelle Sortierung

Ein wenig visuelle Sortierung braucht es auch bei der maschinellen Sortierung noch: Weil mit der Sortiermaschine nicht alle Merkmale erfasst werden können, muss maschinell sortiertes Vollholz zusätzlich visuelle Anforderungen nach Norm SN EN 14081-1 Tabelle 1 erfüllen (Merkmale: maximal zulässige Risslänge, maximale Krümmung, Baumkante, Weichfäule und Verfärbungen, Insektenbefall, sonstige Fehler).

Wenn eine Sortiermaschine die Holzstücke nicht bis zu den Enden erfasst (wie beispielsweise Biegemaschinen für das Stress Grading), sind diese nicht vollständig erfassten Bereiche visuell zu überprüfen (Merkmale: Astdurchmesser, Faserneigung). Die Anforderungen für diese Bereiche sind in Norm SN EN 14081-1 Tabelle 2 festgelegt.

zusätzliche Qualitätskontrolle bei  
hochfesten Klassen

Bei der Sortierung von hochfesten Klassen (Level über C30) sind zur Qualitätskontrolle bei jeder Arbeitsschicht zwei Stück Bauholz aus jeder Sortierklasse als Stichproben zu entnehmen und die Biegefestigkeit hochkant zu prüfen. Das Prüfverfahren, die Auswertung der Ergebnisse und die Kriterien sind in SN EN 14081-3 vorgegeben.

#### 8.3.4. Qualitätssicherung: Werkseigene Produktionskontrolle (SIA, 2011)

Grundprinzip

Nach dem geltenden Bauproduktrecht muss nach Festigkeit sortiertes Bauholz für tragende Zwecke mit rechteckigem Querschnitt grundsätzlich nach Norm SN EN 14081-1 hergestellt werden. Diese Norm schreibt dem Hersteller eine Qualitätssicherung vor. Diese sogenannte «werkseigene Produktionskontrolle» (WPK) muss sicherstellen, dass die auf den Markt gebrachten Produkte mit den angegebenen Eigenschaften übereinstimmen.

Qualitätssicherungs-Handbuch

In einem Qualitätssicherungs-Handbuch ist die werkseigene Produktionskontrolle des Herstellers mit den zugehörigen Verfahren, Überprüfungen, Kontrollen, Aufzeichnungen usw. entsprechend den Anforderungen der Norm festzulegen. Die Norm SN EN 14081-1 verlangt beispielsweise die nachfolgend aufgeführten Kontrollen und Aufzeichnungen.

Je Arbeitsschicht ist Folgendes zu kontrollieren:

- Herkunft des Holzes und Holzart (oder Kombination von Holzarten)
- Abweichungen von den Sollmassen
- Sortierung
- Holzfeuchte, bei Sortierung von trockenem Holz
- Kennzeichnung

Mindestens einmal pro Jahr ist Folgendes zu kontrollieren:

- die Qualifikation des Personals einschliesslich der Beurteilung des sortierten Bauholzes
- Kalibrierung des Feuchtemessgerätes

Für jedes sortierte Los Bauholz sind folgende Aufzeichnungen erforderlich:

- Auftrags- oder Bestellnummer und Name des Kunden, falls bekannt

- Holzart und Herkunft
- Sortierklasse und Sortiernorm (sofern vorhanden)
- Holzabmessungen und Oberflächenbeschaffenheit (gehobelt oder sägerau)
- Feuchtegehalt bei Sortierung trockenen Holzes
- Datum und (Arbeits-)Schicht
- Name des Sortierers oder Name des für die Sortiermaschine Verantwortlichen
- zusätzlich bei maschineller Sortierung: Anzahl der Stücke je Sortierklasse und Anzahl der von der Sortiermaschine ausgesonderten Stücke
- zusätzlich bei maschineller Sortierung: sämtliche Maschineneinstellungen

#### Zertifizierung

Die werkseigene Produktionskontrolle muss von einer notifizierten Stelle (Zertifizierungsstelle) zertifiziert werden. Das erfolgt auf der Grundlage einer Erstprüfung des Werks und der werkseigenen Produktionskontrolle sowie einer laufenden Überwachung, Beurteilung und Anerkennung der werkseigenen Produktionskontrolle. Für die laufende Überwachung muss die werkseigene Produktionskontrolle mindestens einmal im Jahr (bzw. mindestens zweimal im Jahr bei maschineller Sortierung) von der notifizierten Stelle (Zertifizierungsstelle) überprüft werden.

Wenn der Hersteller festigkeitssortiertes Bauholz nur objektspezifisch nach Liste produziert, ist er von der Pflicht zur Zertifizierung der werkseigenen Produktionskontrolle mit Fremdüberwachung ausgenommen.

Gibt es in Ihrem Lehrbetrieb eine werkseigene Produktionskontrolle? Ist diese zertifiziert?

### 8.4. Leimholz

Als Grundlage für Ihre Tätigkeit im Leimholzwerk lernen Sie in diesem Kapitel die normierten Leimholz-Produkte mit ihren Regeln und Gebräuchen sowie die Regeln für die Auskappungen bei der spezifischen Festigkeitssortierung der Bretter, Bohlen und Kanthölzern in der Leimholz-Produktion kennen.

#### 8.4.1. Normierte Produkte (SIA, 2013b), (SIA, 2014), (SIA, 2021)

#### Übersicht normierte Produkt

Für Leimholz-Produkte gelten grundsätzlich die Vorschriften des Bauproduktrechts, siehe HHG Holz&HWS Kapitel 0.2. In den europäischen Normen sind die verschiedenen Produkte aus Nadelholz definiert und deren Herstellung geregelt. Ausgangsmaterial für die Leimholzprodukte bildet immer das festigkeitssortierte Vollholz nach SN EN 14081-1. In der Abbildung ist der Bezug zwischen den europäischen Normen und den Produkten für Voll- und Leimholz dargestellt.

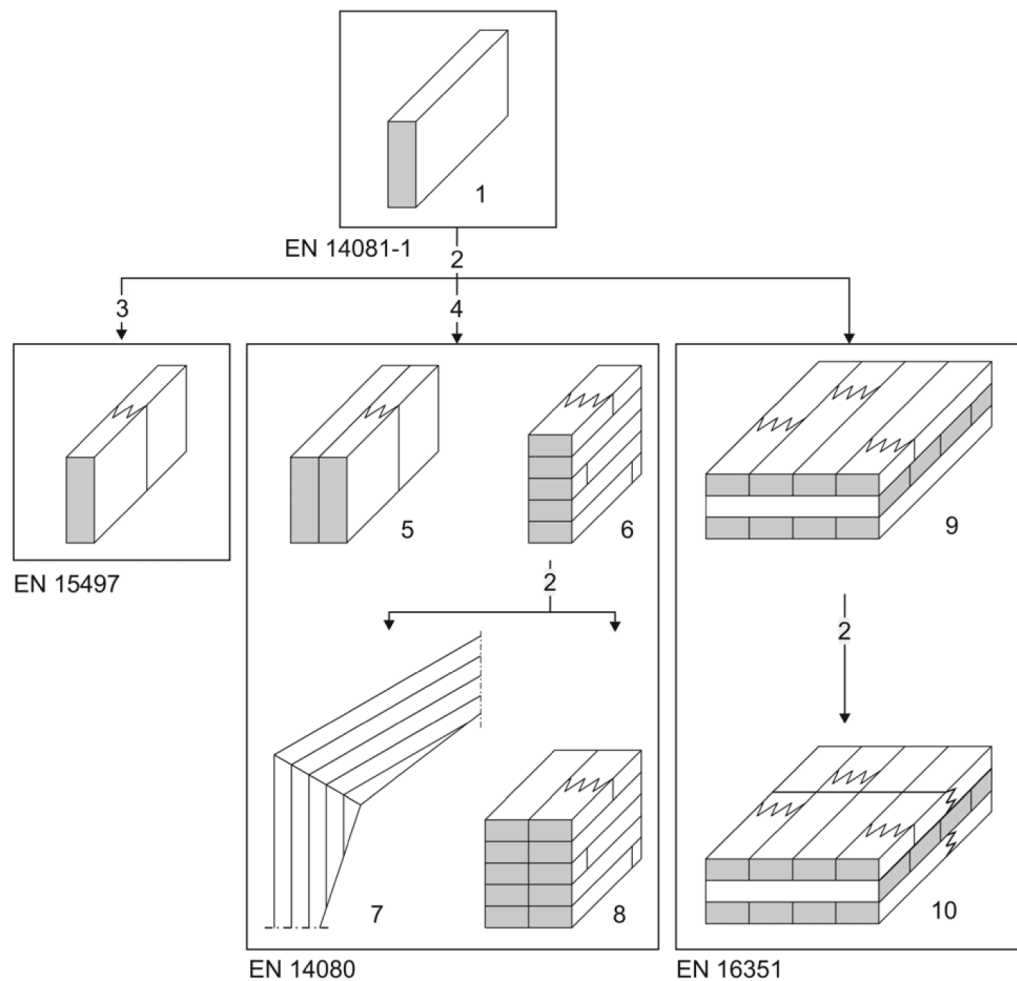


Abbildung 226: Zusammenhang zwischen einigen Europäischen Normen und Produkten für Bauholz für tragende Zwecke, (Quelle: Bild 1 aus EN 16351 SIA, 2021)

In der Abbildung bedeuten:

- 1 Bretter oder Bohlen bzw. Balken nach Norm SN EN 14081-1
- 2 sind ein Bestandteil von
- 3 keilgezinktem Vollholz (KVH) nach Norm SN EN 15497
- 4 geklebten Schichtholzprodukten
- 5 Balkenschichtholz nach Norm SN EN 14080
- 6 Brettschichtholz nach Norm SN EN 14080
- 7 Brettschichtholz mit Universal-Keilzinkenverbindungen nach Norm SN EN 14080
- 8 Verbundbauteilen aus Brettschichtholz nach Norm SN EN 14080
- 9 Brettsperrholz (CLT) nach Norm SN EN 16351
- 10 Brettsperrholz (CLT) mit Universal-Keilzinkenverbindungen nach Norm SN EN 16351

#### Normen

Nach dem geltenden Bauprodukterecht müssen folgende Leimholzprodukte grundsätzlich nach den harmonisierten Normen hergestellt werden, also:

- keilgezinktes Vollholz für tragende Zwecke nach Norm SN EN 15497
- Balkenschichtholz für tragende Zwecke grundsätzlich nach Norm SN EN 14080
- Brettschichtholz für tragende Zwecke grundsätzlich nach Norm SN EN 14080 (inkl. Rahmenbaukanteln)



## Zertifizierung

Diese Normen enthalten die Anforderungen an das Produkt, die Mindestanforderungen an die Herstellung und die Verfahren zur Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit (Erstprüfung, werkseigene Produktionskontrolle). Keilgezinktes Vollholz, Balkenschichtholz und Brettschichtholz müssen als Produkt eines Herstellers zusammen mit der werkseigenen Produktionskontrolle von einer notifizierten Stelle (Zertifizierungsstelle) zertifiziert werden. Das erfolgt auf der Grundlage einer Erstprüfung der Produkte, des Werks und der werkseigenen Produktionskontrolle sowie einer laufenden Überwachung, Beurteilung und Anerkennung der werkseigenen Produktionskontrolle. Für die laufende Überwachung muss die werkseigene Produktionskontrolle mindestens zweimal im Jahr überprüft werden. Siehe auch Kapitel 8.3.4.

## Herstellung

Die Herstellungsprozess dieser Produkte wird am Beispiel von Brettschichtholz in der Abbildung schematisch aufgezeigt. Für die Herstellung von keilgezinktem Vollholz und der Lamellen für die anderen Produkte werden die Holzstücke nach der Festigkeitssortierung mittels Keilzinkenverbindung in Längsrichtung verklebt. Für Balken- und Brettschichtholz werden die Lamellen anschliessend mittels Flächenverklebung der gehobelten Breitseiten parallel zueinander angeordnet stabförmig verklebt. Bei Brettsperrholz werden die Lamellen anschliessend mittels Flächenverklebung der gehobelten Breitseiten in Lagen kreuzweise zueinander angeordnet plattenförmig verklebt.

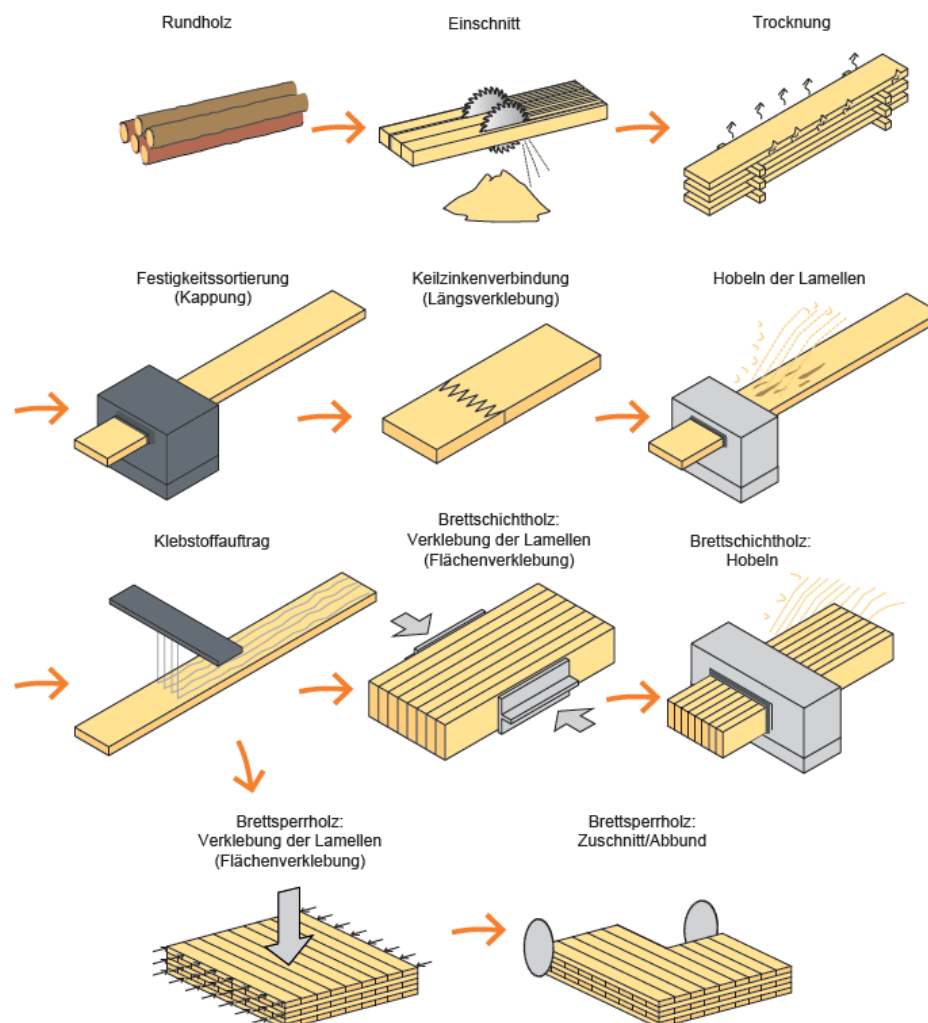


Abbildung 227: Herstellungsprozess (schematisch) von geradem Brettschichtholz und von Brettsperrholz (Quelle: Svenskt Trä)

Festigkeits-  
sortierung

In der Leimholzproduktion wird die eigentliche Festigkeitssortierung der Bretter, Bohlen und Kanthölzer üblicherweise bei der Kappstation vorgenommen. Bei visueller Festigkeitssortierung markiert der Mitarbeiter vor der Kappfräse diejenigen Stellen, welche die Kriterien der erforderlichen Sortierklasse nicht erfüllen und deshalb «ausgekappt» (also herausgeschnitten) werden müssen. Die eigentliche Lamelle bzw. das Kantholz wird an diesen Stellen mittels Keilzinkenverbindung danach wieder verklebt (siehe Abbildung).

Keilzinken-  
verbindung

Das Profil der Keilzinkenverbindung mit den üblichen bzw. empfohlenen Geometrien ist in den Produktnormen festgelegt (siehe Abbildung).

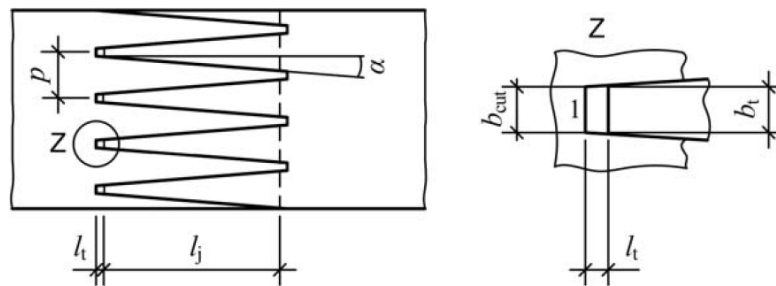


Abbildung 228: Typisches Profil einer Keilzinkenverbindung, (Quelle: Bild 2 aus SIA, 2014)

In der Abbildung bedeuten:

- 1        Zinkengrund
- $l_j$      Zinkenlänge
- $p$        Zinkenteilung
- $\alpha$       Flankenneigung
- $l_t$       Zinkenspiel
- $b_{cut}$    Fräsenbreite
- $b_t$       Breite der Zinkenspitze

Die Begriffe zur Keilzinkenverbindung sind wie folgt festgelegt:

<b>Keilzinkenverbindung</b>	Selbstzentrierende Endverbindung, die gebildet wird, indem eine Reihe von gleichartigen, spitz zulaufenden symmetrischen Keilzinken in die Endstücke der Holzbauteile mit einer Keilzinkenfräse maschinell eingefräst und dann geklebt werden, siehe Abbildung oben
<b>Flankenneigung</b>	Neigung $\alpha$ jeder Zinkenflanke in einer Keilzinkenverbindung
<b>Zinkenlänge</b>	Abstand zwischen dem Zinkengrund und der Zinkenspitze, gemessen entlang der Mittellinie des Zinkens, siehe Abbildung oben
<b>Zinkeneinteilung</b>	Abstand zwischen den Mitten nebeneinander liegender Zinkenspitzen, siehe Abbildung oben
<b>Zinkenspiel</b>	Abstand zwischen der Zinkenspitze und dem Zinkengrund in einer geklebten Keilzinkenverbindung, siehe Abbildung oben
<b>relatives Zinkenspiel</b>	Verhältnis zwischen dem Zinkenspiel und der Zinkenlänge
<b>Breite der Zinkenspitze</b>	Abstand zwischen den Zinkenseiten, gemessen an der Zinkenspitze, siehe Abbildung oben
<b>Verschwächungsgrad</b>	Verhältnis zwischen der Breite der Zinkenspitze und der Zinkenteilung

In der Keilzinkenverbindung selbst dürfen keine Äste oder ausgeprägten Faserabweichungen vorhanden sein. Die Normen stellen deshalb Anforderungen für das Auskappen. Dabei werden zwei Fälle unterschieden: Erstens das Wegschneiden eines Astes (bzw. einer Strukturstörung), der die Sortierkriterien nicht erfüllt. Zweitens, der Ast auf dem zu verwendenden Holzstück, der die Sortierkriterien erfüllt.

Wenn Holzstücke abgelängt (gekappt) werden, um einen Ast zu entfernen, muss der Abstand zwischen dem Kappschnitt und dem Ast mindestens dem 3-fachen Astdurchmesser  $d$  entsprechen (siehe Abbildung 228), mit folgenden Ausnahmen:

- bei keilgezinktem Vollholz:  
wenn durch ein geeignetes automatisches System sichergestellt ist, dass die Faserausrichtung im Bereich der Keilzinkenverbindung parallel zur Längsrichtung des Holzes ist.
- bei Lamellen für Brett- und Balkenschichtholz:  
wenn die Faserabweichung überprüft wird und die Faserrichtung etwa parallel zur Achse des Bretts verläuft, muss der Abstand zwischen dem Rand eines Astes und dem Kappschnitt nur noch mindestens den 1,5-fachen Astdurchmesser  $d$  betragen.

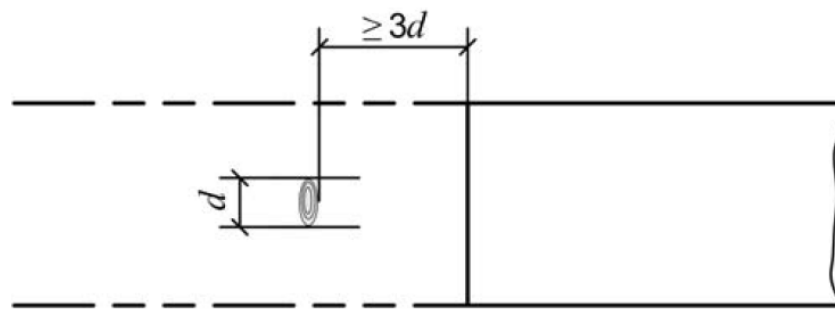


Abbildung 229: Mindestabstand des Kappschnittes beim Ausschneiden eines Astes  
(Quelle: Bild G.4 aus Norm SN EN 15497 SIA, 2014)

In der Abbildung bedeutet:

$d$  Astdurchmesser

Falls es im zu verwendenden Holzstück Äste mit einem Durchmesser von über 6 mm hat, welche die Sortierkriterien erfüllen, muss der Abstand zwischen dem Kappschnitt und dem Ast mindestens dem 3-fachen Astdurchmesser  $d$  entsprechen (siehe Abbildung), mit folgenden Ausnahmen:

- bei keilgezinktem Vollholz:  
wenn durch ein geeignetes automatisches System sichergestellt ist, dass die Faserausrichtung im Bereich der Keilzinkenverbindung parallel zur Längsrichtung des Holzes ist, muss der Abstand zwischen dem Rand eines Astes und der Keilzinkenverbindung nur noch mindestens den 1,5-fachen Astdurchmesser  $d$  betragen
- bei Lamellen für Brett- und Balkenschichtholz:  
wenn ein anerkanntes Sortierverfahren angewendet wird und es durch eine Prüfung dokumentiert wurde, dass mit einem kleineren Mindestabstand eine angemessene Festigkeit der Keilzinkenverbindungen erreicht wird

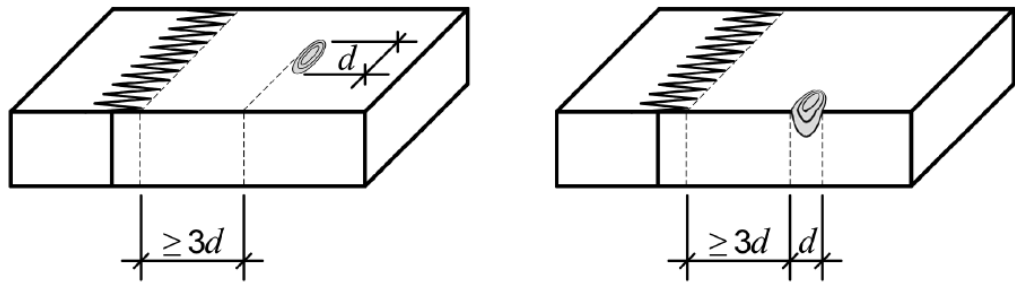


Abbildung 230: Mindestabstand zwischen dem Grund der Keilzinkenverbindung und einem Ast  
(Quelle: Bild I.1 aus SIA, 2013b)

In der Abbildung bedeutet:

$d$  Astdurchmesser

Auskappen  
keilgezinktes Voll-  
holz:  
Risse, Baumkante  
und Kantenbeschä-  
digungen

Bei keilgezinktem Vollholz bestehen weitere Anforderungen bezüglich der Zulässigkeit von Rissen, Baumkante und Kantenbeschädigungen im Bereich der Keilzinkenverbindungen:

- Risse sind im Bereich der Keilzinkenverbindungen nur zulässig, solange sie nicht tiefer als 50% der Dicke sind.
- Innerhalb der Zinkenlänge und bis zu einem Abstand von 75 mm vom Zinkengrund entfernt darf keine Baumkante oder Kantenbeschädigung, die mehr als zwei Kanten betrifft, vorhanden sein. Die Baumkantenfläche  $A_w$  darf an jeder Kante höchstens 1% des Holzquerschnitts betragen, siehe Abbildung.

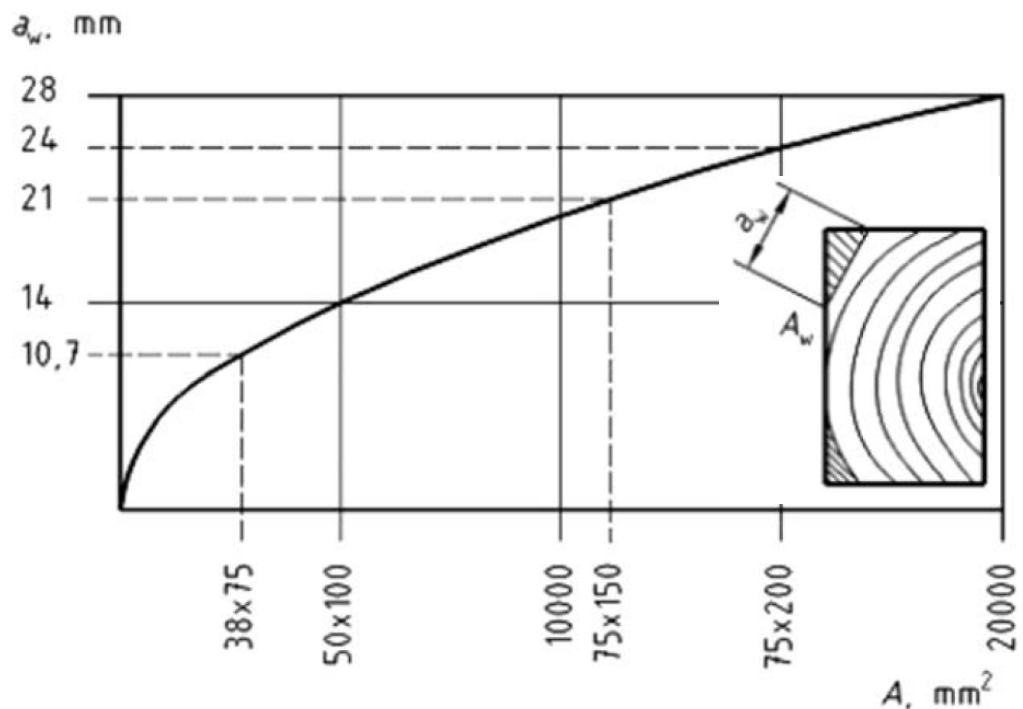


Abbildung 231: Holzquerschnitt mit Baumkante und maximale Diagonale der Baumkante  
(Quelle: Bilder G.1 und G.2 aus SIA, 2014)

In der Abbildung bedeuten:

$a_w$  maximale Diagonale der Baumkante

$A_w$  Baumkantenfläche

Risse sind im Bereich der Keilzinkenverbindungen nur zulässig, solange sie nicht tiefer als 50% der Dicke sind.

#### 8.4.2. Keilgezinktes Vollholz (Lignum, 2021a), (SIA, 2014)

Keilgezinktes Vollholz für tragende Zwecke nach Norm SN EN 15497 besteht aus mit Keilzinkenverbindungen in Längsrichtung verklebtem Vollholz. Keilgezinktes Vollholz wird üblicherweise als Handelsware produziert (handelsübliche Bezeichnungen z.B. KVH usw.).

Produkt



Abbildung 232: Keilgezinktes Vollholz aus Fichte in Industrie-Qualität (I), verdickt und gefast (Quelle: Lignum, 2021a)

Festigkeitsklassen

Das Kantholz für keilgezinktes Vollholz wird visuell nach dem Verfahren «Kantholzsortierung» oder maschinell festigkeitssortiert und einer sogenannten C-Klasse zugeordnet, siehe Kapitel 8.3. Für die Regeln zu den Auskappungen von Strukturstörungen siehe Kapitel 8.4.1. Die Festigkeitsklasse des keilgezinkten Vollholzes entspricht nach Norm SN EN 15497 üblicherweise der Festigkeitsklasse des verwendeten Vollholzes.

Regeln und  
Gebräuche

Für die Regeln und Gebräuche zu handelsüblichen Massen, Holzfeuchte, Masshaltigkeit und Ausmass siehe HHG Holz&HWS Kapitel 4.2.

Erscheinungsklassen

Bei keilgezinktem Vollholz aus Fichte und Tanne werden zwei Erscheinungsklassen unterschieden:

- N Normal-Qualität für den sichtbaren Bereich bei normalen Anforderungen an das Aussehen
- I Industrie-Qualität für Bereiche ohne Anforderungen an das Aussehen

Die Kriterien der Erscheinungsklassen sind in HHG Holz&HWS Kapitel 4.2.6 zusammengestellt.

ohne spezielle  
Vereinbarung gilt

Ohne spezielle Vereinbarung gilt bei keilgezinktem Vollholz:

- mindestens Festigkeitsklasse C24
- Holzart Fichte/Tanne
- Holzfeuchte  $15 \pm 3\%$
- Erscheinungsklasse I (Industrie-Qualität)
- Äste und Harzgallen ungeflickt, ohne Ausbesserung mittels Füllmassen



### 8.4.3. Balkenschichtholz (Lignum, 2021a), (SIA, 2013b)

Balkenschichtholz für tragende Zwecke aus Nadelholz nach Norm SN EN 14080 besteht aus zwei bis fünf parallel miteinander verklebten Lamellen, die eine endgültige Dicke von mehr als 45 mm bis einschliesslich 85 mm aufweisen und Gesamt-Querschnittsmasse von maximal 280 mm. Balkenschichtholz wird üblicherweise als Handelsware produziert (Bezeichnungen z.B. Duo-Balken, Trio-Balken, Leimholz usw.).

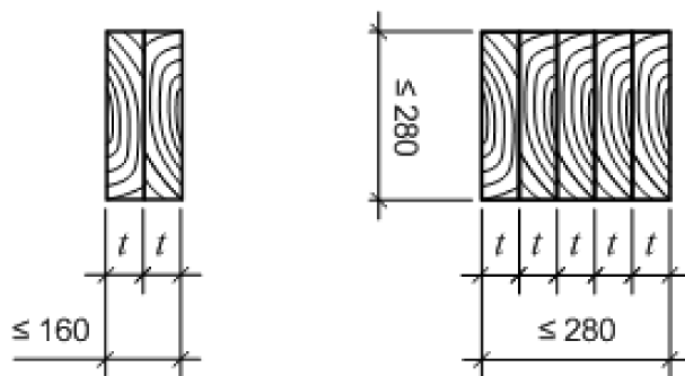


Abbildung 233: Balkenschichtholz mit zwei bzw. fünf Lamellen (Quelle: Bild 9 aus SIA, 2013b)

In der Abbildung bedeuten:

$t$  Lamellendicke, wobei gilt:  $t$  ist grösser als 45 mm bis einschliesslich 85 mm

Rahmenbaukanteln (Rahmenholz, Ständerholz usw.) aus miteinander verklebten Lamellen mit einer endgültigen Dicke von 6 mm bis einschliesslich 45 mm gelten gemäss der nach dem Bauproduktrecht verbindlichen Norm SN EN 14080 als Brettschichtholz, siehe Kapitel 8.4.4.



Abbildung 234: Balkenschichtholz aus Fichte in Normal-Qualität (N), verdickt und gefast (Quelle: Lignum, 2021a)

Festigkeitsklassen	Die Lamellen für Balkenschichtholz werden visuell nach dem Verfahren «Kantholzsortierung» oder maschinell festigkeitssortiert und einer sogenannten C-Klasse zugeordnet, siehe Kapitel 8.3. Für die Regeln zu den Auskappungen von Strukturstörungen siehe Kapitel 8.4.1. Die Festigkeitsklasse des Balkenschichtholzes entspricht nach Norm SN EN 14080 üblicherweise der Festigkeitsklasse der verwendeten Lamellen.
Regeln und Gebräuche	Für die Regeln und Gebräuche zu handelsüblichen Massen, Holzfeuchte, Masshaltigkeit und Ausmass siehe HHG Holz&HWS Kapitel 4.3.
Erscheinungsklassen	<p>Bei Balkenschichtholz aus Fichte und Tanne werden zwei Erscheinungsklassen unterschieden:</p> <p>N Normal-Qualität für den sichtbaren Bereich bei normalen Anforderungen an das Aussehen</p> <p>I Industrie-Qualität für Bereiche ohne Anforderungen an das Aussehen</p> <p>Die Kriterien der Erscheinungsklassen sind in HHG Holz&amp;HWS Kapitel 4.2.6 zusammengestellt.</p>
ohne spezielle Vereinbarung gilt	<p>Ohne spezielle Vereinbarung gilt bei Balkenschichtholz:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• mindestens Festigkeitsklasse C24</li> <li>• Holzart Fichte/Tanne</li> <li>• Holzfeuchte <math>10 \pm 2\%</math> oder <math>10 \pm 2\%</math> je nach Klebstofftyp</li> <li>• Erscheinungsklasse I (Industrie-Qualität)</li> </ul>
Produkt Brettschichtholz	<p><b>8.4.4. Brettschichtholz (Lignum, 2021a), (SIA, 2013b)</b></p> <p>Brettschichtholz für tragende Zwecke nach Norm SN EN 14080 besteht aus mindestens zwei parallel miteinander verklebten Lamellen, die eine endgültige Dicke von 6 mm bis einschliesslich 45 mm aufweisen. Brettschichtholz wird üblicherweise mit den angegebenen Vorzugsmassen als Handelsware oder objektspezifisch im Rahmen der angegebenen möglichen Masse produziert.</p>



Abbildung 235: Brettschichtholz aus Fichte in Normal-Qualität (N), verdickt und gefast, (Quelle: Lignum, 2021a)

Balkenaufbau  
homogen oder  
kombiniert

Nach dem Balkenaufbau werden grundsätzlich zwei Arten von Brettschichtholz unterschieden:

- homogenes Brettschichtholz (mit Buchstaben «h» in der Festigkeitsklasse), dessen Querschnitt aus Lamellen einer einzelnen Festigkeitsklasse besteht, siehe Abbildung 237links
- kombiniertes Brettschichtholz (mit Buchstaben «c» in der Festigkeitsklasse), dessen Querschnitt aus inneren und äusseren Lamellen unterschiedlicher Festigkeitsklassen aufgebaut ist, siehe Abbildungen

### Legende

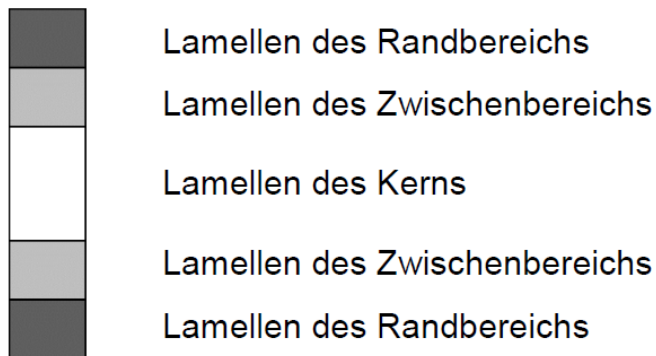


Abbildung 236: Grundsätzliche Möglichkeit für einen Balkenaufbau bei kombiniertem Brettschichtholz (Quelle: Bild 7 aus SIA, 2013b)

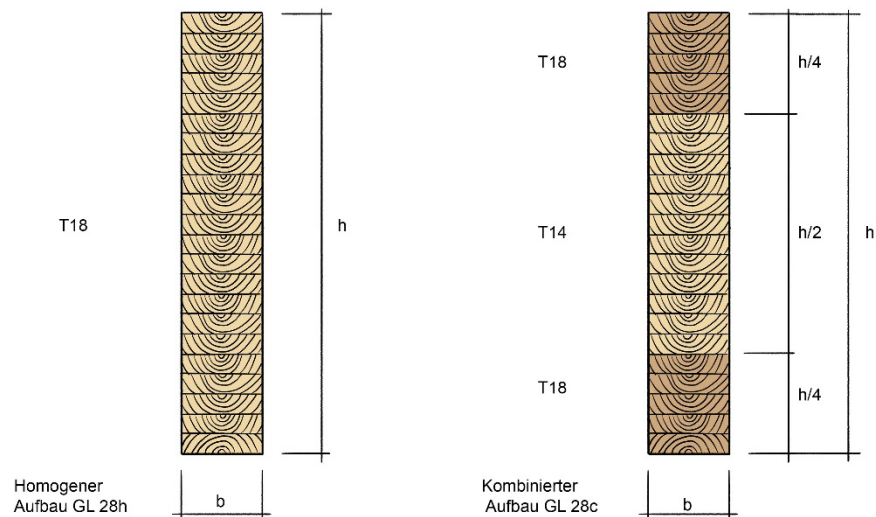


Abbildung 237: Beispiele für den Balkenaufbau bei Brettschichtholz (Quelle: IHBV, 2017)

## Festigkeitsklassen

Die Lamellen werden visuell nach dem Verfahren «Brettsortierung» oder maschinell festigkeitssortiert und einer sogenannten T-Klasse zugeordnet, siehe Kapitel 8.3. In der Schweiz werden üblicherweise Lamellen der Festigkeitsklassen T11, T14 und T18 verklebt. Für die Regeln zu den Auskappungen von Strukturstörungen siehe Kapitel 8.4.1. Die Festigkeitsklasse des Brettschichtholzes wird üblicherweise nach den in Norm SN EN 14080 vorgegeben Balkenaufbauten mit Lamellen bestimmter Festigkeitsklassen festgelegt. Die Bezeichnung der Festigkeitsklassen besteht aus den Buchstaben «GL» (Abkürzung für Glulam, so heisst Brettschichtholz in Englisch), einer Zahl (für einen Biegefestigkeitswert) und dem Buchstaben «h» bei homogenem bzw. «c» bei kombiniertem Brettschichtholz. Die in der Schweiz gängigste Festigkeitsklasse ist GL24h.

## Produkt Rahmenbalkanteln

Als Rahmenbalkanteln (Rahmenholz, Ständerholz usw.) gilt Brettschichtholz mit einer kleineren Querschnittsabmessung von 60 mm und 80 mm.

## Regeln und Gebräuche

Für die Regeln und Gebräuche zu Vorzugsmassen, möglichen Massen, Holzfeuchte, Masshaltigkeit und Ausmass siehe HHG Holz&HWS Kapitel 4.4.

## Erscheinungs- klassen

Bei Brettschichtholz aus Fichte und Tanne werden zwei Erscheinungsklassen unterschieden:

- A Auslese-Qualität  
für den sichtbaren Bereich bei erhöhten Ansprüchen an das Aussehen
- N Normal-Qualität  
für den sichtbaren Bereich bei normalen Anforderungen an das Aussehen
- I Industrie-Qualität  
für Bereiche ohne Anforderungen an das Aussehen

Bei Rahmenbalkanteln aus Fichte und Tanne werden nur die Erscheinungsklassen N und I unterschieden.

Die Kriterien der Erscheinungsklassen sind in HHG Holz&HWS Kapitel 4.2.7 zusammengestellt.

ohne spezielle  
Vereinbarung gilt

Ohne spezielle Vereinbarung gilt bei Brettschichtholz:

- mindestens Festigkeitsklasse GL24h
- Holzart Fichte bei Erscheinungsklasse A und Fichte/Tanne bei Erscheinungsklassen N und I
- Holzfeuchte  $10 \pm 2\%$  oder  $10 \pm 2\%$  je nach Klebstofftyp
- Erscheinungsklasse I (Industrie-Qualität), verdickt, ohne Fase

Ohne spezielle Vereinbarung gilt bei Rahmenbaukanteln:

- mindestens Festigkeitsklasse GL20h
- Holzart Fichte/Tanne
- Holzfeuchte  $10 \pm 2\%$  oder  $10 \pm 2\%$  je nach Klebstofftyp
- Erscheinungsklasse I (Industrie-Qualität), verdickt, ohne Fase

#### 8.4.5. Brettsperrholz (Lignum, 2021a), (SIA, 2021)

Produkt

Brettsperrholz wird nach SN EN 16351 als tragendes Holzprodukt hergestellt, das aus mindestens drei rechtwinklig verklebten Lagen besteht und stets Brettlagen und möglicherweise auch Lagen aus Holzwerkstoffen enthält. Die Einzelbretter einer Lage dürfen seitlich untereinander ohne Verklebung stumpf gestossen sein. Für die Fugenbreiten in Decklagen bestehen zusätzliche Beschränkungen bei den Erscheinungsklassen.

Die lieferbaren Schichtaufbauten und Abmessungen von Brettsperrholzplatten sind von der Produktionseinrichtung des Herstellers abhängig. Neben firmenspezifisch standardisierten Brettsperrholzplatten können mehrere Hersteller Brettsperrholzplatten mit individuell festgelegtem Schichtaufbau in auftragsbezogenen Abmessungen liefern.

Die Norm SN EN 16351 ist noch nicht harmonisiert bzw. bezeichnet. Die Hersteller verfügen deshalb meistens über eine Europäische Technischer Bewertung (ETA), die in der Praxis oft als Zulassung bezeichnet wird. Die Anforderungen an das Produkt und dessen Herstellung inkl. werkseigener Produktionskontrolle sind darin festgelegt, siehe Kapitel 8.3.4. Die Zertifizierung erfolgt ebenfalls nach der ETA des Herstellers.





Abbildung 238: Brettsperrholzplatte (5-lagig) aus Fichte, Erscheinungsklasse B (Quelle: Lignum, 2021a)

#### Festigkeitsklassen

Charakteristische Festigkeits- und Steifigkeitswerte sind in Abhängigkeit von den geometrischen Daten und den relevanten Eigenschaften produktspezifisch zu berechnen und werden üblicherweise vom Hersteller zur Verfügung gestellt.

#### Regeln und Gebräuche

Für die Regeln und Gebräuche zu Abmessungen, möglichen Schichtaufbauten, Feuchtegehalt, Masshaltigkeit und Ausmass siehe HHG Holz&HWS Kapitel 5.3.

#### Erscheinungsklassen

Bei Brettsperrholz aus Nadelholz werden vier Erscheinungsklassen unterschieden:

- A Auslese-Qualität  
für den sichtbaren Bereich bei erhöhten Ansprüchen an das Aussehen
- B Normal-Qualität 1  
für den sichtbaren Bereich bei normalen Anforderungen an das Aussehen
- C Normal-Qualität 2  
für den sichtbaren Bereich bei normalen Anforderungen an das Aussehen mit deckender Oberflächenbehandlung oder bei verminderter Anforderung an das Aussehen
- I Industrie-Qualität  
für Bereiche ohne Anforderungen an das Aussehen

Die Beurteilung der Erscheinungsklassen muss auf Vorder- und Rückseite der Platte erfolgen. In Ausschreibung und Kennzeichnung sind die Symbole der Klassen von beiden Seiten, durch einen Schrägstrich getrennt, anzugeben (Beispiele: B/B, B/C, C/C).

Die Kriterien der Erscheinungsklassen sind in HHG Holz&HWS Kapitel 5.3.6 zusammengestellt.

## 8.5. Holzwerkstoffe (Lignum, 2021a)

Holzwerkstoffe werden fast ausnahmslos industriell als Standardware hergestellt. Neben einigen patentierten und firmenspezifischen Produkten sind praktisch alle Holzwerkstoffe normiert. In diesem Kapitel sind die wesentlichsten Definitionen der normierten Holzwerkstoffe kurz dargestellt.

Einerseits können für die Herstellung von Holzwerkstoffen neben Restholz auch Holzsortimente verwendet werden, die als Vollholz nicht nutzbar sind. Beispielsweise steht bei Spanplatten die optimale Nutzung des Rohmaterials im Vordergrund. Andererseits wird bei einigen Holzwerkstoffen die Optimierung spezieller Eigenschaften angestrebt. Beispielsweise bei Furnierschichtholz für das Bauwesen sind hohe Festigkeit und Steifigkeit wichtig. Zudem lassen sich Produkte in Formen und Abmessungen herstellen, welche den Anwendungsbereich im Vergleich zum Schnittholz wesentlich erweitert.

Strukturelemente  
der Holzwerkstoffe

Für die Herstellung von Holzwerkstoffen dient Holz in unterschiedlich stark zerkleinerter bzw. zerlegter Form, siehe Abbildung unten. Je nachdem wie diese Teile in der Produktion zum Holzwerkstoff wieder zusammengefügt werden, unterscheiden sich die Eigenschaften des Holzwerkstoffes.



Abbildung 239: Strukturelemente von Holzwerkstoffen (Quelle: HIS nach Dunky)

Basis der Holzwerkstoffe

Nach dem verwendeten Strukturelement für die Herstellung kann man die Holzwerkstoffe in folgende Typen einteilen:

- Werkstoffe auf Vollholzbasis
- Werkstoffe auf Furnierbasis
- Werkstoffe aus Spanbasis
- Werkstoffe auf Faserbasis
- Verbundwerkstoffe als Kombination verschiedener Werkstoffe

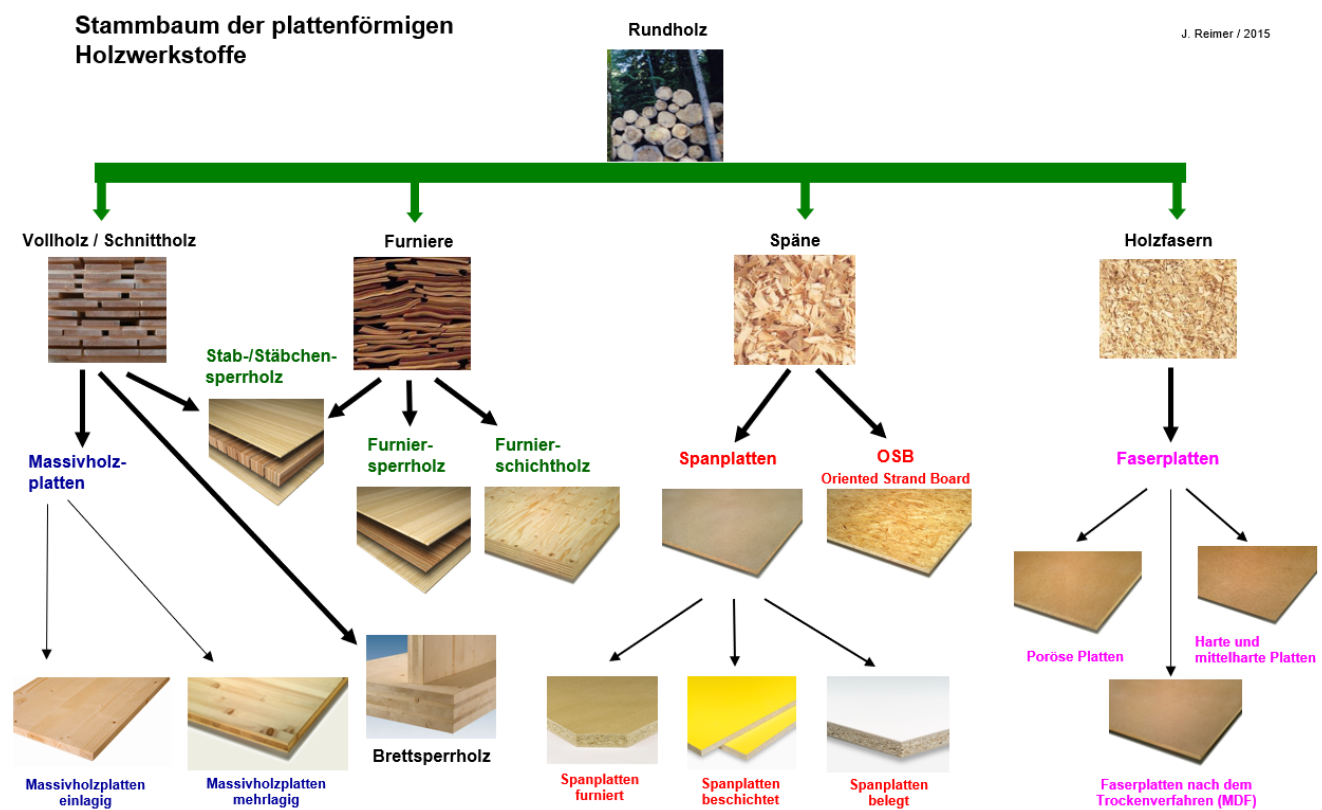


Abbildung 240: Stammbaum Holzwerkstoffe (Quelle: HWS Holzwerkstoffe Schweiz)

Holz- und Klebstoff-  
anteile

Die meisten Holzwerkstoffe werden durch Verkleben gleichartiger Strukturelemente produziert. Typische Holz- und Klebstoffanteile sind in Tabelle 6 angegeben.

Material	Holzanteil in %	Klebstoffanteil in %
Brettschichtholz	95 bis 97	3 bis 5
Massivholzplatte	95 bis 97	3 bis 5
Spanplatte	86 bis 93	7 bis 14
Furnierwerkstoffe (Sperrholz, Furnier- schichtholz)	20 bis 95	0 bis 16 (bei HDF bis 16, bei leichtem MDF je nach Klebstoffhart z.T. deutlich höher)
Faserplatte	86 bis 100	5 bis (80) hohe Anteile bei kunst- harzimprägniertem Holz

Ausgleich der  
Eigenschaften:  
Absperrung

Holz arbeitet, es schwindet und quillt, quer zur Faserrichtung wesentlich stärker als in Faserrichtung, siehe Kapitel Rundholz und Rundholzteilen (2. LJ). Wie der Name Sperrholz schon andeutet, wird dem Verhalten bei diesem Holzwerkstoff entgegengewirkt. Es ist also abgesperrtes Holz. Sperrholz wird aus einer ungeraden Anzahl Furnierlagen verklebt. Dabei wird die Faserrichtung einzelner Lagen rechtwinklig zur Faserrichtung der Decklagen angeordnet, siehe Abbildung. Der Aufbau muss im Bezug zur mittesten Furnierlage in Dickenrichtung immer spiegelbildlich (symmetrisch) sein. So ist in Längs- und Querrichtung der Platte immer ein Anteil der Furnierlagen längs zur Faserrichtung vorhanden und sperrt die quer zur Faserrichtung vorhandenen Lagen ab.

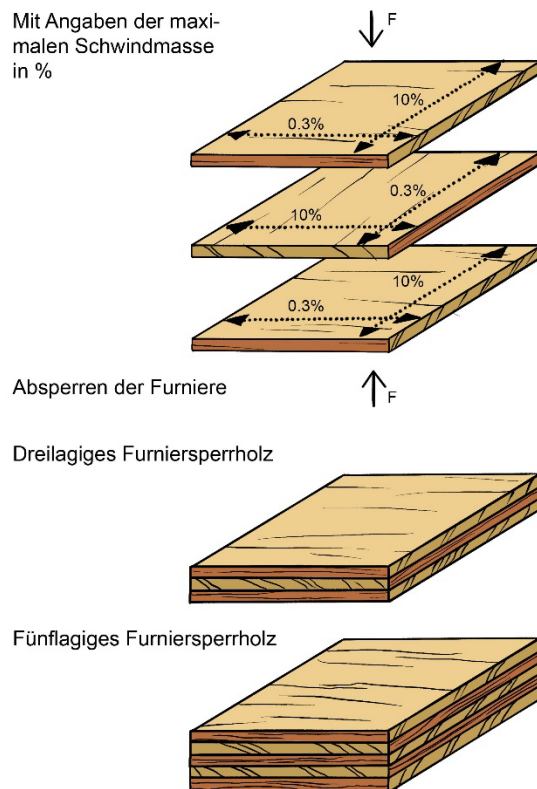


Abbildung 241: Aufbau von Sperrholz (Quelle: HIS)

Homogenisierungseffekt

Bei Holzwerkstoffen, die aus einzelnen Brett- oder Furnierschichten aufgebaut sind, entsteht ein sogenannter Homogenisierungseffekt. Im Vergleich zum Vollholz werden beim Holzwerkstoff Strukturstörungen wie beispielsweise Äste und Schrägfaserigkeiten bei der Zerkleinerung des Holzes klein aufgeschnitten und danach in zufälliger Position wieder miteinander verklebt. Beim Holzwerkstoff ist also ein grosser Ast, der beim Vollholz die Festigkeit stark reduzieren kann, nicht möglich. Diese Holzwerkstoffe verfügen deshalb im Vergleich über eine kleinere Streuung der Festigkeitswerte.

Verwendungszwecke und technische Klassen

Die verschiedenen Verwendungszwecke erfordern unterschiedliche Eigenschaften der Produkte. Die «technische Klasse» dient dazu, die Produkte normgerecht dem Verwendungszweck zuordnen zu können. Die Begriffe zum Verwendungszweck der normierten Holzwerkstoffe sind wie folgt festgelegt:

<b>technische Klasse</b>	Produkt-Leistungsklasse, die ein normgerechtes Zuordnen von Produktleistung und Verwendungszweck erleichtern soll
<b>allgemeine Zwecke</b>	Alle nichttragenden Anwendungen, die nicht anderweitig festgelegt sind.
<b>nichttragende Zwecke</b>	Einsatz unter nichttragenden Bedingungen, z.B. als Teil eines Gebäudes oder einer Konstruktion.
<b>tragende Zwecke</b>	Einsatz in einer tragenden Konstruktion, d. h. in planmässig miteinander verbundenen Teilen, um einem Bauwerk mechanische Festigkeit und Standsicherheit zu verleihen.
<b>Trockenbereich</b>	Bedingungen entsprechend Nutzungsklasse 1 nach SN EN 1995-1-1. Für die Verwendung im Trockenbereich vorgesehene Holzwerkstoffe sind für die Innenverwendung ohne Gefahr einer Durchfeuchtung, entsprechend der Gebrauchsklasse 1 nach SN EN 335 geeignet.
<b>Feuchtbereich</b>	Bedingungen entsprechend Nutzungsklasse 2 nach SN EN 1995-1-1. Für die Verwendung im Feuchtbereich vorgesehene Holzwerkstoffe sind im Aussenklima bei Schutz gegen direkte Bewitterung (z.B. hinter Aussenbekleidung oder unter Dach), entsprechend der Gebrauchsklasse 2 nach SN EN 335, geeignet und können einer kurzzeitigen Bewitterung (z.B. während der Bauphase) ausgesetzt werden. Sie sind ebenso für Innenverwendung geeignet, wenn die Feuchtebeanspruchung das Niveau des Trockenbereichs überschreitet.
<b>Aussenbereich</b>	Für die Verwendung im Aussenbereich vorgesehene Holzwerkstoffe sind im Aussenklima ohne Schutz gegen direkte Bewitterung, entsprechend der Gebrauchsklasse 3 nach SN EN 335 geeignet. Die Gebrauchstauglichkeit dieser Holzwerkstoffe im Aussenbereich wird beeinträchtigt, wenn keine geeignete Schutzbehandlung und/oder entsprechende Beschichtung der Oberflächen und der Kanten erfolgt und wenn die Platten nicht fachgerecht eingebaut und instandgehalten werden.



Als Beispiel sind in Tabelle 7 die Verwendungsbereiche normierter Holzwerkstoffe für tragende Zwecke nach technischen Klassen zusammengestellt, für die vollständige Tabelle siehe HHG Holz&HWS Kapitel 5.1.3.

Verwendung  Holzwerkstoff	für tragende Zwecke mit Lage im		
	Trocken- bereich	Feucht- bereich	Aussen- bereich
<b>Massivholzplatten</b> (SN EN 13353)	SWP/1 S SWP/1 SD	SWP/2 S SWP/2 SD	SWP/3 S SWP/3 SD
<b>Brettsperrholzplatten</b> (SN EN 16351)	produktspezifisch		
<b>Sperrholzplatten</b> (SN EN 636)	EN 636-1	EN 636-2	EN 636-3
<b>Furnierschichtholz</b> (SN EN 14279)	LVL/1	LVL/2	LVL/3
<b>Furnierschichtholz</b> (SN EN 14374)	LVL	LVL	LVL
<b>Spanplatten</b> (SN EN 312) - hochbelastbare Platten	P4	P5	
	P6	P7	
<b>Oriented Strand Board (OSB)</b> (SN EN 300) - hochbelastbare Platten	OSB/2	OSB/3	
		OSB/4	
<b>zementgebundene Spanplatten</b> (SN EN 634-2)	Klasse 1 Klasse 2	Klasse 1 Klasse 2	Klasse 1 Klasse 2
<b>harte Faserplatten</b> (SN EN 622-2) - hochbelastbare Platten	HB.LA	HB.HLA1	
		HB.HLA2	
<b>mittelharte Faserplatten</b> (SN EN 622-3) - nur für kurze und sehr kurze Lasteinwirkungsdauer	MBH.LA1 MBH.LA2		
		MBH.HLS1 MBH.HLS2	
<b>poröse Faserplatten</b> (SN EN 622-4) - nur für kurze und sehr kurze Lasteinwirkungsdauer			
	SB.LS	SB.HLS	
<b>mitteldichte Faserplatten (MDF)</b> (SN EN 622-5) - nur für kurze und sehr kurze Lasteinwirkungsdauer	MDF.LA		
		MDF.HLS	

### 8.5.1. Massivholzplatten (Lignum, 2021a)

Produkt

Massivholzplatten werden nach SN EN 13353 als einlagige und als mehrlagige Platten aus Nadelholz und aus Laubholz hergestellt.

Nach der Verwendungsmöglichkeit werden bei den Massivholzplatten die folgenden neun technischen Klassen unterschieden:

Für die nichttragende Verwendung:

- SWP/1 NS für den Trockenbereich
- SWP/2 NS für den Feuchtbereich
- SWP/3 NS für den Aussenbereich

Für die tragende Verwendung:

- SWP/1 S für den Trockenbereich
- SWP/2 S für den Feuchtbereich
- SWP/3 S für den Aussenbereich

Für die tragende Verwendung auf Grundlage von deklarierten Werten:

- SWP/1 SD für den Trockenbereich
- SWP/2 SD für den Feuchtbereich
- SWP/3 SD für den Aussenbereich

Die Zertifizierung erfolgt nach der übergeordneten harmonisierten Norm SN EN 13986.

Für charakteristische Festigkeits- und Steifigkeitswerte siehe SN EN 12369-3:2008 oder Europäische Technische Bewertung (ETA) der Hersteller.

Einlagige Massivholzplatten bestehen aus mehreren Holzstücken, die nur in einer Lage miteinander verklebt sind. Alle Fugen müssen gut verklebt sein; offene Fugen sind nicht zulässig. Mischungen von Holzarten innerhalb einer Platte sind nicht zulässig. Bei den einlagigen Massivholzplatten werden zwei Typen unterschieden:

- Typ SC,  
die Holzstücke sind in der Länge gestossen und in der Regel an den Stossstellen miteinander verklebt oder keilgezinkt (<SC> – showing cuts)
- Typ NC,  
die Holzstücke sind auf die volle Plattenlänge stossfrei durchlaufend (<NC> – no cuts)



Abbildung 242: Einlagige Massivholzplatte aus Fichte, Erscheinungsklasse B (Quelle: Lignum, 2021a)

mehrlagige  
Massivholzplatten

Mehrlagige Massivholzplatten bestehen aus zwei in Faserrichtung parallel verlaufenden Decklagen und mindestens einer zur Faserrichtung der Decklagen um 90° versetzten Innenlage, die miteinander verklebt sind. Alle Plattenarten müssen in der Dicke symmetrisch aufgebaut sein. Die Decklagen müssen eine Mindestdicke

von 3,5 mm, bei Platten aus Nadelholz für tragende Zwecke (siehe Klasse S) eine Mindestdicke von 5 mm aufweisen. Alle Lamellen der Platte müssen (mit festgelegten Ausnahmen) aus derselben Holzart bestehen.



Abbildung 243: Mehrlagige Massivholzplatte aus Fichte, Erscheinungsklasse B (Quelle: Lignum, 2021a)

Masse und  
Feuchtegehalt

Erscheinungs-  
klassen

Für handelsübliche Masse, Masshaltigkeit und Feuchtegehalt siehe HHG Holz&HWS Kapitel 5.2.

Bei Massivholzplatten bestehen je nach Art und Holzart drei, vier oder fünf Erscheinungsklassen:

- 0 Möbel-Qualität (nur bei Massivholzplatten aus Nadelholz)  
für den sichtbaren Bereich bei höchsten Anforderungen an das Aussehen (z.B. Möbel)
- A Auslese-Qualität  
für den sichtbaren Bereich bei erhöhten Anforderungen an das Aussehen
- B Normal-Qualität  
für den sichtbaren Bereich bei normalen Anforderungen an das Aussehen
- C Industrie-Qualität  
für Bereiche ohne Anforderungen an das Aussehen
- S Konstruktions-Qualität (nur bei mehrlagigen Massivholzplatten aus Nadelholz)  
für tragende Zwecke in Bereichen ohne Anforderungen an das Aussehen

Die Beurteilung der Erscheinungsklassen muss auf Vorder- und Rückseite der Platte erfolgen. In Ausschreibung und Kennzeichnung sind die Symbole der Klassen von beiden Seiten, durch einen Schrägstrich getrennt, anzugeben (Beispiele: A/B, B/B, B/C, A/C, S/S).

Die Klasse S bei Nadelholz ist für tragende Zwecke vorgesehen (z.B. für Betonschalungen und als Bauplatte). Kombinationen der Klasse S mit anderen Klassen innerhalb derselben Platte sind nicht üblich.

Die Kriterien der Erscheinungsklassen sind in HHG Holz&HWS Kapitel 5.2.4 zusammengestellt.

### 8.5.2. Sperrholz (Lignum, 2021a)

Produkt

Sperrholz ist ein Verbund miteinander verklebter Furnierlagen, wobei die Faserrichtungen aufeinanderfolgender Lagen meistens rechtwinklig zueinander verlaufen. Nach dem Plattenaufbau werden gemäss Norm SN EN 313-1 folgende Typen unterschieden:

- **Furniersperrholz**  
Sperrholz, bei dem alle Lagen aus parallel zur Plattenebene liegenden Furnieren bestehen



Abbildung 244 Furniersperrholz (Quelle: Lignum, 2021a)

- **Stabsperrholz (Tischlerplatte)**  
Sperrholz mit einer Mittellage, die aus verklebten oder nicht verklebten 7 mm bis 30 mm breiten Vollholzstäben besteht. Für Stabsperrholz bestehen keine spezifischen SN EN, siehe Norm DIN 68705-2.



Abbildung 245: Stäbchensperrholz (Tischlerplatte) (Quelle: Lignum, 2021a)

- **Stäbchensperrholz (Tischlerplatte)**  
Sperrholz mit einer Mittellage, die aus maximal 7 mm breiten und hochkant angeordneten Schäl furnierstreifen besteht, wobei alle oder die meisten miteinander verklebt sind. Für Stäbchensperrholz bestehen keine spezifischen SN EN, siehe Norm DIN 68705-2.
- **Verbundsperrholz**  
Sperrholz, dessen Mittellage (oder bestimmte Lagen) nicht aus Vollholz oder Furnieren bestehen. Auf jeder Seite der Mittellage sind mindestens zwei gekreuzte Lagen angeordnet. Für Verbundsperrholz bestehen keine spezifischen SN EN.

#### technische Klassen

Nach Verwendungsmöglichkeit werden bei den Sperrholzplatten gemäss SN EN 636 die folgenden drei technischen Klassen unterschieden:

- EN 636-1 für den Trockenbereich
- EN 636-2 für den Feuchtbereich
- EN 636-3 für den Aussenbereich

Zudem wird Sperrholz für allgemeine Zwecke und Sperrholz für tragende Zwecke unterschieden.

Die Zertifizierung erfolgt nach der übergeordneten harmonisierten Norm SN EN 13986.

Für charakteristische Festigkeits- und Steifigkeitswerte siehe Norm SN EN 12369-2:2011 oder Europäische Technische Bewertungen (ETA) der Hersteller.

#### Anforderungen bei Oberflächenbehandlung

Bei der Oberflächenbehandlung von Sperrholz sollten zur Erzielung eines gewünschten Aussehens und einer gewünschten Dauerhaftigkeit gemäss technischer Spezifikation SN CEN/TS 635-4 mehrere Kriterien berücksichtigt werden. HHG Holz&HWS Tabelle 5.4-3 enthält die Mindestanforderungen zur Auswahl von Sperrholz für die Anwendung verschiedener Oberflächenbehandlungen zur Verwendung im Trocken-, Feucht- oder Aussenbereich.



Masse und  
Feuchtegehalt

Für handelsübliche Masse, Masshaltigkeit und Feuchtegehalt siehe HHG Holz&HWS Kapitel 5.4.

Erscheinungsklassen

Für Sperrholz sind in Norm SN EN 635-2 und Norm SN EN 635-3 fünf Erscheinungsklassen festgelegt.

Bei Massivholzplatten bestehen je nach Art und Holzart drei, vier oder fünf Erscheinungsklassen:

- E Auslese-Qualität  
für den sichtbaren Bereich bei erhöhten Anforderungen an das Aussehen
- I Normal-Qualität 1  
für den sichtbaren Bereich bei normalen Anforderungen an das Aussehen
- II Normal-Qualität 2  
für den sichtbaren Bereich mit Lasur- oder halbtransparentem Farbanstrich bei normalen Anforderungen an das Aussehen
- III Industrie-Qualität 1  
für Bereiche ohne Anforderungen an das Aussehen und mit deckendem Farbanstrich beschränkt auch für den sichtbaren Bereich bei normalen Anforderungen an das Aussehen
- IV Industrie-Qualität 2  
für untergeordnete Zwecke ohne Anforderungen an das Aussehen

Die Beurteilung der Erscheinungsklassen muss auf Vorder- und Rückseite der Platte erfolgen. In Ausschreibung und Kennzeichnung sind die Symbole der Klassen von beiden Seiten, zuerst die Klasse der Vorderseite und durch einen Schrägstrich getrennt die Klasse der Rückseite, anzugeben (Beispiele: I/II, II/III).

Die Kriterien der Erscheinungsklassen sind in HHG Holz&HWS Kapitel 5.4.5 zusammengestellt.

Bei finnischem Sperrholz wird häufig noch eine von Norm SN EN 635-2 und Norm SN EN 635-3 abweichende Erscheinungsklassierung mit den Klassen B, S, BB und WG für Birken-Deckfurniere bzw. I, II, III und IV für Nadelholz-Deckfurniere verwendet, siehe Angaben der Lieferanten.

### 8.5.3. Furnierschichtholz (Lignum, 2021a)

#### Produkt

Furnierschichtholz für tragende Zwecke nach Norm SN EN 14374 ist ein Verbund von Furnieren, in dem die Furniere vorwiegend in derselben Faserrichtung ausgerichtet sind. Diese Definition schliesst Furnierschichtholz mit Querlagen nicht aus. Die Anzahl der Furniere im Querschnitt muss mindestens fünf betragen. Die Dicke der Furniere darf bis zu 6 mm betragen.

Die Zertifizierung erfolgt direkt nach Norm SN EN 14374.

Für charakteristische Festigkeits- und Steifigkeitswerte siehe Europäische Technische Bewertung (ETA) der Hersteller.



Abbildung 246: Furnierschichtholz mit Querlagen (Quelle: Lignum, 2021a)

#### Masse, Feuchtegehalt und Masshaltigkeit Erscheinungsklassen

Für handelsübliche Masse, Masshaltigkeit und Feuchtegehalt siehe HHG Holz&HWS Kapitel 5.5.

Für Furnierschichtholz nach Norm SN EN 14374 ist die Erscheinungsklassierung für Oberflächen nicht normiert. Es bestehen eigene Erscheinungsklassierungen der verschiedenen Produzenten.

#### 8.5.4. Kunstharzgebundene Spanplatten (Lignum, 2021a)

Produkt	Kunstharzgebundene Spanplatten nach Norm SN EN 312 sind ein Holzwerkstoff, hergestellt durch Verpressen von kleinen Teilen aus Holz (z.B. Holzspänen, Hobelspänen, Sägespänen) und/oder anderen lignozellulosehaltigen Teilchen wie z.B. Flachsschäben, Hanfschäben oder Bagasse mit Klebstoffen unter Hitzeeinwirkung.
technische Klassen	<p>Nach Verwendungsmöglichkeit werden bei den kunstharz-gebundenen Spanplatten die folgenden sieben technischen Klassen unterschieden:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>P1 Platten für allgemeine Zwecke zur Verwendung im Trockenbereich</li><li>P2 Platten für Inneneinrichtungen (inkl. Möbel) zur Verwendung im Trockenbereich</li><li>P3 Platten für nichttragende Zwecke zur Verwendung im Feuchtbereich</li><li>P4 Platten für tragende Zwecke zur Verwendung im Trockenbereich</li><li>P5 Platten für tragende Zwecke zur Verwendung im Feuchtbereich</li><li>P6 Hochbelastbare Platten für tragende Zwecke zur Verwendung im Trockenbereich</li><li>P7 Hochbelastbare Platten für tragende Zwecke zur Verwendung im Feuchtbereich</li></ul> <p>Die Zertifizierung erfolgt nach der übergeordneten harmonisierten Norm SN EN 13986.</p> <p>Für charakteristische Festigkeits- und Steifigkeitswerte siehe Europäische Technische Bewertung (ETA) der Hersteller.</p>



Abbildung 247: Spanplatte P5 (Quelle: Lignum, 2021a)

Masse und Feuchtegehalt	Für handelsübliche Masse, Massshaltigkeit und Feuchtegehalt siehe HHG Holz&HWS Kapitel 5.6.
-------------------------	---

### 8.5.5. Oriented Strand Board OSB (Lignum, 2021a)

#### Produkt

OSB nach SN EN 300 ist eine aus langen, flachen Holzspänen (Strands) und mit einem Bindemittel gefertigte Mehrschichtplatte. Die Holzspäne in den Aussenschichten sind parallel zur Plattenlänge oder -breite ausgerichtet. Die Holzspäne in der Mittelschicht bzw. in den Mittelschichten können zufällig angeordnet sein oder sind im Allgemeinen rechtwinklig zu den Holzspänen der Aussenschichten ausgerichtet.

Als Hauptachse von OSB gilt die Richtung in Plattenebene, welche die höheren Eigenschaftswerte bei Biegung aufweist. Die Nebenachse verläuft rechtwinklig zur Hauptachse in der Plattenebene.

#### technische Klassen

Nach Verwendungsmöglichkeit werden bei OSB die folgenden vier technischen Klassen unterschieden:

OSB/1 Platten für allgemeine, nichttragende Zwecke und für Inneneinrichtungen zur Verwendung im Trockenbereich

OSB/2 Platten für tragende Zwecke zur Verwendung im Trockenbereich

OSB/3 Platten für tragende Zwecke zur Verwendung im Feuchtbereich

OSB/4 hochbelastbare Platten für tragende Zwecke zur Verwendung im Feuchtbereich

Die Zertifizierung erfolgt nach der übergeordneten harmonisierten Norm SN EN 13986.

Für charakteristische Festigkeits- und Steifigkeitswerte siehe Europäische Technische Bewertung (ETA) der Hersteller.



Abbildung 248: Oriented Strand Board, technische Klasse OSB/3 (Quelle: Lignum, 2021a)

#### Masse und Feuchtegehalt

Für handelsübliche Masse, Masshaltigkeit und Feuchtegehalt siehe HHG Holz&HWS Kapitel 5.7.

#### 8.5.6. Oriented Strand Board OSB (Lignum, 2021a)

##### Produkt

Zementgebundene Spanplatten nach Norm SN EN 633 sind ein Holzwerkstoff, hergestellt durch Verpressen von kleinen Teilen aus Holz oder anderen Teilchen pflanzlichen Ursprungs mit einem hydraulischen Zement und möglichen Zusätzen.

Bei mit Portlandzement (PZ) gebundenen Platten zur Verwendung im Trocken-, Feucht- und Aussenbereich nach Norm SN EN 634-2 werden zwei technische Klassen mit verschiedenem Biege-Elastizitätsmodul (Klasse 1: 4500 N/mm<sup>2</sup>, Klasse 2: 4000 N/mm<sup>2</sup>), aber sonst gleichen Anforderungen unterschieden.

Die Zertifizierung erfolgt nach der übergeordneten harmonisierten Norm SN EN 13986.

Für charakteristische Festigkeits- und Steifigkeitswerte siehe Europäische Technische Bewertung (ETA) der Hersteller.



Abbildung 249: Zementgebundene Spanplatte, geschliffen (Quelle: Lignum, 2021a)

##### Masse und Feuchtegehalt

Für handelsübliche Masse, Masshaltigkeit und Feuchtegehalt siehe HHG Holz&HWS Kapitel 5.8.

#### 8.5.7. Harte Faserplatten (Lignum, 2021a)

##### Produkt

Harte Faserplatten (HB) nach SN EN 622-2 werden aus Lignozellulosefasern nach dem Nassverfahren mit einer Rohdichte ab 900 kg/m<sup>3</sup> hergestellt.

Nach Verwendungsmöglichkeit werden bei den harten Faserplatten die folgenden sechs technischen Klassen unterschieden:

- |         |  |
|---------|--|
| HB      | Platten für allgemeine Zwecke zur Verwendung im Trockenbereich             |
| HB.H    | Platten für allgemeine Zwecke zur Verwendung im Feuchtbereich              |
| HB.E    | Platten für allgemeine Zwecke zur Verwendung im Aussenbereich              |
| HB.LA   | Platten für tragende Zwecke zur Verwendung im Trockenbereich               |
| HB.HLA1 | Platten für tragende Zwecke zur Verwendung im Feuchtbereich                |
| HB.HLA2 | hochbelastbare Platten für tragende Zwecke zur Verwendung im Feuchtbereich |



Die Zertifizierung erfolgt nach der übergeordneten harmonisierten Norm SN EN 13986.

Für charakteristische Festigkeits- und Steifigkeitswerte siehe Europäische Technische Bewertung (ETA) der Hersteller.



Abbildung 250: Harte Faserplatte, technische Klasse HB (Quelle: Lignum, 2021a)

Masse und  
Feuchtegehalt

Für handelsübliche Masse, Masshaltigkeit und Feuchtegehalt siehe HHG Holz&HWS Kapitel 5.9.

#### 8.5.8. Mittelharte Faserplatten (Lignum, 2021a)

Produkt

Mittelharte Faserplatten (MBL, MBH) nach Norm SN EN 622-3 werden aus Lignozellulosefasern nach dem Nassverfahren mit einer Rohdichte von  $400 \text{ kg/m}^3$  bis  $900 \text{ kg/m}^3$  hergestellt. Mittelharte Faserplatten geringer Dichte (MBL) haben einen Dichtebereich von  $400 \text{ kg/m}^3$  bis kleiner als  $560 \text{ kg/m}^3$ , mittelharte Faserplatten hoher Dichte (MBH) haben einen Dichtebereich von  $560 \text{ kg/m}^3$  bis kleiner als  $900 \text{ kg/m}^3$ .

Nach Verwendungsmöglichkeit werden bei den mittelharten Faserplatten die folgenden zehn technischen Klassen unterschieden:

MBL	Platten für allgemeine Zwecke zur Verwendung im Trockenbereich
MBL.H	Platten für allgemeine Zwecke zur Verwendung im Feuchtbereich
MBL.E	Platten für allgemeine Zwecke zur Verwendung im Aussenbereich
MBH	Platten für allgemeine Zwecke zur Verwendung im Trockenbereich
MBH.H	Platten für allgemeine Zwecke zur Verwendung im Feuchtbereich
MBH.E	Platten für allgemeine Zwecke zur Verwendung im Aussenbereich
MBH.LA1	Platten für tragende Zwecke zur Verwendung im Trockenbereich
MBH.LA2	hochbelastbare Platten für tragende Zwecke zur Verwendung im Trockenbereich
MBH.HLS1	Platten für tragende Zwecke zur Verwendung im Feuchtbereich nur für sehr kurze und kurze Lasteinwirkungsdauer

MBH.HLS2 hochbelastbare Platten für tragende Zwecke zur Verwendung im Feuchtbereich nur für sehr kurze und kurze Lasteinwirkungsdauer

Die Zertifizierung erfolgt nach der übergeordneten harmonisierten Norm SN EN 13986.

Für charakteristische Festigkeits- und Steifigkeitswerte siehe Europäische Technische Bewertung (ETA) der Hersteller.



Abbildung 251: Mittelharte Faserplatte, technische Klasse MBH (Quelle: Lignum, 2021a)

Masse und  
Feuchtegehalt

Für handelsübliche Masse, Massshaltigkeit und Feuchtegehalt siehe HHG Holz&HWS Kapitel 5.10.

#### 8.5.9. Mitteldichte Faserplatten (Lignum, 2021a)

Produkt

Mitteldichte Faserplatten (MDF) nach Norm SN EN 622-5 werden aus Lignozellulosefasern nach dem Trockenverfahren, d. h. mit einer Faserfeuchte von weniger als 20% im Stadium der Plattenformung, mit einem zugegebenen Bindemittel hergestellt. Nach Verwendungsmöglichkeit werden bei den MDF-Faserplatten die folgenden acht technischen Klassen unterschieden:

MDF	Platten für allgemeine Zwecke zur Verwendung im Trockenbereich
MDF.H	Platten für allgemeine Zwecke zur Verwendung im Feuchtbereich
MDF.LA	Platten für tragende Zwecke zur Verwendung im Trockenbereich
MDF.HLS	Platten für tragende Zwecke zur Verwendung im Feuchtbereich nur für sehr kurze und kurze Lasteinwirkungsdauer
L-MDF	Leicht-MDF für nichttragende und allgemeine Zwecke zur Verwendung im Trockenbereich
L-MDF.H	Leicht-MDF für nichttragende und allgemeine Zwecke zur Verwendung im Feuchtbereich
UL1-MDF	Ultraleicht-MDF für nichttragende und allgemeine Zwecke zur Verwendung im Trockenbereich
UL2-MDF	Ultraleicht-MDF für nichttragende und allgemeine Zwecke zur Verwendung im Trockenbereich

MDF.RWH nichttragende Platten zur Verwendung als Unterdeckplatten für Dachdeckungen und Wände

Marktüblich sind zudem folgende auf die Rohdichte bezogene Bezeichnungen für MDF-Platten:

HDF: MDF mit einer Rohdichte  $\geq 800 \text{ kg/m}^3$

Leicht-MDF: MDF mit einer Rohdichte  $\leq 650 \text{ kg/m}^3$

Ultraleicht-MDF: MDF mit einer Rohdichte  $\leq 550 \text{ kg/m}^3$

Die Zertifizierung erfolgt nach der übergeordneten harmonisierten Norm SN EN 13986. Für charakteristische Festigkeits- und Steifigkeitswerte siehe Europäische Technische Bewertung (ETA) der Hersteller.



Abbildung 252: Mittelharte Faserplatte, technische Klasse MBH (Quelle: Lignum, 2021a)

Regeln und  
Gebräuche

Für die Regeln und Gebräuche zu handelsüblichen Massen, Feuchtegehalt und Masshaltigkeit siehe HHG Holz&HWS Kapitel 5.12.

#### 8.5.10. Holzfaser-Dämmstoffe (Lignum, 2021a)

Produkt

Werkmässig hergestellte Produkte aus Holzfasern für die Wärmedämmung von Gebäuden sind in Norm SN EN 13171 definiert.

Holzfaserdämmstoffe werden aus Holzfasern, gegebenenfalls unter Hinzufügung von Bindemitteln und/oder Zusatzmitteln, hergestellt. Mechanisch gebundene Erzeugnisse fallen ebenfalls unter diese Begriffsbestimmung.

Holzfaserdämmstoffe werden in Form von Platten, Formstück, Rolle, Matte, Lamellenmatte oder Filz geliefert.

Die Zertifizierung erfolgt nach der Norm SN EN 13171.

Bezeichnungs-  
schlüssel

Für die Beschreibung der Produkte wird ein Bezeichnungsschlüssel verwendet, siehe HHG Holz&HWS Kapitel 5.13.1.

Wärmeleitfähigkeit

Für produktspezifische Angaben zur Wärmeleitfähigkeit siehe «SIA-Register Baustoffkennwerte» (Download unter [www.sia.ch](http://www.sia.ch)).



Abbildung 253: Holzfaser-Dämmplatte (Quelle: Lignum, 2021a)

Masse

Für die Regeln und Gebräuche zu handelsüblichen Massen und Masshaltigkeit siehe HHG Holz&HWS Kapitel 5.13.

#### 8.5.11. Holzwole-Leichtbauplatten (Lignum, 2021a)

Produkt

Werkmässig hergestellte Produkte aus Holzwole für die Wärmedämmung von Gebäuden sind in Norm SN EN 13168 definiert.

Holzwole-Platten sind ein Dämmprodukt, das aus loser Holzwole, die mit einem mineralischen Bindemittel gebunden ist, zu seiner endgültigen Dicke gepresst wird.

Holzwole-Mehrschichtplatten sind ein Dämmprodukt, in welchem die Holzwole mit einem mineralischen Bindemittel gebunden ist und auf einer oder beiden Seiten mit einem anderen Dämmstoff (z.B. Mineralwole oder Hartschaum-Platten) beschichtet ist. Die Holzwole-Schichten von Mehrschichtplatten bedecken die angrenzende Dämmschicht vollkommen.

Die Zertifizierung erfolgt nach der Norm SN EN 13168.

Bezeichnungsschlüssel

Für die Beschreibung der Produkte wird ein Bezeichnungsschlüssel verwendet, siehe HHG Holz&HWS Kapitel 5.14.1.

Wärmeleitfähigkeit

Für produktspezifische Angaben zur Wärmeleitfähigkeit siehe «SIA-Register Baustoffkennwerte» (Download unter [www.sia.ch](http://www.sia.ch)).





Abbildung 254: Holzwolle-Leichtbauplatte (Quelle: Lignum, 2021a)

Masse

Für handelsübliche Masse und Masshaltigkeit siehe HHG Holz&HWS Kapitel 5.14.

#### 8.5.12. Melaminbeschichtete Platten (Lignum, 2021a)

Produkt

Melaminbeschichtete Platten nach Norm SN EN 14322 sind kunstharzgebundene Spanplatten nach Norm SN EN 312 (P2), Hartfaserplatten nach Norm SN EN 622-2 (HB), MDF-Faserplatten nach Norm SN EN 622-5 (MDF) oder Strangpressplatten nach Norm SN EN 14755, alle zur Verwendung für Inneneinrichtungen oder für allgemeine Zwecke im Trockenbereich, die ein- oder beidseitig durch direktes Verpressen mit Papieren beschichtet werden. Diese Papiere sind mit härtbaren Aminoplastharzen imprägniert. Durch Druck und Wärmeeinwirkung erfolgen die Aushärtung und die Verbindung mit der Trägerplatte ohne Zugabe eines zusätzlichen Klebstoffes. Das Harz der Deckschicht ist ein Aminoplastharz (überwiegend Melaminharz).

Die Plattenoberfläche kann ein- oder beidseitig eben oder strukturiert sein und dekorative Farbtöne oder Muster aufweisen.

Abriebbeständigkeit

Melaminbeschichtete Holzwerkstoffe gemäss Norm SN EN 14322 werden als MFB bezeichnet und nach der Abriebbeständigkeit und dem Anfangsabriebpunkt folgenden fünf Klassen zugeordnet: 1, 2, 3A, 3B, 4.





Abbildung 255: Melaminbeschichtete Spanplatte (Quelle: Lignum, 2021a)

Masse

Für handelsübliche Masse und Masshaltigkeit siehe HHG Holz&HWS Kapitel 5.15.

# Index

<b>Holzkreislauf .....</b>	<b>2</b>
<b>1. Ausbeute berechnen .....</b>	<b>5</b>
1.1. Einleitung.....	7
1.2. Berechnungsgrundlagen .....	8
1.3. Ausbeute beim Sägen .....	11
1.4. Ausbeute beim Hobeln .....	15
1.5. Ausbeute beim Leimen.....	17
1.6. Ausbeute und Mehrwert beurteilen .....	19
1.7. Exkurs: Prozentrechnen .....	20
<b>2. Rundholz und Schadorganismen .....</b>	<b>23</b>
2.1. Schweizer Handelsgebräuche für Rohholz .....	26
2.2. Erkennen von Schadorganismen .....	37
2.3. Erkennen von holzbewohnenden Insekten .....	40
2.4. Erkennen von holzbewohnenden Pilzen .....	61
2.5. Schutz des Rundholzes vor einem Befall mit Insekten oder Pilzen .....	76
<b>3. Elektrische, hydraulische und pneumatische Anlagen .....</b>	<b>93</b>
3.2. Komponenten von Maschinen .....	100
3.3. Schaltschemata .....	108
3.4. Störungen und Energieverluste.....	112
3.5. Gefahren, Risiken und Prävention.....	113
<b>4. Rundholzeinteilung .....</b>	<b>117</b>
4.1. Sortierung und Einteilung auf dem Rundholzplatz .....	119
4.2. Rundholzeinteilung.....	121
4.3. Auswahl des Rundholzes für Einschnitt von Bauholz an einem Beispiel ....	144
4.4. Wirtschaftliche Zusammenhänge.....	146
<b>5. Nebenmaschinen auf dem Rundholzplatz.....</b>	<b>149</b>
5.1. Der Rundholzplatz.....	151
5.2. Nebenmaschinen auf dem Rundholzplatz.....	152
5.3. Entrindungsanlagen .....	153
5.4. Wurzelstockreduzierer.....	160
5.5. Rundholzabläng-/ Kappsäge.....	163
5.6. Hebe- und Fördergeräte.....	165
5.7. Hilfsmittel auf dem Rundholzplatz .....	169
5.8. Optimierung des Energieverbrauchs.....	174

<b>6. Trocknen .....</b>	<b>176</b>
6.1. Einleitung.....	179
6.2. Holzfeuchte .....	179
6.3. Physikalische Grundlagen .....	180
6.4. Definitionen der Holzfeuchte.....	184
6.5. Möglichkeiten, die Holzfeuchte zu bestimmen und zu berechnen.....	188
6.6. Dichte mit Quell- und Schwindverhalten inkl. Berechnungen.....	191
6.7. Anwendungsbereiche: Welche Feuchtigkeiten sind für welchen Verwendungszweck geeignet (Nutzungsklasse – Innen/Aussen)? .....	197
6.8. Einführung natürliche und technische Trocknung .....	198
6.9. Die 4 Phasen der Trocknung .....	199
6.10. Das Trocknungsgefälle (TG).....	201
6.11. Trocknungszeit .....	202
6.12. Richtige Stapelung .....	204
6.13. Trocknungsfehler .....	207
6.14. Freilufttrocknung .....	211
6.15. Trocknungsanlagen .....	212
<b>7. Thermische und chemische Behandlung.....</b>	<b>220</b>
7.1. Behandlung von Holz .....	223
7.2. Schadorganismen im Schnittholz (und/oder im verbauten Holz) .....	226
7.3. Thermische Behandlung.....	239
7.4. Chemische Behandlung von Schnittholz .....	247
7.5. Chemische Modifizierung von Holz .....	262
7.6. Imprägnierung ohne Biozide .....	262
<b>8. Holzbasierte Produkte .....</b>	<b>263</b>
8.1. Holzbasierte Produkte .....	266
8.2. Hobelwaren .....	268
8.3. Vollholz.....	276
8.4. Leimholz.....	286
8.5. Holzwerkstoffe .....	299