

Holz und Wasser

1	Holzfeuchte	2
1.1	Klassifizierung der Holzfeuchte.....	3
1.2	Bindung von Wasser im Holz.....	4
1.3	Schwinden und Quellen des Holzes	7
1.4	Holztrocknung.....	9
2	Literatur.....	14

Holz und Wasser

1 Holzfeuchte

Die Holzzellen enthalten sowohl in ihren Hohlräumen als auch in ihren Wandungen Wasser, das zusammen mit den darin gelösten Nährstoffen zu den Orten des Verbrauchs geleitet wird. Unterschiedliche Baumarten haben einen jeweils unterschiedlich hohen Wasserverbrauch, der von zahlreichen Einflüssen abhängt.

Definition:

Die Holzfeuchte ist definiert als das Verhältnis zwischen der Masse des in der Holzprobe enthaltenen Wassers und der Masse der absolut wasserfreien (darrgetrockneten) Holzprobe oder als Unterschied des Gewichtes der feuchten (m_u) und der darrgetrockneten Probe (m_o) bezogen auf das Gewicht der darrgetrockneten Probe (GRAMMEL, 1989).

Die Holzfeuchte u errechnet sich nach der Formel:

$$u = \frac{m_u - m_o}{m_o} * 100 [\%]$$

m_u = Masse der feuchten Holzprobe in g

m_o = Masse der absolut wasserfreien (darrgetrockneten) Probe in g

Der Wassergehalt des Holzes hat bedeutenden Einfluss auf

- ? Holzdichte (wegen Quellen und Schwinden, Rohdichte deshalb $u = 12 \%$)
- ? Holzgewicht (wegen Transportkosten, Gewichtsverkauf atro und lutro)
- ? Heizwert
- ? Festigkeitseigenschaften (1 % Wasseraufnahme = 3 bis 5 % Festigkeitseinbuße)
- ? elektrische Eigenschaften
- ? Dauerhaftigkeit

1.1 Klassifizierung der Holzfeuchte

Die Anfangs-Holzfeuchten von frisch gefälltem, sogenanntem „grünen Holz“ sind sehr unterschiedlich. Das Splintholz enthält in den meisten Fällen mehr Wasser als das Kernholz.

Man unterscheidet die folgenden Feuchteklassifizierungen:

Mäßig feuchtes Holz mit einer Holzfeuchte von ca. 30 – 40%:

Kernholz von Fichte, Kiefer, Lärche und Douglasie, sowie Tanne (ohne Nasskern)

Feuchtes Holz:

Kernholz von Strobe (85-100%), Esche (40-50%), Nussbaum, Robinie (50-55%), Aspe

Nasses Holz:

Buche, Eiche, Birke, Ahorn (80-90%), Linde (100%), Erle (115%)

Sehr nasses Holz:

Ulme (90-150%), Roßkastanie, Pappel (120-180%) Edelkastanie (120-140%), Splint der Nadelhölzer und Tannen-Nasskern (130- >200%)

Im Holz liegt eine ungleichmäßige Wasserverteilung vor. Es bestehen sowohl Unterschiede zwischen Bäumen der gleichen Art, als auch innerhalb des Stammes über den Radius und über die Höhe.

Holzart	Radialer Stammbereich	
	Splint	Kern
Fichte	146	33
Kiefer	133	31
Lärche	100	30
Buche	89	73
Robinie	71	39

Tab.: Nachgewiesene Holzfeuchtwerte [%] in den stammradialen Bereichen einiger ausgewählter Nadel- und Laubbaumarten

1.2 Bindung von Wasser im Holz

Als kapillar-poröses, hygroskopisches Material besitzt Holz eine hohe Affinität gegenüber Wassermolekülen. Es enthält an die „innere Oberfläche“ und in den Kapillaren der Zellwände durch physikalische und chemische Kräfte *gebundenes Wasser*, das schwer zu entfernen ist (bis zu einer Holzfeuchte von ca. 30%). Oberhalb der Holzfeuchte von ca. 30% enthält waldfrisches oder wassergelagertes Holz einen individuell unterschiedlich hohen Anteil sogenannten *freien Wassers* (frei tropfbares, nicht in der Zellwand sorptiv gebunden vorliegendes Wasser), das relativ leicht entfernbar ist.

Für das gebundene Wasser (= innerhalb der Zellwand eingelagertes Wasser) unterscheidet man die folgenden Arten der Bindung:

bis ca. 6%	chemische Sorption
6–15%	Dampfadsorption
15% bis Fasersättigung	Kapillarkondensation

- **Fasersättigungsbereich, -punkt (fibre saturation point)**

Definition: Bereich, in dem das freie Wasser aus den Holzzellen bereits verdunstet ist und das in den Zellwänden enthaltene Wasser zu verdunsten beginnt. Mit der Verdunstung beginnt das Holz zu schwinden („Arbeiten des Holzes“).

Übergangszustand, bei dem nur noch die Zellwand, sowie die größeren Kapillaren Wasser enthalten. Freies Wasser ist im Gewebe nicht mehr vorhanden. Hierbei handelt es sich um einen fließenden Übergang zwischen freiem und gebundenem Wasser, der von mehreren Einflussgrößen abhängt. Er schwankt je nach Holzart zwischen ca. 22-35% und wird zusätzlich von der Umgebungstemperatur beeinflusst. Der Fasersättigungspunkt hängt vom hygroskopischen Verhalten der Zellwand ab, also von dem Gehalt an Lignin, Cellulose und Holzpolyosen.

- **Holzfeuchtegleichgewicht, Sorptionsgleichgewicht**

Holz ändert bei wechselndem Umgebungsklima (Temperatur, relative Luftfeuchte) seinen Feuchtigkeitsgehalt. Im feuchten Klima wird Wasser aufgenommen (Adsorption), in trockenem Klima abgegeben (Desorption). In beiden Fällen wird schließlich ein Gleichgewichtszustand erreicht, der als *Holzfeuchtegleichgewicht, Sorptionsgleichgewicht* bezeichnet wird.

Für einen Temperaturbereich von 0 - 100°C wurden die Sorptions- Isothermen für Sitkafichte (*Picea sitchensis* carr.) von Loughborough zusammengestellt und von Keylwerth auf Grad Celsius umgerechnet (Kollmann 1951).

Beispiel siehe untenstehende Abbildung:

Bei einer Temperatur von 45 °C und einer relativen Luftfeuchte von 55% bzw. einer Feuchtemperatur von 36 °C beträgt das Holzfeuchtegleichgewicht 9%.

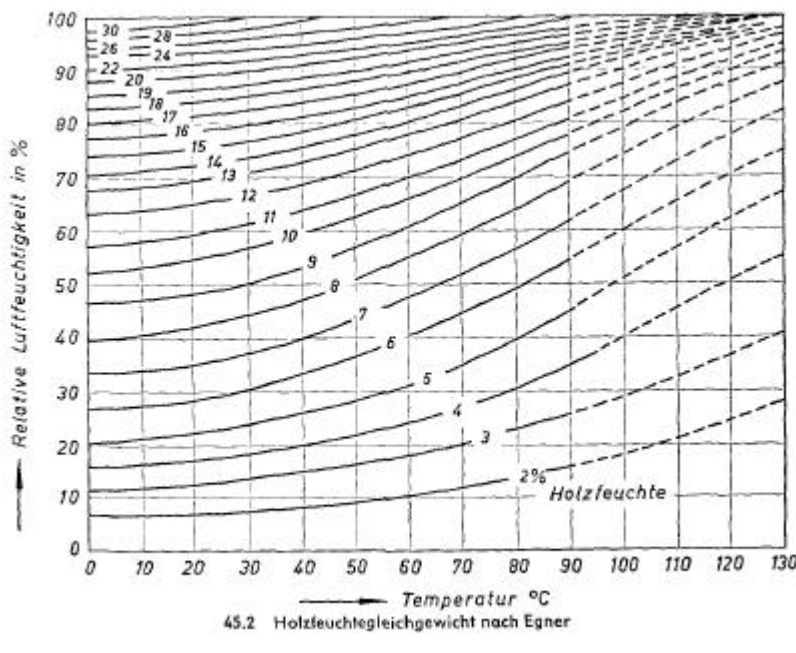


Abb., Tab.: Feuchtegleichgewicht von Holz auf der Basis von Adsorptions- und Desorptionsuntersuchungen an Picea sitchensis;

Luftfeuchte	Lufttemperatur				
	10 °C	15 °C	20°C	25°C	30 °C
20%	4.70%	4.70%	4.60%	4.40%	4.30%
30%	6.30%	6.20%	6.10%	6.00%	5.90%
40%	7.90%	7.80%	7.70%	7.50%	7.50%
50%	9.40%	9.30%	9.20%	9.00%	9.00%
60%	11.10%	11.00%	10.80%	10.60%	10.50%
70%	13.30%	13.20%	13.00%	12.80%	12.60%
80%	16.20%	16.30%	16.00%	15.80%	15.60%
90%	21.20%	20.80%	20.60%	20.30%	20.10%

- **Hysterese**

Das *Feuchtgleichgewicht*, *Sorptionsgleichgewicht* liegt bei der Wasserabgabe (Desorption) höher als bei der Wasseraufnahme (Adsorption). Untenstehende Abbildung zeigt zwei experimentell ermittelte Sorptionskurven, die zusammen die sogenannte *Hystereseschleife* bilden.

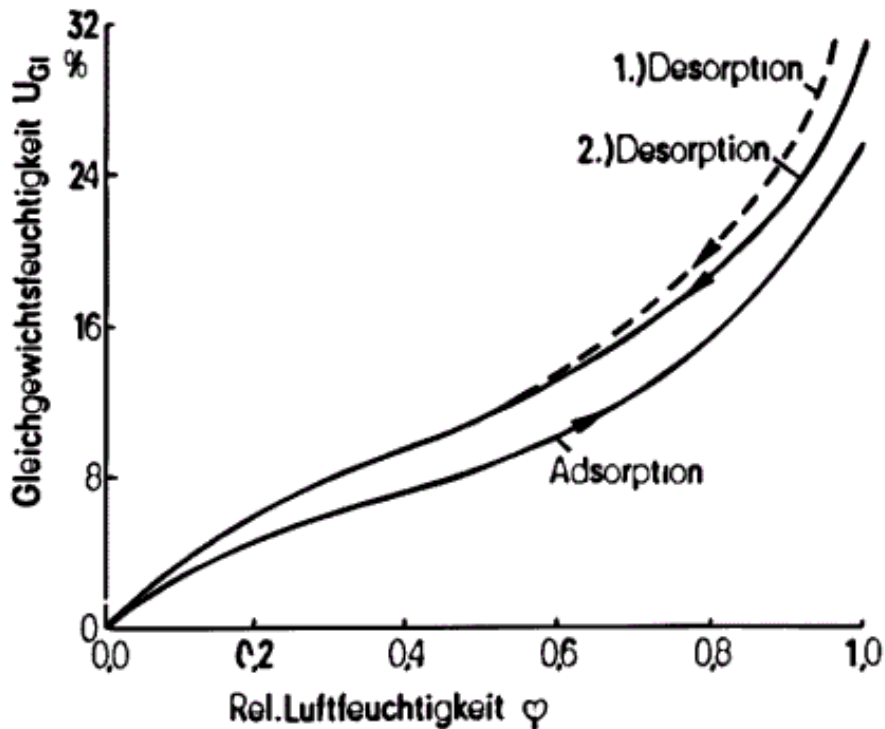


Abb.: Sorptionsisothermen (Fichte) für die 1. Desorption, die Adsorption und die 2. Desorption bei 20°C nach H.A. Spalt 1958 [Boss84a]

Die Kenntnis des Holzfeuchtgleichgewichts ist wichtig für eine zweckmäßige Trocknung und Verwendung des Holzes. Vor der Verarbeitung sollte das Holz generell auf diejenige Feuchte getrocknet werden, die annähernd dem Gleichgewicht in seiner späteren Umgebung (Einbaufeuchte) entspricht. In der Folge können nur noch kleinere periodische Klimaschwankungen auf das Holz einwirken, die zu keinen wesentlichen Formänderungen, bedingt durch Quellen und Schwinden, führen.

- **Einbaufeuchte von Holz**

„Holz ist grundsätzlich mit der Feuchte einzubauen, die sich im Gebrauchszustand im Mittel einstellt. Ist die Holzfeuchte beim Einbau höher als die in der nachstehenden Tabelle angegebenen Werte, so darf dieses Holz nur für Bauwerke verwendet werden, bei denen es nachtrocknen kann und deren Bauteile gegenüber den hierbei auftretenden Schwindverformungen nicht empfindlich sind.“ (DIN 1052-1, Abschn. 4.2.2)

Anwendungsbereich	Holzfeuchte [%]	Beispiele
allseitig geschlossene Bauwerke - mit Zentralheizung - mit Ofenheizung	9 ± 3 12 ± 3	Möbel
überdeckte, offene Bauwerke	15 ± 3	Hallen, etc.
Konstruktionen, die der Witterung allseitig ausgesetzt sind	18 ± 3	Zäune, Fassaden, etc.

Tab.: Richtwerte für die Einbaufeuchte von Holz, die sich nach einer gewissen Zeitspanne im Gebrauchszustand im Mittel einstellt (DIN 1052-1 (4/88) Abschn. 4.2.1)

1.3 Schwinden und Quellen des Holzes

Die Änderungen des Feuchtegehalts unter dem Einfluss des Umgebungsklimas sind gleichzeitig mit Änderungen des Holzvolumens verbunden. Man bezeichnet dieses „Arbeiten des Holzes“ auch als *Quellen* bei Feuchteaufnahme (Adsorption) oder *Schwinden* bei Feuchteabgabe (Desorption).

Der Vorgang des Quellens und Schwindens beschränkt sich im wesentlichen auf den Holzfeuchtebereich etwas oberhalb der Fasersättigung bis zum darrtrockenen Zustand. Das Ausmaß der Quellung und Schwindung steigt proportional mit der Abgabe oder der Aufnahme von gebundenem Wasser und hängt unter anderem von der Rohdichte des Holzes ab.

Das spezifische Verhalten des Holzes beim Quellen und Schwinden wird durch den Feinbau des Holzes erklärt. Gebundenes Wasser ist in der Zellwand zwischen den Micellen und Fibrillen eingelagert. In darrtrockenem Zustand liegen die Fibrillen mehr oder weniger dicht aneinander gepackt vor. Bei der Aufnahme von Wasser durch die Zellwand rücken die Fibrillen auseinander. Die Zellwand wird dicker, das Volumen des Holzes nimmt zu, das Holz quillt. Mit dem Erreichen des Holzfeuchtegleichgewichts kommt diese Formänderung zum Stillstand. Hieraus wird verständlich, dass oberhalb der Fasersättigung keine weitere Quellung mehr auftreten kann, da dann nur noch freies, tropfbares Wasser in den größeren Zellhohlräumen eingelagert werden kann.

- **Anisotropie**

Anisotropie ist die Verschiedenartigkeit der Holzeigenschaften in den unterschiedlichen Schnittrichtungen. Isotrop ist ein gleichförmiger und homogener Rohstoff. Bei Holz wird unter anderem auch von Orthotropie als eingeschränkte Anisotropie gesprochen, da sich die Unterschiede des Holzes nur in den 3 verschiedenen Schnittrichtungen zeigen. Orthotropie hat eine entscheidende Bedeutung z.B. bei Verwerfung, Rissbildung, Quellung, Schwindung, bei Übermaß-Berechnungen von Frischholzzuschnitten.

Quellen und Schwinden bedeutet deshalb nicht nur allein eine Vergrößerung oder Verkleinerung des Holzkörpers, sondern auch eine Veränderung der Form aufgrund unterschiedlicher Quell- und Schwindmaße in den drei Hauptachsen longitudinal, radial und tangential. Das Verhältnis von tangentialem zu radialem Schwindmaß wird als *Schwindungs- bzw. Quellungsanisotropie* bezeichnet. Diese liefert eine Aussage über das sogenannte

Stehvermögen einer Holzart und ist damit von großer Bedeutung für die *Dimensionsstabilität* innerhalb der praktischen Holzverwendung.

Schwindmaße sind je nach Raumrichtung unterschiedlich im Verhältnis:

Längsschwindmaß : Radialschwindmaß : Tangentialschwindmaß
 $1 : 10 : 20$

Die Ursache dieser unterschiedlichen Schwindmaße ist in der schraubigen Anordnung der Micellen und Mikrofibrillen in der Zellwand begründet. Die Quellung und Schwindung erfolgt generell senkrecht zum Micellenverlauf (Auseinanderweichen und Zusammenkommen der Micellen und Fibrillen), so dass in tangentialer und radialer Raumrichtung die größten räumlichen Veränderungen auftreten.

Das voneinander abweichende Verwerfungsverhalten von Schnittholz mit unterschiedlicher Jahrringorientierung kann somit durch die unterschiedliche Anzahl von Zellwänden (mit spezifischer Micellen- und Fibrillenorientierung) pro Längeneinheit in den verschiedenen Richtungen und in der differenzierenden Anordnung der Markstrahlen (Querversteifung) erklärt werden (nachfolgende Abbildung).

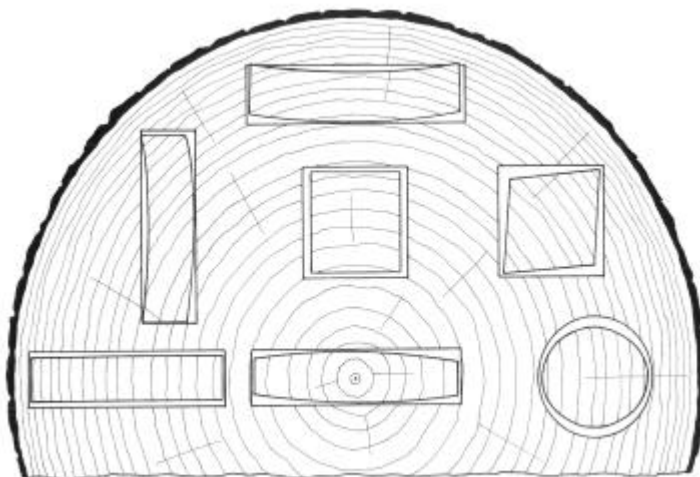


Abb.: Charakteristische Formänderungen verschiedener Holzquerschnitte infolge Schwindens in Abhängigkeit vom Jahrringverlauf [Quelle: Boss 84a]

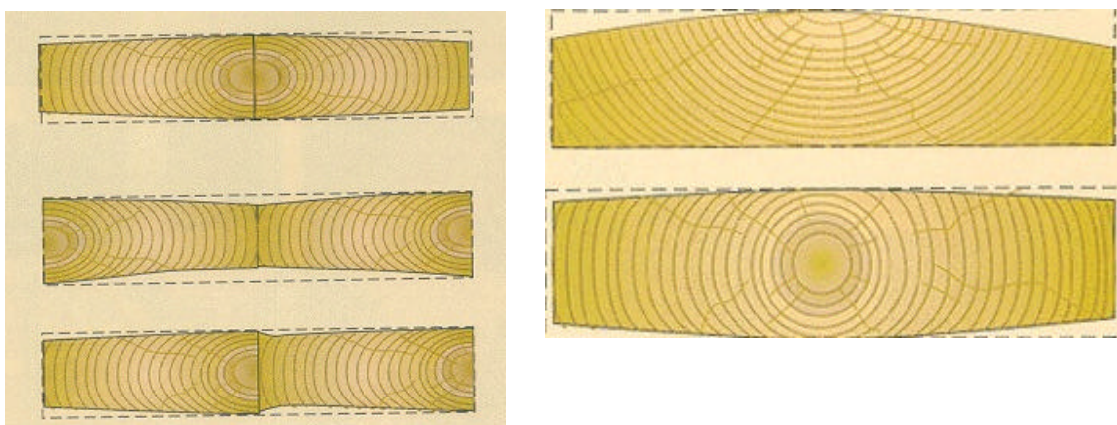


Abb.: Dimensionsveränderungen durch Quell- und Schwindprozesse in Schnittholz

1.4 Holztrocknung

- **Definition:**

Feuchteentzug aus dem Holz in allen Phasen der Holzbe- und -verarbeitung von der Holzernte bis zum Fertigprodukt. Abgabe des freien und eines Teils des gebundenen Wassers.

- **Verfahren der Holztrocknung**

Hinsichtlich der Wärmeübertragung an/auf das zu trocknende Holz unterscheidet man bei den verschiedenen Verfahren der Trocknung folgende Grundprinzipien:

Konvektive Erwärmung

Wärmeübertragung mittels eines aufgeheizten Nutzenergieträgers, der das ruhende oder bewegte Trocknungsgut beaufschlagt oder darüber hinwegströmt.

Beispiele: Freilufttrocknung, konventionelle Frischluft/Abluft-Trocknung

! Größte Bedeutung für die technische Schnittholztrocknung in der Praxis !

Konduktive Erwärmung

Wärmeübertragung durch Wärmeleitung bei Kontakt mit einer beheizten Fläche.

Beispiele: Platten-Vakuumtrockner, kontinuierliche Vakuumtrocknung, Presstrocknung

- **Erwärmung durch Strahlung:**

Indirekte Erwärmung mittels elektromagnetischer Wellen und Adsorption dieser Energie durch das Gut.

Beispiel: Infrarottrocknung von Oberflächen oder dünnen, flächigen Trocknungsgütern wie Furnieren

- **Erwärmung in einem elektrischen Wechselfeld**

Indirektes Trocknungsverfahren, bei dem das nasse Gut als Dielektrikum zwischen die Platten eines Kondensators gebracht wird oder im Dipol-Strahlungsfeld liegt

Beispiel: Hochfrequenz und Mikrowellen-Trocknung

Atmosphärischer Druck				Unterdruck
Klimatische Verhältnisse, Mikroklima inkl. Luftbewegung	Temperaturerhöhung an Holz und Wasser über Trockenmedium (Strahlung. etc.) Luftfeuchtigkeit und Strömung wählbar		Dielektrische Temperaturerhöhung	Temperaturerhöhung an Holz und Wasser
Steuerung: Stapelung, Orientierung der Schutzdächer	25°C	100°C	Steuerbar $\geq 100^\circ\text{C}$	Steuerbar 50-70 °C Herabsetzung des Siedepunktes von Wasser
Verdunstung		Verdampfung		
Natürliche Trocknung	Technische Trocknung			
Freilufttrocknung	Kondensations-trocknung	Hochtemperatur-trocknung	HF-Trocknung Mikrowellen-trocknung	Vakuum-trocknung
Mit technischen Maßnahmen zur Verbesserung und Beschleunigung der Trocknung	Frischluf - Ablufttrocknung			

Tab.: Trocknungsverfahren und -prinzipien

- **Freilufttrocknung**

Auch als natürliche Trocknung bezeichnet, ist das älteste Verfahren der Holz-trocknung, bei der das Schmittholz durch geeignete Lagerung (Stapelung) im Freien oder im offenen Schuppen unter Dach dem örtlichen Klima ausgesetzt wird (lediglich gegen Regen, Schnee und direkte Sonneneinstrahlung geschützt). Feuchteentzug und erreichbare Restfeuchte sind vorwiegend von den jahreszeitlichen Klimaschwankungen abhängig. Die Trockenzeiten bei der Freilufttrocknung unterliegen mehreren Faktoren wie dem schwankenden lokalen Klima, der mittleren Windgeschwindigkeit und dem jeweiligen Zeitpunkt innerhalb des Jahres, an dem das Holz zur Trocknung gestapelt wird. Unterhalb des Fasersättigungsbereichs ist die Freilufttrocknung – vor allem im Kernbereich – stets langwierig. Die klimatischen Bedingungen in unseren Regionen verhindern, dass Holz an der frischen Luft unter eine Gleichgewichtsfeuchte von 14% - 16% getrocknet werden kann.

Wesentliche Nachteile der Freilufttrocknung sind außerdem die unbeeinflussbaren Witterungsschwankungen, die zu Wertminderungen des Holzes führen können, sowie das in den großen Lagerbeständen gebundene Umlaufkapital.

Für viele Verwendungsarten müssen die Hölzer anschließend noch in Trockenkammern auf eine niedrigere Endfeuchte fertiggetrocknet werden (siehe Technische Trocknung).

- **Technische Schnittholztrocknung**

Da in mitteleuropäischen Klimaregionen eine Gleichgewichtsfeuchte unter 12-15% bei natürlicher Trocknung nicht oder nur sehr schwer erreichbar ist, wird das Holz meist technisch getrocknet.

Im Gegensatz zur Freilufttrocknung erfolgt die technische Trocknung unter künstlichen Klimabedingungen, meist in Kammern oder Durchlaufkanälen. Durch entsprechende Steuerung oder Regelung des Klimas können wesentlich niedrigere Endfeuchtigkeiten und kürzere Trocknungszeiten erreicht werden als bei der Freilufttrocknung. Häufig - insbesondere bei stark dimensioniertem Schnittholz - erfolgt die Vortrocknung im Freien und anschließend eine künstliche Endtrocknung. Anlagen zur technischen Trocknung sind kapital- und kostenintensiv. Die Kammertrocknung muss mit 75 – 100 Euro je m³ angesetzt werden.

Umlufttrockner sind die in der Industrie am häufigsten anzutreffenden Trocknungssysteme. Sie beruhen auf dem Prinzip der konvektiven Erwärmung des Trockengutes durch Warmluft. Neben der Wärmeübertragung durch Warmluft, zeichnet sich dieses Verfahren dadurch aus, dass während der gesamten Dauer der Trocknung wiederholt Anteile der feuchten Luft in der Kammer gegen trockenere Frischluft ausgetauscht wird. Aus diesem Vorgang leitet sich die in der Praxis geläufige Bezeichnung „Frischluft-Abluft-Trockner“ her. Als Standard bei Umlufttrocknern gelten heute Normaltemperaturtrockner. Die Entfeuchtung findet dabei in Temperaturbereichen von 50°C bis 90°C - je nach Eigenschaften der Holzart - statt. Über die äußere Erwärmung des Trockengutes stellt sich im Holzquerschnitt ein Feuchtgradient von innen nach außen ein, der den Feuchtetransport hervorruft. Gesteuert wird der Trocknungsvorgang durch die konstant gemessene Holzfeuchte, durch Veränderung der Luftfeuchte und der Trocknungstemperatur.

- **Trocknungsablauf bei einer Frischluft-Abluft-Trocknung**

Im folgenden wird die Holz Trocknung am Beispiel einer Zu-/Abluft Kammer (Breite 4,4 m, Höhe 4,2 m, Länge 12,4 m) bei 0°C Außentemperatur und 50% Holzfeuchte beschrieben.

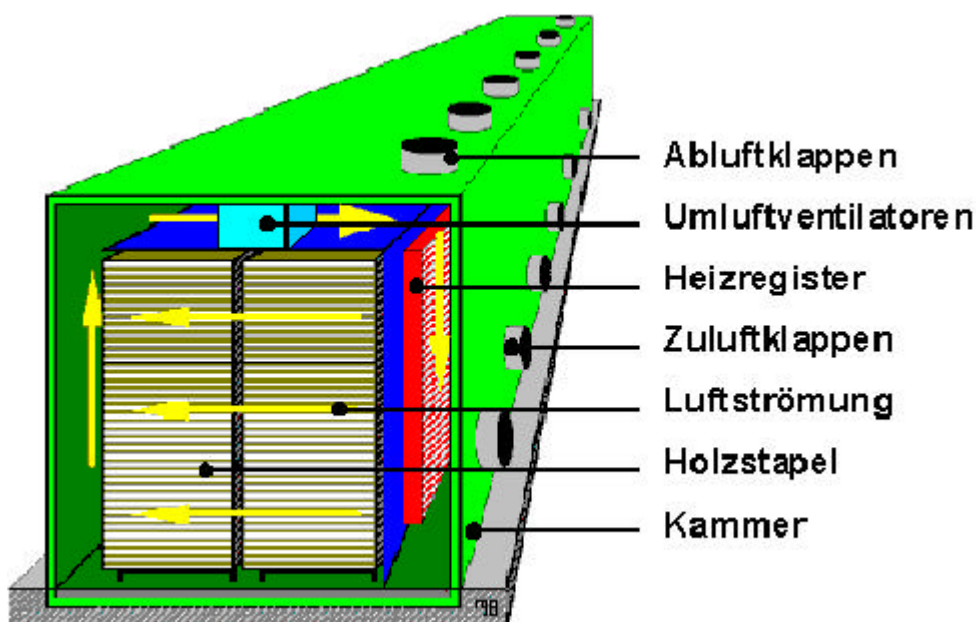


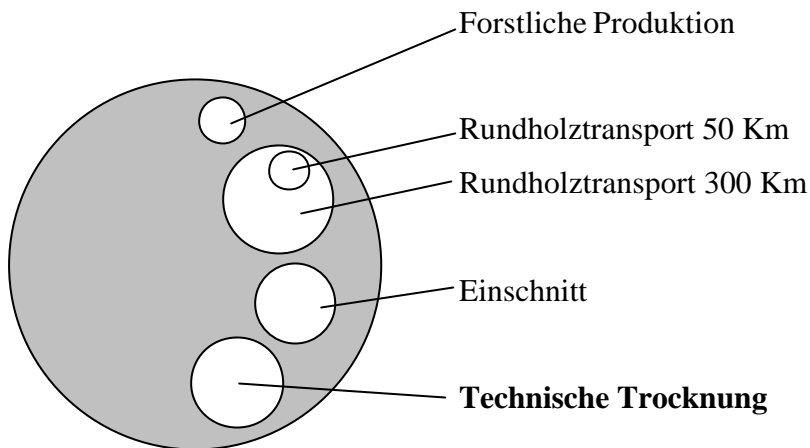
Abb.: Schnitt durch eine Frischluft-Abluft-Trockenkammer

Außenvolumen der Kammer (Länge mal Breite mal Höhe)	230 m ³
Außenflächen der Kammer	250 m ²
Isolation der Kammerwand und Decke (k-Wert)	0,5 W/m ² K
Leistungs für der Wärmeverlust der Kammer bei 70°C	9 kW
Summe der Transmissionsverluste der Kammer	1000 kWh
Nutzvolumen (Stapelvolumen)	110 m ³
Speichermasse der Kammer	5000 kg
Energie für die Kammererwärmung auf 70°C	100 kWh
Dampfmenge bei 70°C, 100% relative Feuchte	30 kg
Energie für die Lufterwärmung 70°C, 100%	25 kWh
Holzvolumen	40 m ³
Energie für die Erwärmung des Holzes auf 70°C	700 kWh
Totale Wassermenge bei 50% Holzfeuchte	9000 kg
Energie für die Wassererwärmung auf 70°C	730 kWh
Energie für die Wasserverdampfung auf 10% Restfeuchte	4500 kWh
Energie für die Erwärmung der "trockenen" Außenluft	3600 kWh
Summe der Trocknungsenergie für 40 m³ Holz	10'000 kWh

Tab.: Ausgewählte technische Daten sowie ungefährender Energieverbrauch bei der Frischluft-Abluft-Trocknung

Bei diesem Beispiel wird innerhalb von 4 Tagen über 7 Tonnen Wasser aus den 40 m³ Holz herausgetrocknet. Nach der Aufheizphase, welche etwa 15% der Trocknungsenergie benötigt, folgt die Austreibung des freien Wasser bis zum Fasersättigungspunkt bei etwa 30% Holzfeuchte. In dieser Phase kann mit einer hohen Luftaustauschgeschwindigkeit die Trocknungszeit verkürzt werden. Das Wasser aus dem Holz erhöht die Feuchtigkeit der Kammerluft, welche dann über automatisch betätigte Klappen nach außen entweicht. Für das Aufheizen der zuströmenden trockenen Außenluft wird etwa 35% der Trocknungsenergie benötigt. Die Wärmeverluste durch die Kammerwand und den Boden machen rund 10% des Energieverbrauchs aus. Die erforderliche Verdampfungsenergie für das Wasser im Holz könnte durch Kondensation auf einem tieferen Temperaturniveau (um 35 °C) zurückgewonnen werden. Mit dieser Wärme könnte zum Beispiel eine Niedertemperaturheizung für ein Holzlager versorgt werden.

Der Wasserentzug erfolgt analog der Prinzipien der Freilufttrocknung über die Wasserverdunstung bis zu einer Endfeuchte von bis zu 6%. Das Schnittholz wird mit einem erwärmten Dampf-Luft-Gemisch ständig unterströmt. Wärmeenergie wird zugeführt, warme Luft mit einem hohen Gehalt an Wasserdampf als Abluft abtransportiert.



- Gespeicherte Sonnenenergie
- Verbrauch an fossiler Primärenergie

Abb.: Anteil an aufgewendeter, primärer Fossilenergie innerhalb des Arbeitsschrittes der Schnittholztrocknung im Gegensatz zu anderen Teilprozessen der Schnittholzerstellung

Der energieintensive Trocknungsprozess gliedert sich in die folgenden Abschnitte.

- ? Stapeln des Trocknungsgutes
gute Ausnützung der Kammer, gleichmäßige Umströmung des Holzes
- ? Aufheizen auf die gewünschte Temperatur
Einschleusen von Luft durch die Heizbatterien zur Erwärmung des Holzes
(schnelles Aufheizen = rasches Austrocknen der Außenbereiche
langsameres Aufheizen = Aufwärmen auch der Holzinnenbereiche vor
Trocknungsbeginn)
Einsprühen von kaltem Wasser in die Kammer wirkt der Verschalung entgegen –
Öffnen der Holzoberfläche
- ? Trocknungsphase oberhalb Wassersättigung vermindern auf Wert entsprechend
Endfeuchte Trockengut
- ? Trocknungsphase unterhalb Wassersättigung erfolgt über die Steuerung und Änderung
der relativen Luftfeuchte bis zum Erreichen des gewünschten
Gleichgewichtszustandes
- ? Konditionieren:
Ausgleichen der Holzfeuchte- Unterschiede innerhalb einer Charge in der
Trockenkammer. Die Randzonen des Holzes werden in das hygroskopische
Gleichgewicht der Umgebungsluft gebracht.
- ? Abkühlen (Absenken der Lufttemperatur)
- ? Lagerung in klimatisierten Raum P endgültiger Ausgleich vor Verarbeitung

- **Vakuumtrocknung**

Neben Umlufttrocknern werden Vakuumtrockner immer häufiger für die Bereitstellung von trockenem Schnittholz eingesetzt. Das System der Vakuumtrocknung basiert auf dem physikalischen Grundprinzip der Druckabhängigkeit des Siedepunktes von Wasser. Wird in einem Vakuumtrockner ein Unterdruck erzeugt, so wirkt sich dieser auch auf die Hohlräume im Holzquerschnitt aus. Bei einer dem Unterdruck angepassten Holztemperatur beginnt das Wasser entsprechend den physikalischen Gesetzmäßigkeiten - auch bei Temperaturen unter 100°C - zu sieden und verdampft. Das Gesamtdruckgefälle im Holz bewirkt eine gleichmäßige Dampfströmung in Richtung der Oberfläche und ermöglicht so eine energiesparende, schonende und schnelle Trocknung bei niedrigen Temperaturen.

- **Trocknungsfehler**

Eine zu große Differenz zwischen dem Klima und der Holzfeuchte kann bei allen Trocknungsmethoden zu massiven Schäden - sogenannten Trocknungsfehlern, *Trocknungsschäden* – führen:

? **Verformungen** (siehe Abbildungen: "*Charakteristische Formänderung*" und "*Dimensionsänderung*"):

Durch eine korrekte Stapelung können die während des Trocknungsvorgangs auftretenden Verformungen reduziert werden.

? **Risse:**

Oberflächenrisse entstehen bei anfangs zu schneller Trocknung. Längsrisse können durch stirnseitig angebrachte Leisten oder Wellenbänder vermindert werden.

? **Farbveränderungen:**

Verfärbungen entstehen durch Kondensationswasser oder bei Berührung mit Eisenteilen. Besonders gefährdet sind helle oder gerbstoffhaltige Hölzer.

? **Zellkollaps:**

Bei zu schneller Trocknung am Anfang der Trocknungsphase (über dem Fasersättigungspunkt), verformt sich das noch feuchtwarme Holz. Die Zellwände brechen ein.

? **Verschalung:**

Bei zu schneller Trocknung wird die äußere, trockene Schicht überdehnt und somit hart. Sie ist dann fast nicht mehr verformbar. Beim Weitertrocknen trocknet die innere Schicht ebenfalls aus. Aufgrund der starren äußeren Schicht entstehen im inneren Verschalungsspannungen und -risse.

2 Literatur

KNIGGE, W.; SCHULZ, H. (1966): Grundriß der Forstbenutzung.

NIEMZ P. (1992): Physik der Holzes und der Holzwerkstoffe.