

Holztechnologie I: Holzbe- und Verarbeitung

Educational Material**Author(s):**

Niemz, Peter; Bächle, F.; Sonderegger, Walter

Publication date:

2000

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004537246>

Rights / license:

In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

Originally published in:

Holztechnologie 1

Inhaltsverzeichnis zu Kapitel 4

4. Nutzung von Holznebenprodukten.....	2
4.1. Rindenverwertung	2
4.1.1. Rindenverbrennung	2
4.1.2. Rindenplatten	2
4.1.3. Rindenkompostierung.....	2
4.1.4. Rindenverwertung	2
4.1.4.1. Nutzungsgesichtspunkte und Verwertungsmöglichkeiten	2
4.1.4.2. Substanzgewinnung.....	3
4.1.4.3. Bastfasergewinnung.....	3
4.1.4.4. Korkgewinnung	4
4.1.4.5. Energiegewinnung.....	6
4.1.4.6. Garten- und Landschaftsbau.....	8
4.1.4.7. Biotechnik	9
4.1.4.8. Sonstige Verwendungen von Rindenprodukten	9
4.2. Harze	11
4.2.1. Definitionen.....	11
4.2.2. Verwendung von Naturharzen	11
4.2.2.1. Kolophonium.....	11
4.2.2.2. Dammar	14
4.3. Gerbstoffe	15
4.4. Literatur zu Kapitel 4	16

4. Nutzung von Holznebenprodukten

4.1. Rindenverwertung

(aus Teil 6 ‚Rindenkunde und Rindenverwertung‘ im Skript Holzkunde II)

Weltweit werden jährlich rund 3.4 Mrd. fm Rundholz genutzt¹, wovon 50-60% als Brennholz. Wenn man von einem durchschnittlichen Rindenanteil von 10% ausgeht, fallen vom nicht als Brennholz verwendeten Rundholz jährlich weltweit etwa 140-170 Mio. fm Rinde an.

4.1.1. Rindenverbrennung

Relativ niedriger Heizwert (ca. 2500 kcal/kg bei 50%igem Trockengewicht)

Probleme: Rinde fällt im allgemeinen nass an und enthält Verunreinigungen (Sand, Steine und Erde), die zu einer starken Verschlackung der Verbrennungsanlagen führen (→ hohe Wartungskosten).

4.1.2. Rindenplatten

Herstellung analog den Spanplatten, jedoch aus Rinde. Die Biegefestigkeit beträgt nur ca. 25 – 30% im Vergleich zu Holzspanplatten.

4.1.3. Rindenkompostierung

- Als Torfersatz
- Als Zugabe zu Schlämmen aus der Papierfabrikation, zu Grünabfällen und Gülle
- Als Rindenmulch

4.1.4. Rindenverwertung

4.1.4.1. Nutzungsgesichtspunkte und Verwertungsmöglichkeiten

Die Rinde wird heute generell aus zwei Gründen genutzt:

- Das Vorhandensein eines besonderen Bedarfs nach einem speziellen Rohstoff z.B. Kork, Bast und Extraktstoffe oder
- Das konzentrierte Anfallen grosser Mengen von Rinden bei der Holzverarbeitung.

Im ersten Fall wird das technische Verfahren auf den Erhalt der hochwertigen Rinde ausgerichtet, im zweiten Fall fällt die Rinde als Nebenprodukt in Massen an. Eine Nutzung des (Neben-) Produktes Rinde ist aber durchaus sinnvoll, da der Anteil der Rinde am Stammholz durchschnittlich 10 – 12% beträgt und heute aus Kostengründen vorwiegend in Sägewerken und nicht mehr im Wald entrindet wird. Bei Werkentrindung sind die Gewinnungs- und Transportkosten der Rinde durch das Holz bereits bezahlt worden. Die Verwertung der so gewonnenen Rinde hängt von der lokal anfallenden Menge ab (da Transporte kaum kostendeckend sind) und wird durch die physikalischen und chemischen Eigenschaften der anfallenden Rinde mitbestimmt. Die wichtigsten Verwertungsmöglichkeiten werden im Folgenden beschrieben (siehe auch Abbildung 1). Für eine spezifische

¹ Gemäss FAO-Statistik für das Jahr 1999
Holztechnologie I

Extraktstoffgewinnung oder Korkgewinnung ist diese grosse Rindenmenge allerdings weniger geeignet, da meist ein Gemisch von verschiedenen Baumrinden anfällt.

Auf die verschiedenen Möglichkeiten der Entrindungstechnik kann hier nicht eingegangen werden. Es soll aber darauf hingewiesen werden, dass während der Dauer der intensivsten Teilungstätigkeit (Mai bis August) das Kambium aufgrund seiner feinen, undifferenzierten Zellwänden eine Zone mit geringem mechanischem Widerstand darstellt. In dieser Zeit – Lohzeit – ist eine leichte Trennung der Rinde vom Holz möglich, die sogenannte „Lohschälung“. Danach steigen die Entrindungswiderstände mit sinkender Aktivität des Kambiums wieder an und erreichen Ende September und über den Winter ihre Höchstwerte. Die technologisch erwünschte, völlig saubere Trennung von Rinde und Holz ist während dieser Zeit kaum zu erreichen.

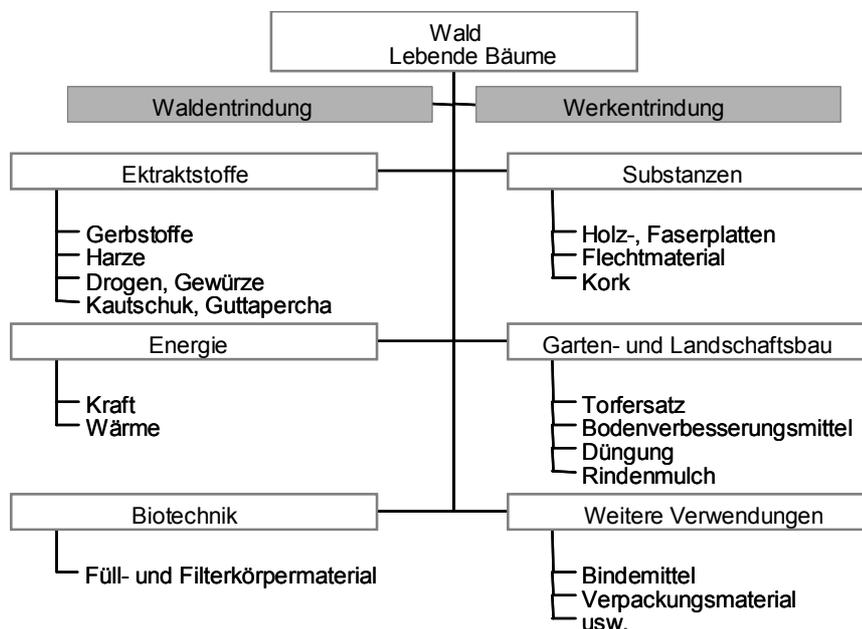


Abbildung 1 Möglichkeiten der Rindenverwertung.

4.1.4.2. Substanzgewinnung

Heute sind drei Kategorien von Rindensubstanzen von industrieller Bedeutung:

- die Bastfasern und Fasersklereiden,
- der Kork und
- die Zellinhaltsstoffe

4.1.4.3. Bastfasergewinnung

Die Rinde als Teil der Industriereststoffe wird in Form von Hackschnitzeln für die Faserplattenherstellung verwendet. Faserreiche und langfasrige Holzarten werden dabei bevorzugt. Heute findet aber auch die Buche etc. eine Verwendung. Es werden Wärme- und Schallisoliationsplatten, aber auch Mitteldichte Faserplatten (sogenannte MDF) hergestellt. Die Festigkeiten dieser Platten sind geringer als diejenigen aus reinem Holz. Versuche zeigten, dass Holzfasern rund 30% Fichtenrinde beigemischt werden kann, ohne dass die technologischen Eigenschaften wie Biegefestigkeit, Wasseraufnahme und Quellung wesentlich beeinträchtigt werden. Siehe hierzu die Vorlesung ‚Holztechnologie II‘.

Für die Spanplattenherstellung und die Zellulosegewinnung ist die Rinde einheimischer Baumarten hingegen aus technologischen und ästhetischen Gründen weniger geeignet. Die langen Bastfasern einiger tropischer Baumarten werden dagegen für die Herstellung von Packpapier, Papier für Scheckhefte und Banknoten (*Wickstroemia ovata*), Papiere und Dekorfolien (*Broussonetia*, *Ficus*) verwendet.

Die Bastfasern werden aufgrund ihrer vorzüglichen Festigkeitseigenschaften auch als Flechtmaterial für die Herstellung von Körben und Matten und in der Polsterei verwendet. Genutzt wurden früher vor allem die Rinde 20- bis 60-jähriger Linden und Korbweiden, seltener Föhren- und Weidenrinden. Heute finden die Rinden vieler Tropenbäume eine Verwendung. Wirtschaftliche Bedeutung haben heute zudem die Bastfasern von Kräutern, wie Lein (*Linum usitatissimum*), Hanf (*Cannabis sativa*), Kenaf (*Hibiscus spp.*) und Jute (*Corchorus spp.*).

4.1.4.4. Korkgewinnung

Der Kork besteht aus parenchymatischen Zellen mit suberinisierten und zum Teil verholzten Zellwänden. Kork ist leicht (0.24g/cm^3), weich, dauerhaft, leicht bearbeitbar, undurchlässig für Gase und Flüssigkeiten und wirkt isolierend (geringe Leitfähigkeit für Wärme und Elektrizität). Suberin ist mit 58 % der Hauptbestandteil des Korkes, gefolgt von Zellulose 22 %, Lignin 12 % und Wasser 5 %.

Die wichtigsten korkliefernden Baumarten sind in Südeuropa die Korkeiche (*Quercus suber*), in Ostasien der Korkbaum (*Phellodendron amurense*), in Mitteleuropa in geringerer Ausmasse die Schwarzpappel (*Populus nigra*) und als Korkersatzarten in den Tropen *Erythrina suberosa* und *Euphorbia nivulia*.

Man unterscheidet zwischen dem Primärkork (männlichen Kork) und dem sekundär erzeugten Wundkork (weiblicher Kork, Reproduktionskork). Die Korkschicht des Primärkorkes beginnt sich bei *Quercus suber* im 4. Jahr zu bilden und hat nach ungefähr 10 Jahren eine Dicke von ca. 15 mm erreicht. Dieser männliche Kork ist rissig, brüchig und voller Löcher. Nach seiner Entfernung unter Schonung des aktiven Phellogens, bildet dieses eine weichere und regelmässige neue Korkschicht aus, den Reproduktionskork (Abbildung 2 und Abbildung 3).

Jährlich werden schätzungsweise weltweit rund 500 000 Tonnen Kork gewonnen, ungefähr die Hälfte davon in Portugal. Der Reproduktionskork wird verwendet für Flaschenkork, Schuhsohlen, Stossdämpfer, Rettungsgürtel und Fischernetze. Zunehmende Bedeutung hat die vielfältige Korkverwendung in der Souvenir-Industrie. Aus geringwertigem Kork (vorallem Primärkork) und aus den Abfällen bei der Verarbeitung des Reproduktionskorkes wird Korkschnitt gemahlen, der mit Bindemitteln zu Akustikplatten, Fussbodenbelägen (z.B. Linoleum), Dichtungen und Isolationsmaterial gepresst wird (sogenannter Presskork).

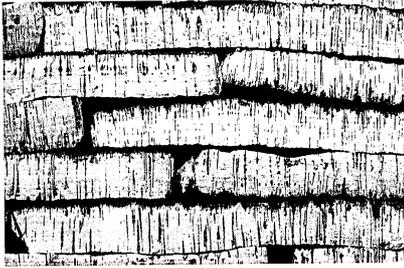


Abbildung 2 Sekundär erzeugter Wundkork der Korkeiche (*Quercus suber*). (Quelle: Vaucher 1997 – 1998)



Abbildung 3 Korkeiche (*Quercus suber*) nach der Wundkorkentnahme. (Foto: Sammlung H. Bosshard)

4.1.4.5. Energiegewinnung

Die anfallende Rinde bei der Werkentrindung wird heute meistens in den Werken selber zur Wärme- und oder Energiegewinnung verwendet (Stichwort Kraft-Wärme-Koppelung).

Der Heizwert der absolut trockenen Rinde beträgt zwischen 17 000 - 23 000 kJ/kg (Tabelle 1). Der Heizwert des absolut trockenen Holzes beträgt vergleichsweise Werte zwischen 17 500 - 19 200 kJ/kg. Die artspezifischen Unterschiede im Heizwert sind durch die verschiedenen Fasergehalte zu erklären.

Der effektive Heizwert der Rinde hängt sehr stark von der Feuchtigkeit ab (Abbildung 4), da Wasser nur unter Energieverbrauch verbrannt werden kann (2510 kJ = 600kcal sind erforderlich um 1 kg Wasser zu verdampfen). In der Praxis wird bei Trockenentrindung mit einem Rindenwassergehalt von 35 – 65 % gerechnet und bei Nassentrindung mit über 85%. Damit überhaupt ein Energiegewinn bei der Verbrennung erzielt werden kann, wird die Rinde zerkleinert (3 cm) und vorgetrocknet. Oft erfolgt die Vortrocknung direkt vor dem Verbrennungsprozess (bei Verbrennungsanlagen mit Vorkesseln, Unterschubfeuerungen, Schrägrostöfen und dem Polzenith-System z.B. durch Rauchgas aus der eigentlichen Verbrennung). Der effektive Heizwert kann approximativ nach der folgenden Formel berechnet werden:

$$H_{\text{effektiv}} = \frac{H_{\text{atro}} \times (100 - F) - 2510 \times F}{100}$$

H_{effektiv} = effektiver Heizwert [kJ/kg]

H_{atro} = Heizwert der absolut trockenen Rinde [kJ/kg]

F = Rindenfeuchtigkeit [%]

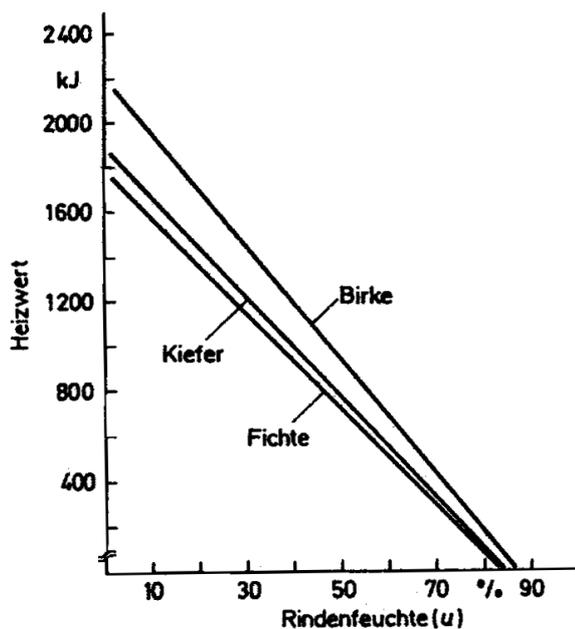


Abbildung 4 Heizwert von Rinde in Abhängigkeit von der Feuchte. (Quelle: Mette & Korell 1989)

Eine andere Möglichkeit ist das Brikettieren von Rinde, wobei Pressen und Trocknen in einem Arbeitsgang zusammengefasst werden können (Tabellen hierzu siehe Mette & Korell 1989, S. 104f).

Der Aschegehalt der Rinde ist aufgrund der verschiedenen Inhaltsstoffe sehr hoch und beträgt in Gewichtsprozent der absolut trockenen Rinde 0,6 - 2,5 % für die Nadelholzarten und gar nur 1,5 - 10,7 % für die Laubholzarten (Tabelle 1). Bei Holz beträgt der Aschegehalt vergleichsweise nur Werte zwischen 0.1 – 1.5 %. Der hohe Aschegehalt der Rinde bereitet, zusammen mit den Rückständen von Erde, Sand und Steinen aus dem Wald, technische Schwierigkeiten bei der Energiegewinnung, weil die mineralischen Bestandteile zu Verschlackung und Rostbildung führen und die Sauerstoffzufuhr hemmen.

Neben der direkten Verbrennung von Rinde und Rindenbriketts wird Energie auch über die Pyrolyse (Herstellung von Aktivkohle) gewonnen.

Tabelle 1 Heizwert der Rinde in absolut trockenem Zustand, Aschegehalt und Raumdichtezahl der Rinde für einige ausgewählte Nutzholzarten (Quellen: Fournier & Goulet 1970, Sell & Schnell 1988, Mette & Korell 1989 und Wagenführ 1996)

Art	Heizwert der Rinde [kJ/kg]	Aschegehalt [%]	Rohdichte R_{12} [kg/m ³]	Raumdichtezahl [kg/m ³]	
				Bast	Borke
<i>Abies alba</i>	19 080	2.6	460 - 470		
<i>Larix decidua</i>	19 240 – 19 800	1.2	325 - 380		
<i>Picea abies</i>	17 840 – 18 930	3.3	310 – 400		(420)
<i>Pinus silvestris</i>	20 160	1.5	300 – 490		(340)
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	21 030 – 22 750		310		500
<i>Tsuga canadensis</i>	21 800	1.6			400 - 540
<i>Acer pseudoplatanus</i>			530 - 740		
<i>Acer rubrum</i>	18 750			750	
<i>Acer saccharum</i>	18 060	6.3		670	470
<i>Alnus glutinosa</i>			426 - 440		
<i>Alnus rubra</i>	19 600	6.0			
<i>Betula alleghaniensis</i>	22 250	1.7			530
<i>Betula verrucosa</i>			562 - 770		
<i>Carpinus betulus</i>					
<i>Fagus sylvatica</i>	16 560 – 17 620	7.2	579 - 920		710
<i>Fraxinus excelsior</i>			457		
<i>Platanus occidentalis</i>	18 400	5.8			
<i>Populus tremula</i>			590		400
<i>Populus tremuloides</i>	20 750	4.0	480	400	490
<i>Quercus alba</i>	17 400	10.7		760	630
<i>Quercus robur</i>	18780		423 - 530		
<i>Salix nigra</i>	17 900	6.0	650		
<i>Tilia sp.</i>			342 - 610		
<i>Ulmus americana</i>	17 250	9.5		400	390
<i>Ulmus glabra</i>			400 - 630		

4.1.4.6. Garten- und Landschaftsbau

Die Rinde findet hier folgende Verwendungszwecke:

- Rinde ist ökologisch weniger bedenklich als Torf, da sie ein nachwachsender Sekundärrohstoff ist, der bei der Holzverwertung in relativ grossen Mengen anfällt. Die Rinde wird deshalb als Torfersatz verwendet. Die Elementzusammensetzung von Rinde und Weisstorf ist vergleichbar (Tabelle 2), allerdings ist aufgrund des ungünstigen C : N – Verhältnisses ein Zusatz an N erforderlich.

Tabelle 2 Elementare Zusammensetzung von Rinde und Torf. (Quelle Mette & Korell 1980)

Bestandteile	Fichtenrinde [%] atro	Weisstorf [%] atro
Organische Masse	96.1	97.0
C	40.4	55.0
N	0.41	0.25
P	0.04	0.03
K	0.18	0.05
Ca	0.99	0.36
PH - Wert	5.0 – 6.2	3.5

- In der Rinde sind die Nährstoffe überwiegend in organischen Bindungen festgelegt (Kohlenstoff-Stickstoffverhältnis von rund 35 : 1, im Boden dagegen 2 : 1) und sind damit für die Pflanze in einer nicht verfügbaren Form vorhanden. Durch den biologischen Abbau (Bakterien) werden die Nährstoffe mineralisiert und dadurch für die Pflanzen verfügbar gemacht. Durch Zugabe von Stoffen (z.B. das Enzym Tannase) und nachfolgender Kompostierung (Fermentation) erfolgt dieser biologische Abbau und das Stickstoffverhältnis wird stabilisiert. In 4 bis 6 Wochen entsteht so ein Bodenverbesserungsmittel (auch Kompost, Rindenumus, Rindenerde genannt).
- Das physikochemische Verfahren zur Umwandlung von Rinde in Humus nach Ufheil, arbeitet dagegen nicht mit Mikroorganismen, sondern mit der Hydrolysewirkung (chemische Spaltung) des überhitzten, trockenen Wasserdampfes und einer ausreichend hohen Temperatur (90 – 200° C). In ungefähr 40 Minuten entsteht auf diese Weise eine schwarze Kulturerde (Humofor), die durch Erde in echten, natürlichen Humus umgeformt werden kann.
- Die Zugabe unbehandelter Rinde bewirkt im Boden eine Verbesserung der physikalischen Bodeneigenschaften (Bodenstruktur), die besonders bei verdichteten Böden nützlich sein kann. Die Rinde dient hier als Bodenauflockerungsmittel und nicht als Dünger.
- Rindenmulch ist zerkleinerte, unfermentierte Rinde und dient als Bodenabdeckungsmaterial, indem die biozide Wirkung der phytotoxischen Rindeninhaltsstoffe ein Überwachsen mit Unkräutern vermindert, die Bodenerosion verkleinert wird, die Verdunstung herabgesetzt wird und die aufliegende Rinde gleichzeitig für die allenfalls etablierte Pflanze einen Frostschutz darstellt. Zusätzlich verbessert Rindenmulch die Tragfähigkeit von Böden. So können z.B. Spazierwege gestaltet werden oder Eisenbahntrassees frostunempfindlicher gemacht werden.

- Die Rinde wird aufgrund der hohen Absorptionsfähigkeit auch als Streumittel eingesetzt (z.B. in Geflügelfarmen).
- Auf der Basis von fermentierter Rinde, unter Beimischung anderer substratfähiger Stoffe (z.B. Torf, Ton) mit oder ohne Nährstoffzusätzen, wird Rindenkultursubstrat hergestellt, welches für die Topf- und Containerkultur von Zierpflanzen und Gehölzen eingesetzt werden kann. Rinde wird auch direkt in Form von Rindenballen als Wurzelgrund für z.B. Orchideen in Blumenzuchtbetrieben verwendet.

Beim Einsatz von Rinde im Garten- und Landschaftsbau ist generell der Fremdstoffeintrag, die Nährstoffproblematik, die Azidität der Rinde, sowie der Abbauprozess der verschiedenen Rindenarten noch Gegenstand intensiver Forschung.

4.1.4.7. Biotechnik

Aufgrund der Oberflächenstrukturen und den Bindungseffekten mit den spezifischen Rinden-Inhaltsstoffen (wie Phenole) besitzt die Rinde die Fähigkeit zur Adsorption von verschiedenen Stoffen. Sie wirkt als Puffer, indem Nährstoffe (wie z.B. Stickstoff) temporär gespeichert werden und so kann eine Schadstoffbelastungen abgefedert werden.

Die Rinde wird auch als Trägermaterial, d.h. als Nährsubstrat und Aufwuchsfläche für zersetzende Mikroorganismen (wie Bakterien und Pilze) eingesetzt. Hier spielt neben der hohen Adsorptionsfähigkeit der grosse Porenraum (70 bis 90 %) eine wichtige Rolle (Durchlüftung und Wasserzirkulation).

Heute werden Rindenprodukte als Füll- und Filtermaterial verwendet bei:

- der biologischen Reinigung und Sanierung kontaminierter Böden.
- der biologischen Abgas- und Abluftreinigung, z.B. als Geruchfilterstoff in biologischen Toiletten oder als Biofilter beim Abbau von flüchtigen Lösungsmittelbestandteilen.
- der biologischen Filterung der Gülle. Die stickstoffarme, aber ansonsten nährstoffangereicherte Rinde dient anschliessend als Ackerdünger und das Ablaufwasser („gereinigte Gülle“) zur Bewässerung.
- der Abwasserbehandlung und
- bei weiteren Anwendungen in der chemischen Industrie. Die Forschung im Einsatzbereich Zusatz-, Füll- oder Trägerstoff ist im Moment vor allem aus ökologischen Gründen sehr aktuell. So wird z.B. ein Einsatz der Rinde zur biologischen Entfernung von Nitrat aus Trinkwasser diskutiert oder pulverisiertes Rindenmehl als Trägerstoffe für chemische Stäubemittel zur Schädlingsbekämpfung eingesetzt.

4.4.4.8. Sonstige Verwendungen von Rindenprodukten

Die Rinde findet zusätzlich folgende Verwendungszwecke:

- In mineralischer Verbindung mit Zement, Gips oder Magnesit wird Rinde als Bindemittel verwendet. Allerdings ist ein Einsatz von Abbindebeschleunigern wie Calciumchlorid und Natronwasserglas notwendig.
- Fraktionierte Rinde (z.B. Produkte wie Silvacon) werden als Additive und Extenders in der Plastikindustrie verwendet.
- Die Biogasgewinnung aus nass entrindeter Rinde könnte in Zukunft eine Alternative zur Verbrennung werden.

- Aus Rinden (z. B. Birkenrinde) wird dekoratives Verpackungsmaterial hergestellt.
- Die Birkenrinde (*Betula alba*, *B. pendula*) wird in Skandinavien zur Isolierung von begrünten Flachdächern genutzt.
- Die Indianer des Amazonas konstruieren aus der Rinde Kanus (Abbildung 5).

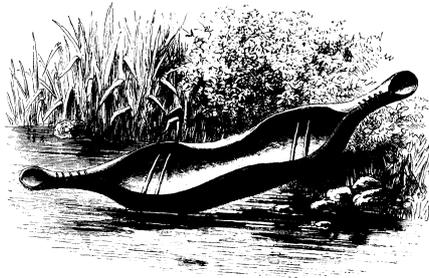


Abbildung 5 Kanu der Caripuna Indianer aus der Region des Madeira – Flusses am Amazonas.
(Quelle: Sandved et al. 1993)

4.2. Harze

4.2.1. Definitionen

Harz (allgemein): Sammelbegriff für feste, harte bis weiche Produkte, die amorph sind und keinen Schmelzpunkt, sondern einen mehr oder weniger breiten Erweichungsgrad haben. Sie haben glasartigen Charakter und sind im festen Zustand meist spröde (nach Jordan und Hinterwaldner 1994).

Unterschieden wird zwischen Kunstharzen (synthetischer Ursprung) und Naturharzen (meist pflanzlicher Ursprung, ausser Schellack (tierischer Ursprung)). Bei den Naturharzen wird zwischen dem Balsam und dem eigentlichen Harz unterschieden:

Balsame: Die natürlich vorkommenden Lösungen von Harzen in den begleitenden ätherischen Ölen (z.B. Kiefern Balsam (Kiefern Terpentin), Oregon Balsam, Kanadabalsam², Peru³- und Tolubalsam⁴, Lärchenterpentin⁵ (Venetianer Terpentin), Copaivabalsam).

Eigentliche Harze: Die nach Verdunstung oder Autoxydation der ätherischen Öle entstehenden, harten Harze. Sie werden nach ihrem Handelswert in Edelhharze (Myrrhe⁶, Olibanum⁷ usw.) und gemeine Harze (z.B. Kolophonium) eingeteilt. Eine Zwischenstellung nehmen gewisse Lackharze wie Kopale, Dammar und Bernstein ein.

4.2.2. Verwendung von Naturharzen

Industriell: 0.9 Mio. Tonnen/Jahr (gemäss Angaben TU Wien)

Natürliche Harze bzw. Derivate werden für Lacke, Druckfarben, Klebstoffe, Beschichtungsmassen oder als Hilfsmittel bei der Papierverleimung eingesetzt. Weiter als Koagulationsmittel⁸ (z.B. Balsamharz, Schellack): Natürliche Harze sind besonders gut für ein Koagulationsrecycling geeignet.

Für die industrielle Nutzung wird vor allem Kiefernharz (Kolophonium) verwendet. Dammar, ein asiatisches Laubbaumharz, findet heute noch Verwendung in der Naturfarben-Industrie. Diese beiden Harze werden nachfolgend genauer beschrieben.

4.2.2.1. Kolophonium

Kolophonium⁹ ist die Bezeichnung für die Gruppe der Kiefernharze. Das Harz wird hauptsächlich aus folgenden Pinusarten gewonnen:

P. pinaster (Frankreich, Spanien, Portugal)

P. halepensis (Griechenland)

² Stammt von der Balsamtanne (*Abies balsamea*) und besitzt einen ähnlichen Brechungsindex wie Glas. Verwendung: Optischer Kitt, Einbettung mikroskopischer Präparate.

³ Dunkle, zähviskose Flüssigkeit mit vanilleartigem Geruch, wird hauptsächlich von *Myroxylon balsamum* var. *pereirae* gewonnen. Verwendung: Kosmetikindustrie, Behandlung von Krätze.

⁴ Dickflüssiger, beim Lagern aushärtender Balsam aus *Myroxylon balsamum* (tropisches Südamerika) mit hohem Zimtgehalt. Verwendung: Kosmetikindustrie, Bestandteil von Kaugummi und Hustensirup.

⁵ Balsam aus *Larix europaea*. Verwendung: Kosmetikindustrie und spezielle Lacke.

⁶ Aus *Commiphora* spp., Äthiopien.

⁷ = Weihrauch: Aus *Boswellia* spp., Arabien, Somalia.

⁸ Bei der Lackierung versteht man unter Koagulation die Abscheidung von sogenanntem Lackoverspray aus dem Umlaufwasser von Lackieranlagen. In der Regel funktioniert dies nur unter Zuhilfenahme von chemischen Hilfsstoffen, den Koagulationsmitteln.

⁹ Der Name stammt aus der Antike und hat seinen Ursprung in der kleinasiatischen Stadt Colophon. Das Kiefernharz wurde damals vor allem für das Kalfatern der hölzernen Schiffe verwendet.

P. silvestris (Mittel- und Osteuropa)
P. palustris und *P. elliotii* (USA)
P. oocarpa, *P. montezuma* u.a. (Mexiko)
P. longifolia (China, Indien)

Gewinnung

Es werden drei Technologien zur Gewinnung von Kolophonium angewendet:

- Lebendharzung → Balsamharz
- Extraktion von Nadelholzstubben → Wurzelharz
- Verarbeitung von Tallöl (Nebenprodukt der Sulfatzellstoffherstellung) → Tallharz.

Balsamharz (Baumharz): Der Balsam (Terpentin) wird am lebenden Baum durch Verletzung der Rinde und Auffangen der austretenden Flüssigkeit in meist metallenen Sammelbehältern gewonnen. Durch Behandlung der Wunde mit 50%-iger Schwefelsäure (Reizmittelharzung) kann die Ausbeute um mehr als 100% gesteigert werden. Der Balsam enthält als wesentliche Bestandteile das Kolophonium und das Terpentinöl, in welchem das Harz gelöst ist. Die Trennung der beiden Bestandteile erfolgt durch Destillation (Abbildung 6).

Wurzelharz: Da das Wurzelholz der Kiefern wesentlich harzreicher ist als das Stammholz, wird das Harz durch Extraktion von Wurzelholz (Stubben), das zuerst zerspannt wird, gewonnen (Abbildung 6). Die hellen Wurzelharze besitzen ähnliche, wenn auch nicht gleiche Eigenschaften wie die Balsamharze. Die Herstellung ist jedoch wegen des geringeren Arbeitsaufwandes preisgünstiger.

Tallharz: Die Tallharze bilden etwa die Hälfte des rohen Tallöls, das aus der Sulfatseife gewonnen wird, die bei der Herstellung des Sulfatzellstoffes als Nebenprodukt anfällt. Tallöl besteht aus ca. 40-55% Fettsäuren, 30-50% Harzsäuren und 7-11% Unverseifbarem. Je nach Zusammensetzung der Fettsäuren kann eine optimale Trennung von den Harzsäuren Schwierigkeiten bereiten. Durch ständige Verbesserung bei der Herstellung der Tallharze ist ihre Qualität inzwischen mit denjenigen der Balsam- und Wurzelharze vergleichbar. Wegen dem hohen Arbeitsaufwand bei der Gewinnung der Balsamharze und dem Rückgang des Rohstoffes für die Wurzelharze, werden die Tallharze immer mehr an Bedeutung gewinnen.

Verwendung:

- In der Papierindustrie zum Leimen des Rohpapiers
- Als Ausgangsmaterial in der Lackindustrie
- Als Emulgator bei der Herstellung synthetischer Kautschuke
- Als Bestandteil von Klebstoffen

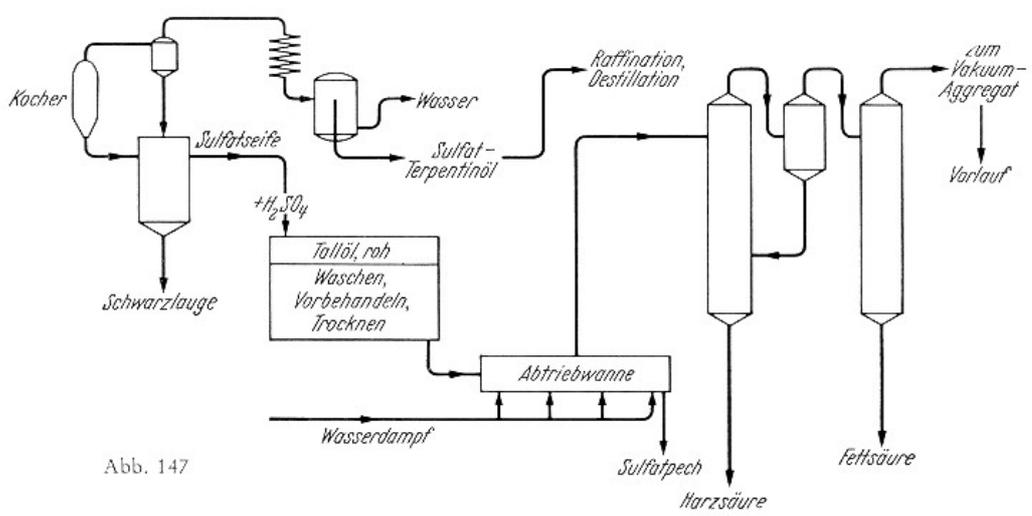
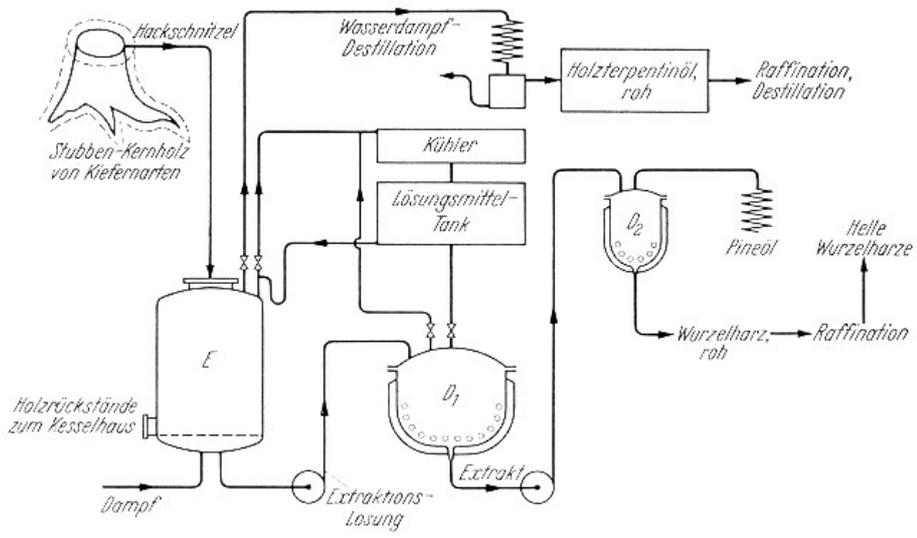
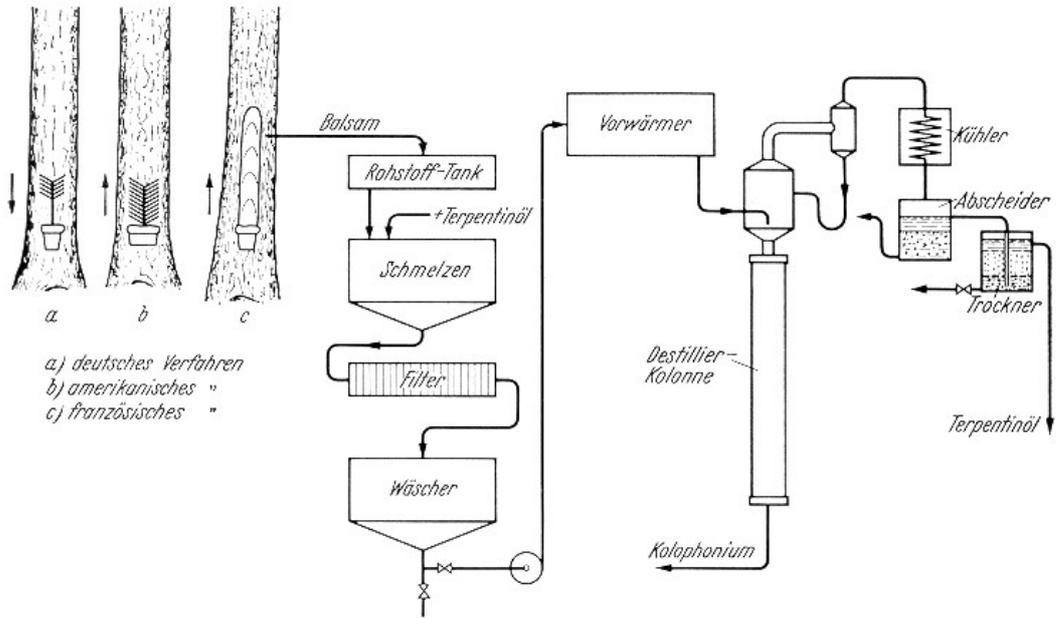


Abb. 147

Abbildung 6 Gewinnung und Aufbereitung von Balsamharz, Wurzelharz und Tallöl (in Sandermann 1963)

4.2.2.2. Dammar

Harze von Laubbäumen aus der Familie der *Dipterocarpaceen* (*Shorea*-, *Hopea*- und *Balanocarpus*-Arten), die vor allem in Indonesien, Malaysia und Thailand vorkommen.

Gewinnung

Lebendharzung: Sammeln des Harzes direkt am Stamm (Dammar tropft zu gewissen Jahreszeiten direkt vom Baum) oder durch Einhacken von kleinen Höhlungen in den Stamm, was die Harzproduktion erhöht. Ein Baum liefert in seinem Leben um die 310 – 375 kg. Durch die Lebendharzung wird das wertvolle, von Verunreinigungen freie, weisse Dammar gewonnen.

Heute werden Harzbäume zum Teil in der Agroforesterie (z.B. Sumatra) genutzt.

Rezente-fossil: Harzmassen von abgestorbenen Bäumen oder aus deren Wurzelzone lagern direkt unter der Erdoberfläche. Sie machen einen beträchtlichen Teil der Exportmasse aus.

Fossil: Das Dammar lagert in 2 – 30 cm dicken Schichten oder Inseln in älteren Alluvialablagerungen.

Durch Hochwasser wird rezente-fossiles und fossiles Dammar zu Tage gefördert und kann in der trockenen Jahreszeit auf Sandbänken eingesammelt werden. Wegen seiner Verunreinigungen durch Erde, was eine braune bis schwarze Farbe zur Folge hat, ist es weniger wertvoll.

Verwendung:

Dammar spielte durch seine helle Farbe lange Zeit eine herausragende Rolle in der Farben- und Lackindustrie (hochglänzende Lackierungen). Durch das Aufkommen der Kunstharzindustrie in der Mitte des 20. Jhds. (Zweiter Weltkrieg) wurde es stark zurückgedrängt. Heute hat es noch eine Nischenfunktion in der Naturfarben-Industrie als Bindemittel in Holzlasuren und -lacken, Lasurfarben, Vorstreichfarben, Weisslack und Innenputz, Spachtelmassen, Wandfarben, Abtönfarben, Hartöl sowie Heizkörperlacken.

4.3. Gerbstoffe

Definition (nach Nuhn 1997): Als Gerbstoffe werden anorganische und organische Verbindungen bezeichnet, die tierische Häute gerben, also in Leder verwandeln können. Die Wirkung beruht auf einer Denaturierung der Proteine.

Bei den organischen Gerbstoffen können zwei Gruppen unterschieden werden:

- Kondensierte Gerbstoffe: Catechingerbstoffe oder Proanthocyanidine. Sie leiten sich vom Flavanderivat Catechin ab.
- Hydrolysierbare Gerbstoffe (Gallotannine). Leiten sich von der Gallussäure ab.

Gerbstoffe kommen vor allem in *Pinidae* und *Magnoliophytinae* (Familien *Rosaceae*, *Fagaceae*, *Salicaceae*, *Polygonaceae*, *Fabaceae*, *Ericaceae*, *Anacardiaceae*) vor.

(Nach Nultsch 1991) Durch Oxidation gehen die Gerbstoffe in die rotbraunen Phlobaphene über, die vielen Borken die dunkle Farbe verleihen. Am bekanntesten ist das Tannin.

Nutzung

Die Gerbstoffgewinnung erfolgt vor allem aus Rinden tropischer und subtropischer Baumarten wie Mimosa (*Acacia* sp.: Brasilien, Südafrika und Zimbabwe), *Pinus radiata* (Neuseeland, Australien, Chile) und Mangroven (*Rhizophora* sp. und *Burquiera* sp.: Malaysia) sowie dem Holz von Quebracho (*Sinopsis* sp.: Argentinien).

Die Gerbstoffe dienen als

- Bindemittel in Holzwerkstoffen (Sperrholz, Spanplatten und MDF)
- Gerbmittel
- Metallkomplexbildner (Chelatbildner)
- Flockungsmittel

Tannine als Bindemittel in Holzwerkstoffen haben den Vorteil, aus erneuerbaren Rohstoffen gewonnen zu werden (synthetische organische Bindemittel werden aus Erdöl oder Erdgas hergestellt). Um dieselbe Festigkeit wie bei synthetischen organischen Bindemitteln zu erhalten, ist jedoch Formaldehyd als Katalysator zu verwenden, was zu einem hohen Formaldehydabgabepotential führt. Aufgrund neuerer Forschungsarbeit besteht jedoch die Möglichkeit, die Formaldehydabgabe stark zu reduzieren (Schmidt 2000).

Tabelle 3 Gerbstoffgehalt einiger Baumarten (aus Prasetya 1992)

Baumart	Baumteil	Gerbstoffgehalt (%)
Birke (<i>Betula</i> sp.)	Rinde	10-15
Douglasie (<i>Pseudotsuga</i> sp.)	Rinde	5-25
Eiche (<i>Quercus robur</i> L.)	Rinde	5-17
Eukalyptus (<i>Eucalyptus</i> sp.)	Rinde	13-54
Fichte (<i>Picea abies</i> Karst.)	Rinde	6-17
Hemlock (<i>Tsuga</i> sp.)	Rinde	10-16
Lärche (<i>Larix</i> sp.)	Rinde	5-25
Malleto (<i>Eucalyptus occidentalis</i> Endl.)	Rinde	38-48
Mangrove (<i>Rhizophora</i> sp. und <i>Burquiera</i> sp.)	Rinde	22-48

Mimosa (<i>Acacia</i> sp.)	Rinde	22-48
Kiefer (<i>Pinus</i> sp.)	Rinde	6-25
Eiche (<i>Quercus</i> sp.)	Holz	6-7
Kastanie (<i>Castanea</i> sp.)	Holz	6-15
Quebracho (<i>Sinopsis</i> sp.)	Holz	14-26

4.4. Literatur zu Kapitel 4

- Bosshard, H.H. (1984):** *Zur Biologie, Physik und Chemie des Holzes*. Holzkunde, Band 2. Birkhäuser Verlag, Basel.
- Burmester, A. & Kieslich, W. (1985):** Veränderung des Extraktgehalts von Eichenrinde im Jahresverlauf. *Holz als Roh- und Werkstoff* 43: 350.
- Burmester, A. & Kieslich, W. (1986):** Beitrag zur Kenntnis der chemischen Eigenschaften europäischer Baumrinden. *Holz als Roh- und Werkstoff* 44: 419 – 422.
- Burmester A. (1987):** Einfluss von Extraktstoffänderungen auf den Feuchtigkeitsgehalt von Baumrinden. *Holz als Roh- und Werkstoff* 45: 11 – 13.
- Buse, B. (1981):** Energiegewinnung aus Rinde, Teil 1 und 2. *Holz-Zentralblatt*, 107, 22: 351 – 352, 23: 371 – 373.
- Dietz, P. (1975):** Dichte und Rindengehalt von Industrieholz. *Holz als Roh- und Werkstoff* 33: 135 – 141.
- Fournier, F. et Goulet, M. (1970):** *Propriétés physico-mécaniques de l'écorce: Une étude bibliographique*. Département d'Exploitation et Utilisation des Bois, Université Laval, Note de Recherches No. 7» Québec. 44pp.
- Jordan, R. und Hinterwaldner, R. (1994):** *Klebhharze: Naturharze – Kohlenwasserstoffharze - Harzdispersionen – Phenolharze*. Hinterwaldner Verlag, München. 161 S.
- Koehler, F. (1992):** *Drogen und Naturstoffe, Grundlagen und Praxis der chemischen Analyse*. Springer Verlag, Berlin.
- Kramers, U. (1967):** Die Nutzung der Rinde. *Holzforschung und Holzverwertung* 19, 1: 1 – 4.
- Maesel, M.A. (2002):** Dammar – Katzenaugen aus dem Fernen Osten. *Holz-Zentralblatt* 71:868-869
- Mette, H.J. & Korell, U. (1989):** *Richtzahlen und Tabellen für die Forstwirtschaft*. VEB, Berlin.
- Mombächler, R. (1988):** *Holz-Lexikon*. 3. Auflage. DRW-Verlag, Stuttgart. 2 Bände.
- Nicolaie, V. (1985):** *Die ökologische Bedeutung verschiedener Rindentypen bei Bäumen*. Dissertation Universität Marburg/Lahn.
- Nuhn, P. (1997):** *Naturstoffchemie. Mikrobielle, pflanzliche und tierische Naturstoffe*. 3. Auflage. S. Hirzel Verlag, Stuttgart. 766 S.
- Nultsch, W. (1991):** *Allgemeine Botanik*. 9. Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart. 560 S.

- Parameswaran, N. (1971):** Über die Struktur der tropischen Baumrinde und ihrer Verwertungsmöglichkeiten. Sonderdruck aus *Forstarchiv* 41, 10: 193 – 198.
- Prasetya, B. (1992):** Beiträge zum Verhalten extraktstoffreicher Rinden, am Beispiel der Fichtenrinde, in chemisch-technologischen Prozessen. Dissertation Universität Göttingen. 260 S.
- Roth-Kleyer, S. (1995):** Einsatz von Rindenprodukten im Garten- und Landschaftsbau. *Das Gartenamt* 1: 55 – 58.
- Sachse, H. (1965):** Bau und Eigenschaften der Rinde und ihre derzeitigen Nutzungs- und Verwertungsarten. *Forstarchiv* 36, 2: 25 – 32.
- Sandermann, W. (1960):** Naturharze, Terpentinöl, Tallöl. Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg. 483 S.
- Sandermann, W. (1963):** Chemische Holzverwertung. Bayerischer Landwirtschaftsverlag GmbH, München. 306 S.
- Schmidt, H. (2000):** Zur Herstellung von emissionsarmen tanningebundenen Spanplatten – Stand der Kenntnisse und eigene Untersuchungen. Dissertation Universität Göttingen. 121 S.
- Schalk, P. (1993):** *Einsatz von Rindenfilterkörpern zur biologischen Güllebehandlung.* Dissertation Freiburger Bodenkundliche Abhandlungen, Freiburg im Breisgau.
- Sell, J. & Schnell, G. (1988):** Der Heizwert von Holz und seine Einflussfaktoren, Literaturlauswertung und Zusatzuntersuchungen. EMPA, *IP HOLZ*, Report Nr. 115/18: 1- 24.
- Steinmann, P. (1982):** Einsatzmöglichkeiten von Holzabfällen und Rinde für energetische Zwecke. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 133, 5: 429 – 435.
- Zimmermann, J.D. (1981):** Physikochemische Umwandlung von Rinde in Humus. *Holz-Zentralblatt*, 107, 40: 653.
- Zöttel, W. (1989):** Wachstum aus Abfall, Rinde und ihre ökonomische Aufbereitung zu nützlichen Produkten. *Holz aktuell* 7: 84 – 93.

www.adama.de/kluthe/koagul-roh.shtml
otech7.tuwien.ac.at/nwr_sk_d.html

Inhaltsverzeichnis zu Kapitel 5

5. Holzschutz 2

5.1. Ziele Holzschutz; Nachteile von Holz 2

5.2. Gefährdungsklassen 4

5.3. Holzschutz 5

5.3.1. Chemisch 5

5.3.1.1. Mittel/Verbindungen 6

5.3.1.2. Wirkstoffe 7

5.3.1.3. Verfahren 8

5.3.1.4. Gütezeichen 10

5.3.1.5. Gefahrenpotential 11

5.3.2. Biologisch 11

5.3.3. Konstruktiv 12

5.3.4. Integrierter Holzschutz 12

5.3.5. Brandschutz 13

5.3.5.1. Feuerwiderstandsklassen 13

5.3.5.2. Feuerhemmende Schutzmittel 13

5.4. Literatur zu Kapitel 5

16

5. Holzschutz

5.1. Ziele Holzschutz; Nachteile von Holz

Es gilt die Nachteile des Holzes zu beheben, respektive zu vermindern:

- Holz brennt
- Holz fault und wird von Insekten zerstört
- Holz schwindet und quillt

Unter Holzschutz versteht man alle Massnahmen, die eine Wertminderung oder Zerstörung von Holz oder Holzwerkstoffen verhindern, bzw. verlangsamen.

Tabelle 4 Prozentuale Verteilung der Fehler und Mängel auf Haupt- und Untergruppen (aus Schweizer Holzbau 10/2000, S.23)

Material 21%	Festigkeitssortierung 19%
	Erscheinungssortierung 31%
	Holzfeuchte 50%
Holzbau 31%	Ausführung allgemein 49%
	Tragsicherheit (Statik) 28%
	Durchbiegung 15%
	Schwingen 8%
Schutzmassnahmen 14%	Baulich konstruktiv 42%
	Chemischer Holzschutz 19%
	Oberflächenbehandlung 39%
Bauphysik 11%	K-Wert, Speicher 6%
	Luftdichtigkeit 52%
	Dampfbremse, -sperre 42%
Schallschutz 3%	Trittschall 50%
	Luftschall 50%
Leistung, Lieferung 19%	Ausschreibung, Devis 58%
	Ausmass 17%
	Preis 25%
Restliche 1%	Arbeitssicherheit etc. 1%

Die Wahl des Materials, sowie die Schutzmassnahmen machen zusammen also mehr als 1/3 der Fehler und Mängel im schweizerischen Bau aus. Insbesondere deshalb ist darauf ein besonderes Augenmerk zu richten. Der Holzschutz beginnt also bereits auf dem Reissbrett des Architekten.

Holz bedingt aber neben einem Schutzeffekt auch einen regelmässigen Unterhalt. Durch periodische Unterhaltsarbeiten z.B. kann eine unbehandelte

Fassadenverkleidung während vieler Jahre ihre Funktionalität gewährleisten, während dem es bei ungenügendem Unterhalt nicht nur zu einem starken Verlust der Funktionalität kommen kann, sondern auch die schlussendlichen Unterhaltskosten grösser sind (vgl. Abbildung 7).

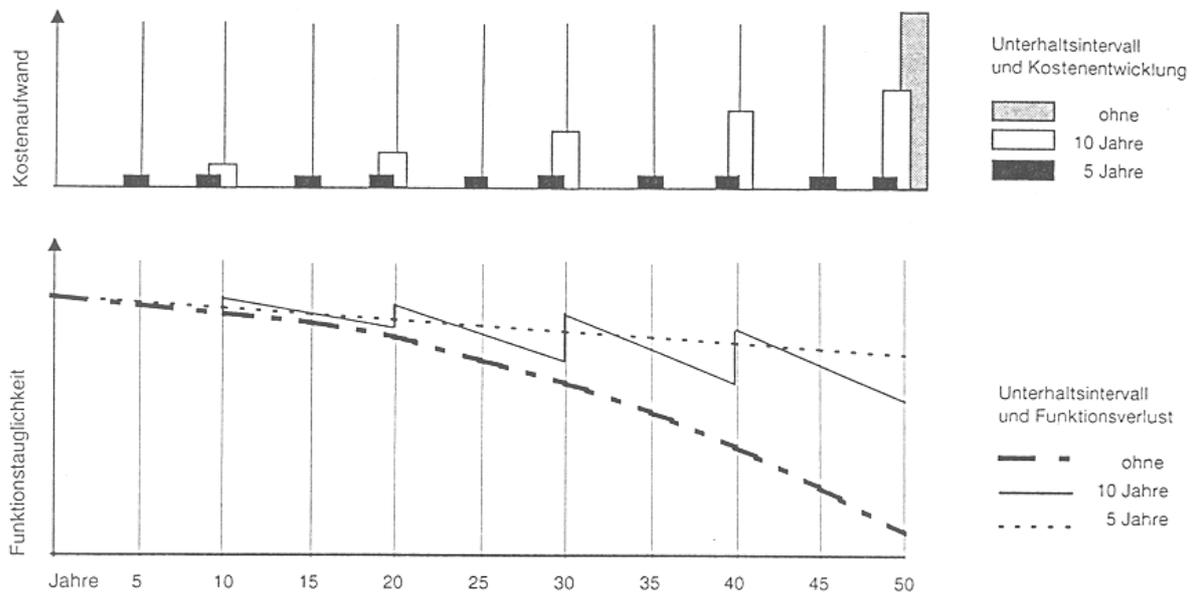


Abbildung 7 Entwicklung der Kosten und der Funktionalität einer unbehandelten Fassade

5.2. Gefährdungsklassen

Gefährdungsklassen bei Holzbauteilen

Die europäische Norm EN 335 unterscheidet ausserhalb des marinen Bereiches – der für die Schweiz keine Bedeutung hat – 4 Gefährdungsklassen. Massgebend für die Einteilung sind die Holzfeuchtigkeit und die Dauer ihrer Einwirkung (vgl. Tabelle 1).

Abbildung 1
Beispiele für Anwendungsbereiche und ihre Gefährdungsklassen.



Tabelle 1

Gefährdungsklassen für verbautes Holz

Gefährdungsklasse	Allgemeine Gebrauchsbedingungen	Holzfeuchte	Anwendungsbereich	Art der Gefährdung ¹
0	Wohn-/Werkräume, dauernd trocken	um 10%	Bauteile in zentral beheizten, bewohnten Räumen (Täfer, Böden, Möbel...)	keine
1	Ohne Erdkontakt, abgedeckt (trocken)	10–18%	leicht kontrollierbare Konstruktionshölzer in Dach und Keller	Insekten
1.1			schwer kontrollierbare Konstruktionshölzer	Insekten
2	Ohne Erdkontakt, abgedeckt (Risiko einer Befeuchtung)	gelegentlich > 20%		
2.1	Nassräume		Holzteile in Badezimmern, Küchen, Hallenbädern mit geringer Belüftung, rel. Luftfeuchte teils über 70%	Befall durch Schimmelpilze und holzerstörende Pilze nicht auszuschliessen
2.2	Im Freien unter Dach, kleine Querschnitte (Dicke < 25 mm)		geschützte Fassadentäfer, Dachuntersichten	Bläuepilze; keine Fäulnis
2.3	Im Freien unter Dach, mittlere bis grosse Querschnitte		Balkenteile unter Vordach, Konstruktionsholz in offenen Hallen, geschützte Fenster, evtl. Wand- und Dachkonstruktionen ²	Bläuepilze und Schimmelpilze, aber keine Fäulnis; Insekten
2.4	Nicht belüftete Keller		Tragkonstruktionen, Decken, Böden	Fäulnis, Insekten
3	Ohne Erdkontakt, nicht abgedeckt	häufig > 20%	Wetterbeanspruchung oder hohe Holzfeuchte in Innenräumen	
3.1	Kleine Querschnitte (Dicke < 25 mm)		ungeschützte Fassadentäfer, dünne Balkenteile und Zaunlatten	geringe Fäulnisgefahr, sofern Wasser ablaufen kann; Bläuepilze, Verwitterung
3.2	Mittlere bis grosse Querschnitte		Fenster, Fensterläden und Balkone ohne baulichen Schutz, Pergolen, Träger von Brücken, Lärm- und Sichtschutzwände	Fäulnis, Insekten, Verwitterung, Bläue
4	In Kontakt mit Erde oder Süsswasser	ständig > 20%	Masten, Schwellen, Pfähle, Holz in nicht belüfteten Fundationen, in Halbkellern, Holz im Wasser; Uferverbauungen, Kühltürme (Gefahr im Grenzbereich Luft/Wasser)	Fäulnis durch holzerstörende Pilze (inkl. Moderfäule); Insekten

¹ Je nach Holzart, Bauteil, Klima und Verbaueungsart kann die Gefährdung durch Insekten gering sein.

² Bei unzureichend belüfteten Wand- und Dachkonstruktionen von Altbauten können als Folge einer Sanierung Durchfeuchtungsprobleme auftauchen

Abbildung 8 Die diversen Gefährdungsklassen beim Holzbau

Tabelle 5 Holzfeuchteanforderungen für die Entwicklung holzbewohnender Organismen (aus Biogene Schäden, E.Graf, EMPA St.Gallen)

Organismen	Holzfeuchte in %	
	minimal	Optimal
Splintholzkäfer	8	16 - 20
Hausbock	12	18 - 25
Nagekäfer	13	20 - 30
Schimmelpilze	18	25 - 70
Holzerstörende Pilze:		
Braunfäulepilze	20	30 - 60
Hausschwamm	20	30 - 40
Weiss- und Moderfäulepilze	30	40 - 70

5.3. Holzschutz

So viel baulicher Holzschutz wie möglich, so wenig chemischer Holzschutz wie nötig!

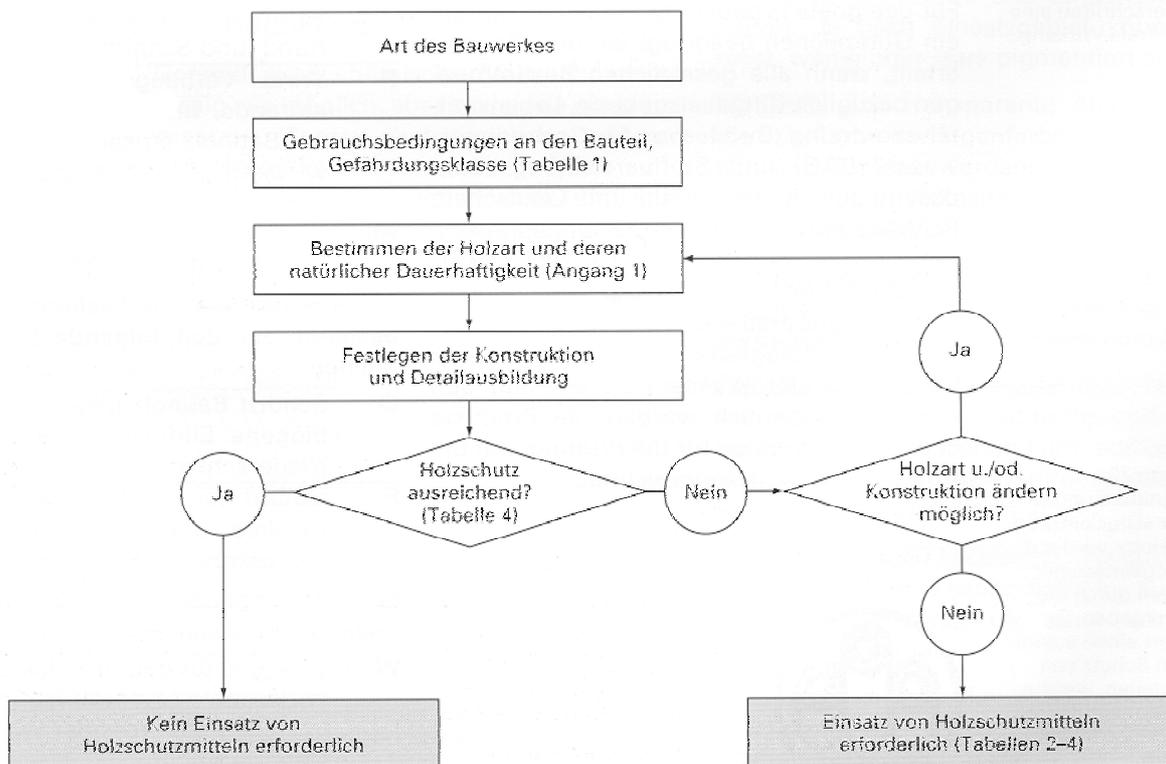


Abbildung 9 Entscheidungsbaum zum Einsatz von Holzschutzmitteln

5.3.1. Chemisch

Der chemische Holzschutz ist nur eine, und zwar die als letztes anzuwendende, Möglichkeit, die Gebrauchsdauer des Holzes zu erhalten.

Während beim bekämpfenden Holzschutz Massnahmen ergriffen werden, um einen bereits erfolgten Insekten- oder Pilzbefall zu beseitigen, ist es das Ziel des vorbeugenden Holzschutzes, einen solchen Befall von vornherein auszuschliessen, bzw. zu minimieren.

5.3.1.1. Mittel/Verbindungen

Holzschutzmittel bedürfen in der Schweiz einer Bewilligung des BUWAL. Die zugelassenen Mittel werden in einer Liste nachgeführt.

Holzschutzmittel bestehen in der Regel aus verschiedenen Stoffen, die eine spezifische Wirkung haben. Es sind dies:

- Wirkstoff
Verursacht die biozide Wirkung des Holzschutzmittels (Bsp. DDT (grösstenteils verboten), Lindan, Arsen).
- Bindemittel
Zur Fixierung des Wirkstoffes (Verhinderung des Auswaschens).
- Emulgator
Damit sich der Wirkstoff sich in der Flüssigkeit löst.
- Pigment
Ästhetische Wirkung, Kenntlichmachung des Holzschutzmittels.
- Lösemittel
Damit feste Verbindungen und/oder organische Wirkstoffe aufgetragen werden können.
- weitere Hilfsmittel
Zur Verbesserung der gewünschten Eigenschaften (z.B. Wachse zur Wasserabweisung).

Das Holzschutzmittel sollte folgende Bedingungen erfüllen:

- Spezifische Wirkung
- Wirkung in möglichst geringen Dosen
- Langandauernde Wirkung
- Kein Fisch- und Bienengift
- Gute biologische Abbaubarkeit
- Gute Abbaubarkeit im Wasser

5.3.1.2. Wirkstoffe

Es wird unterschieden zwischen den folgenden 3 Arten:

Tabelle 6 Zusammenstellung der unterschiedlichen Wirkstoffe in Holzschutzmitteln

Wasserlösliche Wirkstoffe	Steinkohleteeröl	Lösemittellösliche Wirkstoffe
Auf Basis von anorganischen Salzen	Besteht aus ausgewählten Fraktionen des Steinkohleteeröls (Dieses entsteht bei der Trockendestillation von Steinkohle zu Koks).	Organische Verbindungen, die bereits in geringen Mengen eine spezifische Wirkung haben.
Offt in Form von Mischungen eingesetzt.		In Form von Lasuren, Grundierungen und Imprägnierungen.
Bezeichnungen: C Chromverbindungen F Fluorverbindungen A Arsenverbindungen B Borverbindungen K Kupferverbindungen	Viele der polyzyklischen aromatischen Verbindungen haben einen biozide Wirkung	
Das Chrom dient der Fixierung der Verbindungen auf dem Holz; die Auswaschung wird damit weitestgehend verhindert. Problem: Chrom gilt als ökotoxisch.		

B-Salze: Wirken insektizid und fungizid. Fixieren nicht direkt mit der Holzfaser, sind also sehr anfällig gegen Auswaschung. Für den Menschen praktisch ungiftig.

F-Salze: Wirken insektizid und fungizid. Nicht zur grossflächigen Anwendung in Räumen, die dauernd für den Aufenthalt für Mensch oder Tier bestimmt sind. Die Ausgasung des Fluorwasserstoffes bei HF-Salzen ist sehr hoch (nach 1 Jahr ca. 75% Verlust).

C-Salze: Wirken insektizid und fungizid. Sind z.T. sehr giftig. CKA-, CKF- und CKB-Salze sind witterungsbeständig (auch bei ständigem Erd- oder Wasserkontakt), dürfen aber nicht für Holzbauteile verwendet werden, die häufig in direktem Hautkontakt mit Mensch und Tier kommen.

Steinkohleteeröle: Vor allem das Carbolineum (besteht aus mehreren Teerölen) ist eindeutig krebserzeugend und reizt die Haut und Atemwege (Carbolineum-Dämpfe). Aufgrund dessen ist der Einsatz stark eingeschränkt.

Lösemittelhaltige Holzschutzmittel: Je nach Bindemittelgehalt (üblicherweise Kunstharz) in Imprägnierungen, Imprägnierlasuren, Holzschutzlasuren und Holzschutzfarben unterteilt. Die biozide Wirkung wird durch organische Fungizide und Insektizide erreicht. Eine Anwendung in Innenräumen ist nicht nur überflüssig, sondern kann zu schweren Gesundheitsschäden führen.

5.3.1.3. Verfahren

Das Eindringen der Holzschutzmittel hängt sehr stark von der Holzart ab (vgl. Tabelle 7). Je mehr offene Zellen vorliegen und je besser die Verbindung der einzelnen Zellen untereinander ist, desto besser dringt die Flüssigkeit in das Holz ein. Holzanatomisch bedingt, sind in Längsrichtung die Laubhölzer den Nadelhölzern überlegen, während quer dazu die Nadelhölzer besser sind. Das Kernholz ist nur bei wenigen Hölzern tränkbar; normalerweise sind die Zellen durch Stoffwechselprodukte verstopft.

Tabelle 7 Vergleich der Imprägnierbarkeit einiger europäischer Holzarten; aus Leisse (1992)

Tränkbarkeit	Holzart
Sehr gut	Buche
Gut	Birke, Eiche (Splint), Erle, Pappel
Mittel	Ahorn, Esche, Linde
Schlecht	Weide, Eiche (Kern)
Sehr gut	Föhre (Splint)
Gut	Lärche (Splint)
Mittel	Tanne, Föhre (Kern), Douglasie (Splint)
Schlecht	Lärche (Kern), Fichte
Sehr schlecht	Douglasie (Kern)

Tabelle 8 Übersicht über die Einbringverfahren der chemischen Holzschutzmittel; aus Müller (1993)

Nichtdruckverfahren			Druckverfahren	
Langzeitverfahren	Kurzzeitverfahren	Sonderverfahren	Niederdruckverfahren	Hochdruckverfahren
Trogtränkverfahren	Streichen	Bohrlochtränkung	Saftverdrängungsverfahren	Kesseldruckverfahren
Diffusions-/Osmoseverfahren	Spritzen	Tränksondenverfahren		
	Beschäumen	Bandagen		
	Tauchen	Patronenverfahren		
	Spritztunnelverfahren	Begasungsverfahren		

	Fluten			
	Giessen			

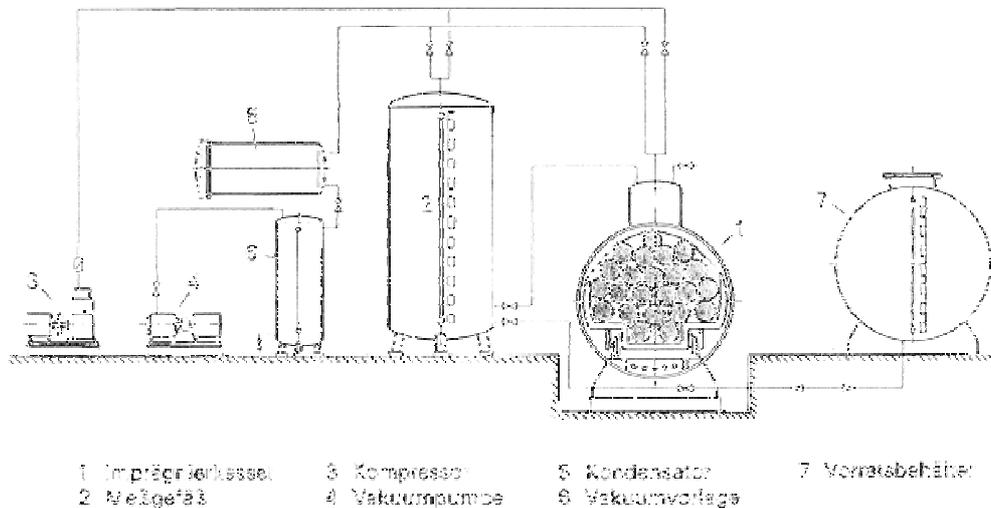


Abbildung 10 Anlage zur Kesseldruckimprägnierung

Tauchen

Die zu imprägnierenden Hölzer werden in das Tränkmittel eingetaucht und verbleiben dort schwimmend für einige Sekunden bis Minuten.

Trogtränkverfahren

Die zu imprägnierenden Hölzer werden mehrere Stunden bis Tage lang in (teils beheizten) offenen Trögen in dem Tränkmittel untergetaucht.

Osmose-/Diffusionsverfahren

Das pastenförmig aufgetragene Schutzmittel dringt aufgrund von Diffusionsvorgängen in das nasse weissgeschälte Holz ein. Das Verfahren ist witterungsabhängig und von März bis Oktober durchführbar.

Streichen/Spritzen

Das Holzschutzmittel wird manuell oder maschinell auf das Holz aufgetragen (per Pinsel, Bürste oder ähnlichem). Je nach dem sind mehrere Arbeitsgänge nötig.

Beschäumen

Wassergelöste Schutzmittel werden in Schaum überführt, womit die Holzoberfläche benetzt wird. Während des langsamen Schaumzerfalls (Depotwirkung) nimmt das Holz in kurzer Zeit relativ grosse Mengen des Schutzmittels auf.

Fluten/Giessen

Das Imprägniermittel wird mit Druck in Form einer "Fahne" auf die zu imprägnierenden Hölzer aufgebracht. Der hohe Schutzmittelüberschuss wird aufgefangen und zurück gewonnen.

Bohrloch-/Sondenverfahren

Dabei werden die in bestimmten Abständen im vorgeschriebenen Neigungswinkel angeordneten Bohrlöcher mehrmals nacheinander mit Tränkmittel gefüllt, bis die vorgeschriebene Einbringmenge sich im Holz verteilt hat.

Patronenverfahren

Dabei werden in Bohrlöcher in Patronenform gepresste salzförmige Holzschutzmittel eingebracht, die im nassen Holz aufgelöst werden und in das Holz diffundieren.

Begasungsverfahren

Dabei werden holzschädigende Organismen durch Einwirkung toxisch wirkender Gase (Blausäure, Phosphorwasserstoff) auf das befallene Material abgetötet: Kurzzeitverfahren ohne vorbeugende Wirkung.

Saftverdrängungsverfahren

In saffrische Stämme wird aus hochstehenden Vorratsbehältern durch Schläuche unter Verdrängung der Baumsäfte Schutzmittellösung eingepresst oder eingesaugt.

Hochdruckverfahren

Entrindetes Holz wird in einem verschliessbaren druckdichten Kessel getränkt, in welchem Tränkmittel mit Hilfe von Druckunterschieden in die Zellhohlräume des Holzes eingebracht wird (vgl. Abbildung 10)

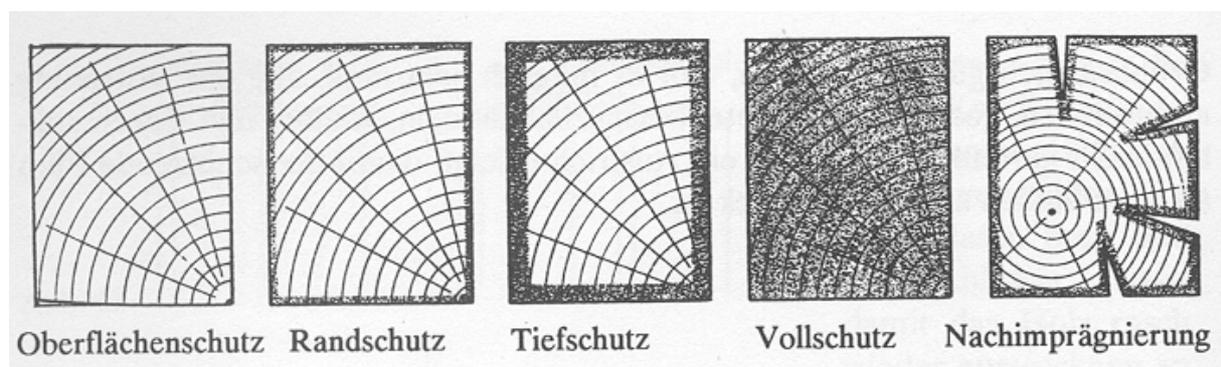


Abbildung 11 Einwirktiefen der Holzschutzmittel

5.3.1.4. Gütezeichen



Abbildung 12 Gütezeichen der LIGNUM für "Holzschutzmittel und wirkstofffreie Produkte zur Oberflächenbehandlung" (links) und "Druckimprägniertes Holz" (rechts)

5.3.1.5. Gefahrenpotential

Über alte Eisenbahnschwellen (die mit Teeröl imprägniert wurden) und nun z.B. auf Spielplätzen oder als Sitzgelegenheiten einen neuen Verwendungszweck fanden, wurde in letzter Zeit stark diskutiert. Die Gefahr geht hier vor allem von den polyzyklischen aromatischen Wasserstoffen (PAK) aus, welche krebserregend sind.

Aber unabhängig davon, ob es sich um ein chemisches, biologisches oder natürliches Holzschutzmittel handelt ist eine mögliche Giftigkeit immer gegeben. Die chemische Behandlung stellt unter anderem auch gewisse Anforderungen an die Entsorgung dieser Hölzer (Altholzverbrennung nur mit speziellen Luftfiltern). So wird das Holz in folgende vier Kategorien eingeteilt:

Tabelle 9 Entsorgungskategorien für Holz und deren Herkunft

Kategorie	Herkunft	Entsorgung
Naturbelassenes Holz	Wald (auch in Form von Hackschnitzel oder Sägemehl)	Öfen, Holzheizkessel
Restholz	Holzverarbeitende Betriebe (Schwarten, Spanplatten, Schaltafeln, Kanthölzer,...)	Restholzfeuerungen sind meldepflichtig; es gelten niedrigere Emmissionsgrenzwerte als für naturbelassenes Holz
Altholz	Gebäudeabbrüche, Verpackungen, Möbel	Nur in Altholzfeuerungen, Zementöfen und Müllverbrennungsanlagen mit spez. Filtern
Problem. Holzabfälle	z.B. Platten mit PVC-Beschichtungen, Eisenbahnschwellen, Telefonstangen, sämtliches mit Holzschutzmitteln behandelte Holz, ...	Zementöfen und Müllverbrennungsanlagen mit spez. Filtern; die hohen Temperaturen führen zu einer praktisch vollständigen Verbrennung der org. Schadstoffe

5.3.2. Biologisch

Ein möglicher biologischer Holzschutz wäre das Beimpfen des Holzes mit nicht holzerstörenden Pilzen welche die Entwicklung von Holzschädlingen verhindern. Anwendbar sind solche Verfahren aber bisher noch nicht.

Wird der Begriff aber etwas weiter gefasst, so kann auch der Einsatz von Naturstoffen aus Holz oder anderen Organismen verstanden werden, welche gegen Holzschädlinge wirksam sind. Wird beispielsweise Rinde kompostiert, und die entstehende Brühe abgekocht, ergibt sich daraus ein sehr guter natürlicher Holzschutz.

Der Übergang zum chemischen Holzschutz ist hier aber fließend.

5.3.3. Konstruktiv Wahl der Holzart

Geeignete Holzart, bzw. Holzwerkstoff wählen. Für welchen Zweck wird das Holz verwendet? → Beachtung des Feuchtegehaltes beim Einbau (Quellen/Schwinden → Masshaltigkeit).

Überhaupt Holz einsetzen?

Wird die falsche Holzart benutzt, bzw. Holz schlecht verbaut oder an nicht geeigneten Orten eingesetzt, ist ein chemischer Holzschutz unbedingt nötig. Durch unsachgemässen Einsatz wird für das Holz nur Negativ-Werbung gemacht!

Bauliche Details

Hauptziel des konstruktiven Holzschutzes ist es, einer Feuchtebildung vorzubeugen, um somit eine Anfälligkeit gegenüber Fäulnis, Bläue und Insektenbefall zu verhindern. Holz ist eigentlich erst gefährdet, wenn die Holzfeuchte ständig 18 - 20% übersteigt.

Als Stichworte seien hier genannt (vgl. auch Abbildung 13): "Offene" Konstruktionen; Hinterlüftungen; Vordächer; Hirnseite abdecken; Spritzwasserschutz am Boden (20cm vom Boden weg); kein direkter Bodenkontakt; Tropfnasen; Pfeiler/Stützen vom Boden abheben; Horizontale Flächen abschrägen; Fassaden-Stülpungen,...

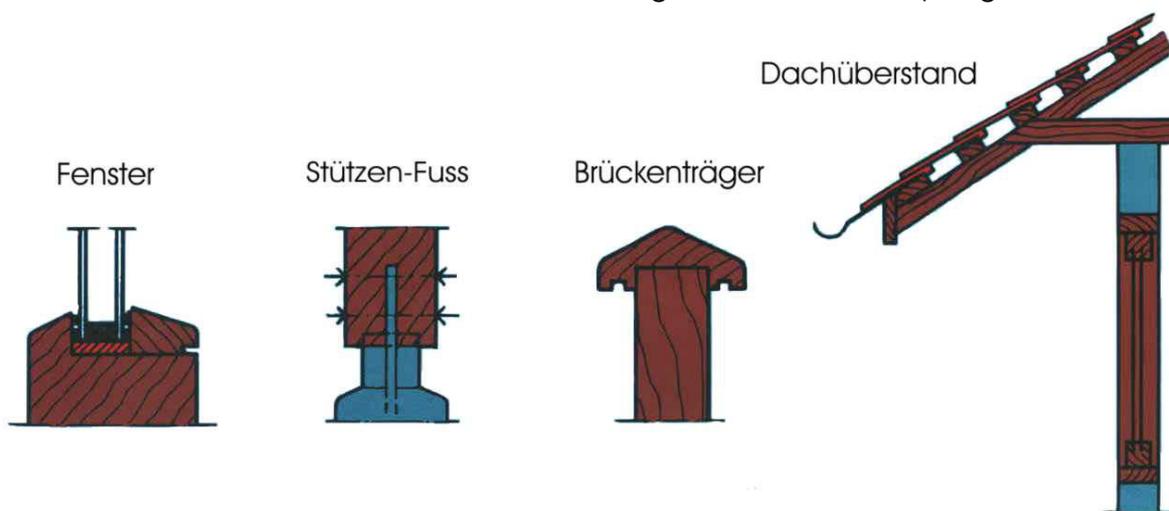


Abbildung 13 Beispiele für den konstruktiven Holzschutz

5.3.4. Integrierter Holzschutz

Im Zusammenspiel der verschiedenen Schutzmöglichkeiten soll ein ideales Verhältnis zwischen Aufwand und Ertrag erreicht werden. Das Ziel sollte sein, dass das

Holz trotz allem noch ein ökologischer Werkstoff bleibt, und nicht unnötigerweise mit Chemie belastet wird.

5.3.5. Brandschutz

Holz als Baustoff ist in der Baustoffklasse B (=brennbar) eingeteilt. Unterschieden wird zwischen B1 (schwer entflammbar; z.B. Holzwolle-Leichtbauplatten) und B2 (normal entflammbar).

Tabelle 10 Thermische Kennwerte bei Feuereinwirkung auf Holz; aus Niemz (1993)

Temp. in °C	Kennwertbezeichnung	Erläuterung
> 105	Therm. Zersetzung	Gasförmige Zersetzungsprodukte: Aceton, Methanol, Kohlenmonoxid und Kohlendioxid
200 - 275	Flammpunkt	Holzgase entflammen kurzzeitig durch Fremdzündung; dünnes Holz kann sich bei Wärmestau und längerer Wärmeeinwirkung von Temp. < 200°C selbst entzünden
260 - 290	Brennpunkt	Holz brennt ohne Wärmeenergiezufuhr. Ausbildung einer Holzkohleschicht an der Holzoberfläche, deren Wärmeleitfähigkeit nur noch etwa 20% derjenigen von Holz beträgt; Abbrandgeschwindigkeit sinkt infolge erschwelter Wärmezufuhr in das Holzinnere
330 - 520	Zündpunkt	Holzgase entzünden sich selbst ohne Fremdzündung

5.3.5.1. Feuerwiderstandsklassen

Für die verschiedenen Klassen gilt:

Gewährleistung von Funktionserhalt, Raumabschluss und Temperaturweiterleitung in erlaubten Grenzen über den Zeitraum von xx Minuten.

F30 - feuerhemmend

F60 - feuerbeständig

F180 - hoch feuerbeständig

5.3.5.2. Feuerhemmende Schutzmittel

Anorganische Salze

Diese werden mit dem Kesseldruckverfahren ins Holz eingebracht, wodurch ein Tief- bis Vollschutz des Bauteiles erreicht wird. Die eingebrachte Salzschemelze verdampft bei der Feuereinwirkung zu Löschgasen (Kohlendioxid, Ammoniak, Schwefeldioxid).

Schaumschichtbildner

Durch mehrmaliges Anstreichen des Holzes wird ein Deckschutz erzielt. Bei einer direkten Feuereinwirkung oder Strahlungswärme bildet sich eine mikroporöse Schaumschicht aus, welche die Sauerstoffzufuhr unterbindet.

Tabelle 11 Zusammenfassende Darstellung von diversen Schutzmassnahmen

Art der Maßnahme		Aufgabe	Beispiele	Bedeutung/Anmerkungen
Organisatorischer Holzschutz		Vermeiden von unzu- träglichen Bedingungen vor der endgültigen Nut- zung durch Planung und Koordination	Abstimmung von Fäl- lungszeit/Abtransport/ Einschnitt; trockene Lagerung von Holzbauteilen an der Baustelle	Besondere Bedeutung zum Vermeiden von Qualitätsverlusten des Rohstoffes Holz sowie zum Sicherstellen des Ver- bausens von trockenem Holz (zu feuchtes Holz kann von Fäulnispilzen zerstört werden)
Natürlicher Holzschutz		Auswahl der Holzarten auf Grund ihrer natürli- chen Dauerhaftigkeit	Einsatz natürlich dauer- hafter Holzarten je nach Gefährdung	Begrenzte Verfügbarkeit, insbesondere von Holzarten mit hoher Dauerhaftig- keit im Erdkontakt
Baulicher Holzschutz	Konzeptioneller Holzschutz	Berücksichtigung der Eigenschaften des Bau und Werkstoffes Holz	Durchlässigkeit (Wieder- befeuchtung), Stehvermö- gen (Rißbildung), Di- mensionen, Jahrringlage, vortrocknete Hölzer	Gezielte Abstimmung der Wahl und Ausformung des Holzes auf die An- wendungsbedingungen, ist häufig mit größerem Aufwand und höheren Kosten verbunden
	Konstruktiver Holzschutz	Vermeiden von Bedin- gungen, die einen Schäd- lingsbefall ermöglichen	Gegen Pilzbefall z.B. wasserableitende Kon- struktionen, Verhindern von Tauwasserbildung Fernhalten von Insekten durch vollflächige Ab- deckung	Von großer Bedeutung zur Verhinde- rung von Fäulnissschäden, die stets ein- treten können, wenn Holz lange Zeit zu feucht ist; gegen Insekten nur begrenzt möglich
Physikalischer Holzschutz		Vermindern der Feuchte- aufnahme von Holz	Wasserabweisende Be- schichtung oder Imprä- gnierung	Indirekte Maßnahme, die durch Ver- witterung oder Rissbildung hinfällig werden kann
Chemischer Holzschutz		Anwendung von Biozi- den gegen potentielle Holzschädlinge	Holzimprägnierung	Bei sorgfältiger Wahl der Holzschutz- mittel und Ausführung sehr effizient, in Teilbereichen der Holzverwendung (z.B. Erdkontakt) für zahlreiche Holz arten unerlässlich, doch Belastung der Umwelt möglich
Biologischer Holzschutz		Nutzung von Lebensvor- gängen zur Abwehr von Holzschädlingen	Einsatz von Antagonis- ten (natürlichen Feinden)	Erfolgversprechend aber noch nicht pra- xisreif; die Anwendung von Naturstoffen als Holzschutzmittel ist kein biol. HS und kann durchaus mit unerwünschten Ne- benwirkungen verbunden sein
Modifikation des Holzes	Chemisch	Veränderung der Holz- substanz um deren Anfälligkeit für Holzschäd- linge zu vermindern	Acetylierung (Behan- dung mit Essigsäurean- hydrit)	Noch zahlreiche ungelöste technische Probleme
	Thermisch		Hitzebehandlung	Beeinflussung der Holzfestigkeit
Einlagerung von Harzen		Einbringen von biozid- freien Stoffen in das Holzgefüge, um Holz weniger anfällig machen	Drucktränkung mit was- serlöslichen Harzen	Aufgrund der hohen Kosten nur für we- nige Anwendungen wirtschaftlich
Verkieselung		Erhöhung der Wider- standsfähigkeit gegen Organismen ohne Bio- zide	Behandlung mit Kiese- säure und andere Silizi- umverbindungen	Wissenschaftlicher Nachweis einer Wirkung bisher nicht möglich verbessertes Brandverhalten

5.4. Literatur zu Kapitel 5

- Bosshard, H.H. (1984):** Holzkunde 3, Aspekte der Holzbearbeitung und Holzverwertung. Birkhäuser Verlag: 286 S.
- Graf, E. (XXXX):** Biogene Schäden. Artikel aus Beitragssammlung zum Thema Holzschutz am Bau. Vorlesung "Masch. Holzsortierung und Holzbaunormen", Richter/Steiger, ETH Zürich, 2001.
- Holz-Lexikon (1988):** 3. Nachdruck 1993. DRW-Verlag.
- Industrieverband Bauchemie und Holzschutzmittel (1997):** Foliensammlung "Holzschutz" . Frankfurt am Main: 42 Folien.
- Müller, K. (1993):** Holzschutzpraxis, ein Handbuch in Tabellen. Bauverlag, Wiesbaden: 392 S.
- Langendorf, G. (1988):** Holzschutz. VEB Fachbuchverlag, Leipzig: 272 S.
- Leisse, B. (1992):** Holzschutzmittel im Einsatz: Bestandteile, Anwendungen, Umweltbelastungen. Bauverlag, Wiesbaden: 224 S.
- Lohmann, U. (1999):** Holz Handbuch. DRW-Verlag, Leinfelden-Echterdingen: 351 S.
- Niemz, P. (1993):** Physik des Holzes und der Holzwerkstoffe. DRW-Verlag, Leinfelden-Echterdingen: 244 S.
- Vill, E. (1997):** Natürlicher Holzschutz, Wirksamer Schutz auch ohne Gift. Eigenverlag: 117 S.
- Weissenfeld, P. (1988):** Holzschutz ohne Gift. Ökobuch Verlag, Staufen b.Fr.: 192 S.

- www.lignum.ch/deutsch/files/FP_PaLc14.pdf → Broschüre zu holzerstörenden Pilzen und Insekten
- www.pentol.ch → Hersteller von Holzschutzmitteln
- www.schadstoffberatung.de/holzschz.htm → Chemischer Holzschutz

Inhaltsverzeichnis Kapitel 6

6. Prüftechnik und Qualitätskontrolle in der Holzindustrie	2
6.1. Einleitung	2
6.2. Qualitätssicherung nach ISO 9000-9004	2
6.3. Aufbau eines Prüflabors/statistische Grundlagen	3
6.4. Spezielle Materialprüfungen	4
6.4.1. Rasterelektronenmikroskopie	4
6.4.2. Spannungs-/Dehnungsnachweis	4
6.4.2.1. Eigenspannungen	4
6.4.2.2. Ermittlung von Dehnungen	8
6.4.3. Methoden der sensorischen Bewertung	8
6.4.4. Farbmessung	9
6.4.5. Prüfung beschichteter Oberflächen	10
6.4.6. Rauigkeit / Welligkeit	15
6.4.7. Plattenverzug/ Formbeständigkeit	17
6.4.8. Prüfung der Formaldehydabgabe von Werkstoffen und Erzeugnissen	18
6.4.9. Prüfung von Möbeln	20
6.5. Literatur zu Kapitel 6	26

6. Prüftechnik und Qualitätskontrolle in der Holzindustrie

6.1. Einleitung

Die Prüftechnik gewinnt heute zunehmend an Bedeutung. So ist ein Qualitätszertifikat hierfür in Europa bereits ein wichtiges Verkaufsargument. Dies ist z.B. in Deutschland beim Verkauf von Möbeln deutlich nachweisbar. In vielen Bereichen der Industrie (z.B. beim Export), ist eine kontinuierliche Qualitätsüberwachung unumgänglich. Als Beispiele sollen nur die Spanplatten und die Sperrholzherstellung genannt werden. In diesen Betrieben kann bereits heute auf ein Prüflabor nicht verzichtet werden.

Nachfolgend werden in gestraffter Form wichtige Prüfverfahren für die Holzindustrie vorgestellt. Nicht behandelt werden solche Methoden, die der klassischen Holzphysik zuzuordnen sind wie Biegefestigkeit, E-Modul, Rohdichte, Quellung, etc.

Als wesentliche Ergänzung dienen die im Kapitel 6.5. aufgeführten Normen (DIN), in denen die Prüfung detailliert behandelt ist.

6.2. Qualitätssicherung nach ISO 9000-9004

Richtlinien für die Qualitätskontrolle von Erzeugnissen sind in ISO 9000-9004 festgeschrieben.

Dieses Standards regeln in ihrer Gesamtheit das System der Qualitätssicherung und gelten heute für die gesamte Europäische Gemeinschaft.

Die einzelnen Normen beinhalten folgende Schwerpunkte:

ISO 9000 : Qualitätsmanagement und Qualitätssicherungsnormen; Leitfaden zur Auswahl und Anwendung

ISO 9001: Qualitätssicherungssysteme in der Entwicklung und Konstruktion, Produktion, Montage und Kundendienst-Grundsätze der Nachweisführung

ISO 9002 : Qualitätssicherungssysteme - Qualitätssicherung in Produktion und Montage - Grundsätze der Nachweisführung

ISO 9003: Qualitätssicherungssysteme - Qualitätssicherung in der Endprüfung - Grundsätze der Nachweisführung

ISO 9004: Qualitätsleitung und Elemente eines Qualitätssicherungssystems - Leitfaden

Die Grundsätze der Qualitätssicherung eines Unternehmens sind in einem Handbuch niederzulegen.

Die Qualitätsüberwachung erfolgt durch den eigenen Betrieb und zusätzlich durch eine autorisierte Fremdeinrichtung (Fremdüberwachung durch ein akkreditiertes Prüflabor, z.B. bei Spanplatten, Möbeln). Der Betrieb muss dabei über die erforderlichen Messmittel, die Qualifizierung der Mitarbeiter und auch betriebliche Richtlinien (Handbuch) verfügen.

6.3. Aufbau eines Prüflabors/statistische Grundlagen

Für die betriebliche Qualitätssicherung ist ein Prüflabor erforderlich, das je nach Prüfaufgabe über folgende Mindestausstattung verfügen muss:

- klimatisierter Raum für Einstellung des Prüfklimas (z.B. 20°C +-1°C / 65% +-3% relative Luftfeuchtigkeit)
- Messgeräte für die vorgesehenen Prüfungen mit der gemäss Standard vorgeschriebenen Messgenauigkeit
- Vorrichtungen und Geräte für die Probennahme und Vorbereitung (Säge, Bohrmaschine, etc.)
- Rechentechnik zur Versuchsauswertung
- qualifiziertes Personal
- erforderliche Normen, bzw. betriebliche Prüfanleitungen

Dabei müssen in einem bestimmten Rhythmus Proben entnommen werden. Zusätzlich ist ggf. eine Fremdüberwachung durch eine unabhängige Prüfstelle vorzusehen. Der erforderliche Stichprobenumfang ist unter Berücksichtigung der Streuung der Messwerte für wissenschaftliche Untersuchungen wie folgt zu berechnen.

$$n = \frac{v^2 * t^2}{p_{\mu}^2}$$

Es sind:

- n erforderlicher Probenumfang
- v Variationskoeffizient des zu prüfenden Materials in %
- t Tabellenwert der t-Verteilung

Dabei gilt:

p_{μ}^2 Vertrauensbereich des Mittelwertes in % (in Abhängigkeit von der statistischen Sicherheit)

Im allgemeinen wird t näherungsweise 2 und $p_{\mu} = 5\%$ gesetzt. Zur Berechnung der für Qualitätskontrolle üblichen Kennzahlen wie Verteilungsfunktionen, Testverfahren, Prüfpläne u.a. sei auf die entsprechenden Fachlehrveranstaltungen verwiesen.

6.4. Spezielle Materialprüfungen

6.4.1. Rasterelektronenmikroskopie

Für Strukturanalysen an Holz und Holzwerkstoffen, zur Beurteilung von Bruchflächen sowie zur Prüfung von Oberflächen oder auch Beschichtungen wird vielfach die Rasterelektronenmikroskopie (REM) angewandt.

Mit modernen Elektronenmikroskopen ist es dabei auch möglich, Belastungen von Werkstoffen und dabei ablaufende Strukturveränderungen direkt zu beobachten (insitu- Betrachtung).

Einige wichtige Grundlagen der Arbeit werden nachfolgend erläutert:

- da Holz elektrisch nicht leitend ist, müssen die Proben vorher bedampft werden. Dazu eignen sich Gold, Paladium oder auch Kohlenstoff. Für insitu-Belastungsmessungen kann Leitfähigkeitsspray verwendet werden, welches in das poröse Holz etwas eindringt und dadurch auch die Messung von entstehenden Rissen ermöglicht (bei bedampften Proben kommt es durch die Rissbildung in der bedampften Schicht sofort zu elektrostatischen Aufladungen an diesen Stellen, das Bild wird unscharf).
- Infolge der Hygroskopizität des Holzes sind die Proben vorher schonend zu trocknen, da sonst kein oder nur sehr langsam das erforderliche Vakuum erreicht wird. Dabei ist darauf zu achten, dass durch die Vorbehandlung nicht Risse oder ungewollte Deformationen entstehen.
- Beim Bedampfen sollten die Proben eine Pendelbewegung ausführen (sonst kommt es infolge unzureichender Bedampfung leicht zu ungewollten elektrostatischen Aufladungen).

6.4.2. Spannungs-/Dehnungsnachweis

6.4.2.1. Eigenspannungen

Eigenspannungen treten bei Holz und Holzwerkstoffen vielfach auf. Es seien beispielgebend nur Trocknungsspannungen, Wuchsspannungen, Spannungen durch asymmetrische Feuchteverteilung bei Holzwerkstoffen (und damit auftretender Plattenverzug), Spannungen / Verformungen bei asymmetrischer Beschichtung von Holzwerkstoffen aber auch Eigenspannungen in ausgewählten Holzarten wie Rotbuche genannt, die z.B. nach dem Fällen zum Aufspalten des Stammes führen. Das Ergebnis dieser Spannungen können Verformungen (Plattenverzug bei Spanplatten und MDF) oder auch Rissen (Trocknungsrisse bei der Holzrocknung) sein.

Folgende Verfahren eignen sich zum Nachweis innerer Spannungen:

- Freischneiden und Messen der Deformation der Schichten
- Bohren und Messung der Verformung des Bohrloches
- Deformationsmessung

Eine Übersicht dazu ist in Niemz (1997) vorhanden.



Abbildung 15 Rissbildung in Rotbuche durch Eigenspannungen (Foto: Uni Freiburg)

Freischneiden

Sind in einem Material Eigenspannungen vorhanden, so kommt es bei dessen schichtweisem Auftrennen zu Längenänderungen der Schichten (Verkürzung bei Zug-, Verlängerung bei Druckspannungen). Abbildung 16 zeigt dies schematisch am Beispiel von Wuchsspannungen. An der Spannungsentstehung sind dabei nur die elastischen, keine plastischen oder verzögert elastischen Verformungen beteiligt.

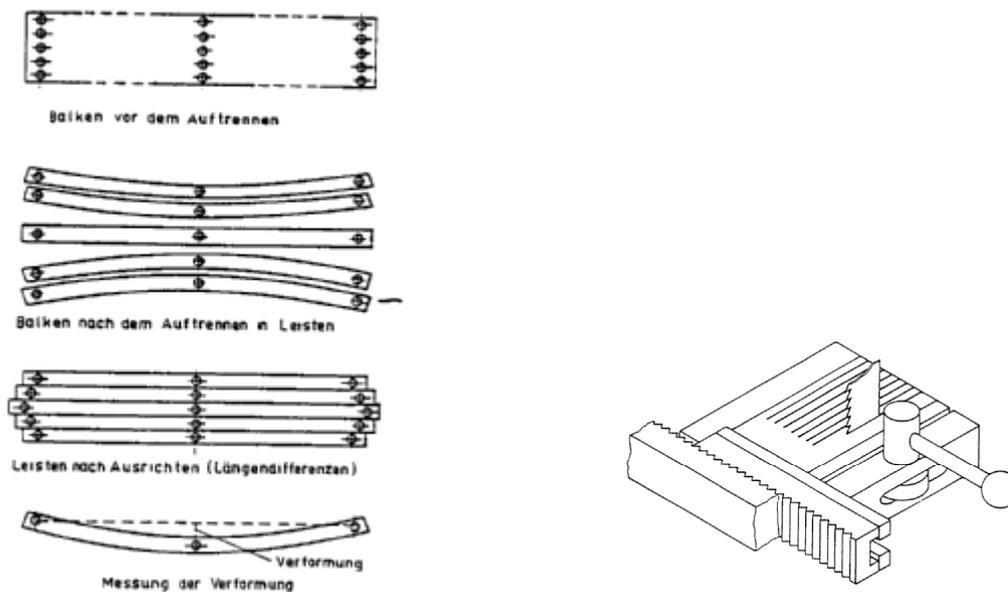


Abbildung 16 Verformung von Holz nach Freischneiden in Schichten (links) (Aussenschichten unter Zug-, Innenschichten unter Druckspannungen) sowie Vorrichtung zum Freischneiden der Spannungen (rechts)

Dabei wird wie folgt vorgegangen:

1. Bestimmung der Abmessungen des Gabelblockes vor dem Freischneiden (an Stellen wo später freigeschnitten wird)
2. Freischneiden der Gabelzinken
3. Bestimmung der Abmessungen der Gabelzinken nach dem Freischneiden

4. Anfertigung von Schichtproben
5. Bestimmung des E-Moduls der Schichten (vorzugsweise nach der in der Schicht vorliegenden Lastart)
6. Bestimmung des Feuchtegehaltes der Schichten (ggf. Korrektur des E-Moduls)

Die Spannung wird danach nach dem Hookschen Gesetz berechnet.

Es gilt:

$$\sigma = \varepsilon * E \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

σ Spannung

ε Dehnung

$$\delta l = l_0 - l_1$$

l_0 Probenlänge vor Freischneiden

l_1 Probenlänge nach Freischneiden

E E-Modul in N/mm²

Bohrmethode/Rissaufweitungsmethode

Beim Einbringen eines Bohrloches oder eines Schnittes in ein unter Spannung stehendes Bauteil werden die Spannungen durch Verformungen abgebaut. Ein in die Oberfläche eingebrachter Riss wird sich je nach vorliegender Spannung aufweiten bzw. schliessen. Aus der Verformung kann auf den Spannungszustand geschlossen werden.

Das gleiche gilt für ein Bohrloch. Aus der Deformation lässt sich auf den Spannungszustand schliessen. Die Deformation kann beispielsweise durch um das Bohrloch angebrachte Dehnungsmessstreifen bestimmt werden. Wird langsam mit einem zylindrischen Bohrer Holz gebohrt und dabei die Leistungsaufnahme gemessen, lässt sich daraus auf den Spannungszustand schliessen. Veränderungen in der Leistungsaufnahme treten durch das Aufweiten bzw. Schliessen des Bohrloches auf. Ferner gehen Dichte-, Feuchteunterschiede sowie Abweichungen in der Holzstruktur als Störgrößen ein.

Biegemoment-Methode

Vanek entwickelte für den Nachweis von Trocknungsspannungen diese Methode. Das Verfahren ermöglicht eine kontinuierliche Bestimmung der Trocknungsspannungen und ihrer Verteilung. Dabei wird von folgendem Prinzip ausgegangen:

Eine unter Spannungen stehende Probe wird mittig aufgetrennt. Es kommt zur Verformung. Für das Geraderichten der Probe ist ein Biegemoment erforderlich. Das Biegemoment wird mit Dehnungsmessstreifen ermittelt.

es erforderlich, das erweiterte Hooksche Gesetz für orthotrope Körper einzusetzen und dabei 3 E-Moduli, 3 Schubmoduli und 6 Poissonsche Konstanten einzusetzen. Die Bereitstellung dieser Konstanten bereitet derzeit die grössten Schwierigkeiten.

6.4.2.2. Ermittlung von Dehnungen

Für die Ermittlung der Dehnung sind folgende Verfahren möglich:

- Setzdehnungsmesser (induktiv, kapazitiv oder inkremental)
- Dehnungsmessstreifen (beim Aufkleben der Dehnmessstreifen kann es zu Verstärkungseffekten und lokalen Spannungen kommen; durch die Speisespannung kann eine lokale Erwärmung auftreten, das führt zu einer Trocknung des Holzes und damit zu einer Messwertbeeinflussung (Trocknungsdrift); das Langzeitverhalten der Klebfugen wie z.B. Kriechverformungen)
- Photogrammetrie, das Moiré-Verfahren, Speckeltechnik

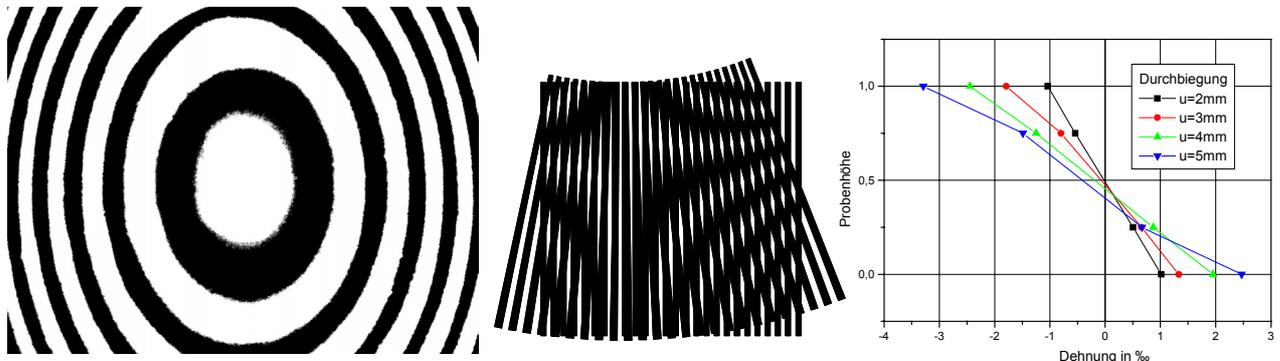


Abbildung 19 Moiréstreifen von reiner Biegung für vertikale Dehnungsbestimmungen und reiner Biegung und Verdrehung (Mitte); Dehnungsverteilung über den Querschnitt einer Massivholzplatte bei Biegung

6.4.3. Methoden der sensorischen Bewertung

Vielfach ist eine exakte physikalische Messung der Qualität nicht oder nur schwer möglich, da zu viele Faktoren den „Gesamteindruck“ bestimmen. In diesen Fällen erfolgt eine visuelle (sensorische) Bewertung der Oberfläche durch ein Bewerterkollektiv. Dabei ist das zu beurteilende Material unter definierten Lichtverhältnissen (Farbmusterungsleuchte nach DIN 6173 T.2 oder auch normales mittleres Tageslicht soweit die Lichteinwirkung nicht durch Häuser, Bäume etc. gestört wird), in einem definierten Abstand von 250 mm mit normaler Sehschärfe zu beurteilen (s. DIN 58383).

Das Material ist gemäss vorzugebenden Fehlern (z.B. bei Prüfung gegen Chemikalien nach DIN 66861 T.1) nach Intensitätsstufen zu bewerten. Dies sind z.B. beim Chemikaliertest nach DIN 66861 T.1:

Intensitätsstufe	Merkmal
0	keine sichtbaren Änderungen
1	eben erkennbare Änderungen

2	leichte Veränderungen, die Struktur aber nicht verändert
3	starke Veränderungen, die Struktur aber unzerstört
4	starke Markierungen sichtbar, die Struktur zerstört
5	Prüffläche stark verändert, Struktur zerstört

eine andere Einteilung wäre z.B.

0	nicht erkennbar
1	schwer erkennbar
2	erkennbar
3	deutlich erkennbar
4	sehr deutlich erkennbar

Prinzipiell werden in Anlehnung an diese Stufen auch andere Fehler (z.B. Oberflächenfehler an furnierten Bauteilen; Oberflächenunruhe nach Alterung) vielfach bewertet. Um eine repräsentative Aussage zu erhalten erfolgt die Bewertung durch mehrere Personen mit einschlägiger Erfahrung.

6.4.4. Farbmessung

Für die Farbmessung (z.B. zur Bewertung von Möbeloberflächen) stehen z.B. nach dem CIELab-System (vgl. DIN 5033) arbeitende Farbmessgeräte zur Verfügung. Das System beruht darauf, dass fast alle Farben durch die 3 Grundfarben rot (Wellenlänge 700 nm), grün (546,1 nm) und blau (435,8 nm) zusammengesetzt werden können. Für die Berechnung der Farbwerte geht man von der Remissionkurve aus und multipliziert diese mit den jeweiligen Werten der Normalspektralwertkurven.

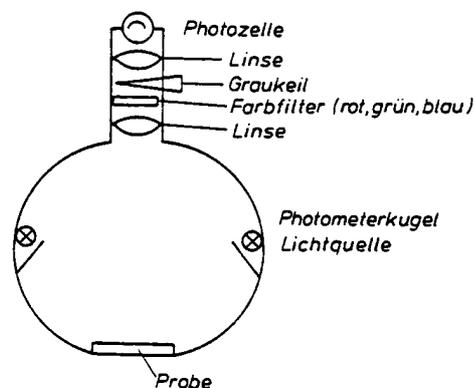


Abbildung 20 Messgerät

Durch Summation erhält man die aus Normalfarbwerte X - Y - Z, die ihrerseits die Lage einer Farbe in einem 3-dimensionalen Koordinatensystem eindeutig bestimmen. Sie können als Rotgewicht (X), Grüngewicht (Y) und Blaugewicht (Z) der Farbe angesehen werden. Durch Umrechnung auf Gewichtsanteile ergeben sich die Normfarbwertanteile:

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

$$z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$

Der Normfarbwert Y drückt die Helligkeit aus. Für praktische Fälle genügt eine zweidimensionale Darstellung der Farbe, ergänzt durch die Helligkeit (Abbildung 21).

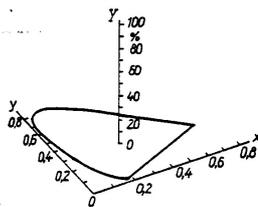


Abbildung 21 Farbdreieck (x, y, z); x, y- Normalfarbanteile, Y Helligkeit

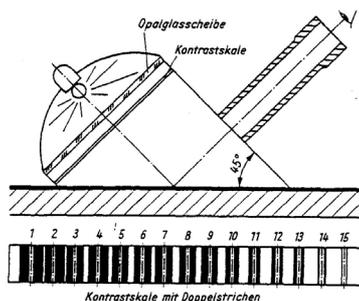
6.4.5. Prüfung beschichteter Oberflächen

Wichtige Prüfverfahren für beschichtete Möbeloberflächen sind in DIN 68861 aufgeführt. Dazu zählen:

- Verhalten bei chemischer Beanspruchung (DIN 68861 T1)
- Abriebverhalten (DIN 68861 T2)
- Verhalten bei Kratzbeanspruchung (DIN 68861 T4)
- Verhalten bei Zigaretteglut (DIN 68861 T6)
- Verhalten bei trockener Hitze (DIN 68861 T7)

Glanzgrad

Der Glanzgrad kennzeichnet die Reflexion des Lichtes auf einer hochglänzenden Oberfläche und deren Oberflächenform. Die Abbildung 23 zeigt schematisch das Prüfverfahren. Für die Prüfung stehen spezielle Geräte bereit, in die eine Kontrastskala mit Doppelstrichen eingelegt wird. Die Spiegelglanzstufe entspricht dem gerade noch klar erkennbaren dünnsten Doppelstrich der Kontrastskala. Auf der Fläche sind mehrere Prüfungen durchzuführen, aus denen der Mittelwert zu bilden ist.



Härte und Stossfestigkeit

Die Pendelhärte kennzeichnet den Filmbildungszustand eines Lackes, von dessen Härte die Dämpfung beeinflusst wird. Das Pendel mit der vorgeschriebenen Masse und bestimmten Abmessungen wird mit 2 Stützkugeln auf eine lackierte Glasplatte aufgesetzt und bei einer Auslenkung von 6 Grad arretiert. Danach wird das Pendel freigegeben und die Stoppuhr betätigt. Durch die Dämpfung verringert sich die Schwingweite. Die Pendelzeit ist beendet, wenn die Auslenkung des Pendels nur noch 3 Grad beträgt. Die Pendelzeit wird als Mittelwert aus 3 Messungen, die an verschiedenen Stellen der gleichen Probe durchzuführen sind, angegeben.

Stossfestigkeit

Die Stossfestigkeit charakterisiert die Festigkeit des Verbundes Lack/Trägermaterial. Die Probe (250 mm Kantenlänge) wird hohl eingespannt und durch eine aus definierter Höhe fallende Kugel beansprucht.

Gemessen werden die Art und Intensität der Beschädigung (verbale Beschreibung). Ferner wird die Grösse der Fallhöhe, bei der noch keine Beschädigungen auftreten, angegeben.

Hafffestigkeit

Die Hafffestigkeit charakterisiert den Widerstand des Verbundes Trägerplatte / Beschichtungsmaterial gegen eine Zugbelastung senkrecht zur Oberfläche. Geprüft wird beispielsweise die Hafffestigkeit von Folien oder Lacken auf dem Trägermaterial. Dabei wird ein Leichtmetallzylinder (20 mm Durchmesser) auf die Probe mit Cyanacrylat aufgeklebt, danach der Rand mit einem entsprechenden Bohrer freigeschnitten. Anschliessend wird mittels Prüfmaschine auf Zug senkrecht zur Plattenebene bis zum Bruch belastet.

Die Hafffestigkeit berechnet sich wie folgt:

$$\sigma = \frac{F}{A} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

F	Kraft in N
A	Querschnittfläche in mm ²
σ	Hafffestigkeit

Neben der Festigkeit ist der prozentuale Anteil an Klebfugenbruch mit anzugeben. Überwiegt dieser, ist das Ergebnis zu verwerfen.

Chemikalienbeständigkeit

Die Chemikalienbeständigkeit hat z.B. bei Küchenarbeitsplatten eine grosse Bedeutung. Dabei wird eine definierte Zeit eine Testsubstanz aufgebracht und danach die Fleckenbildung geprüft.

Prüfsubstanzen sind z.B. Senf, Lippenstift, Cola, Bier, Schwarzer Tee, Kaffee, Essigsäure, Olivenöl, Zwiebeln, Aceton, Benzin. Nach Abschluss der Prüfung wird die

Oberfläche gesäubert (Reinigungsmittel je nach Standard) und gemäss DIN 538383 visuell nach Intensitätsstufen bewertet.

Tabelle 12 Beanspruchungsgruppen für Oberflächen

Prüfmittel	1 A		1 B		1 C		1 D		1 E		1 F	
	Ewd ¹⁾	Erg	Ewd ²⁾	Erg	Ewd	Erg	Ewd	Erg	Ewd	Erg	Ewd	Erg
Essigsäure	16 h	0	60 min	0	³⁾							
Zitronensäure	16 h	0	60 min	0								
Natriumcarbonat	16 h	0	2 min	0								
Ammoniakwasser	16 h	0	2 min	0								
Ethylalkohol	16 h	0	60 min	0								
Wein	16 h	0	5 h	0	10 min	0	2 min	0				
Bier	16 h	0	5 h	0	10 min	0	2 min	0				
Cola - Getränke	16 h	0	16 h	0	10 min	0	2 min	0				
Pulverkaffee	16 h	0	16 h	0	10 min	0	2 min	0				
Schwarzer Tee	16 h	0	16 h	0	10 min	0	2 min	0				
Schwarzer Johannisbeersaft	16 h	0	16 h	0	10 min	0	2 min	0				
Kondensmilch	16 h	0	16 h	0	10 min	0	2 min	0				
Wasser	16 h	0	16 h	0	10 min	0	10 min	0	10 min	0	2 min	0
Benzin	16 h	0	2 min	0								
Aceton	16 h	0	10 s	3								
Ethyl-Butylacetat	16 h	0	10 s	3								
Butter	16 h	0	16 h	0								
Olivenöl	16 h	0	16 h	0								
Senf	16 h	0	5 h	0								
Kochsalz	16 h	0	5 h	0								
Zwiebel	16 h	0	5 h	0								
Lippenstift	16 h	0	16 h	3								
Desinfektionsmittel	16 h	0	10 min	0	2 min	0	2 min	0				
Schwarze Kugelschreiber-Pastentinte	16 h	0	16 h	3								
Stempelfarbe	16 h	0	16 h	3								
Reinigungsmittel	16 h	0	60 min	0								
Reinigungslösung	16 h	0	60 min	0	2 min	0	2 min	0	2 min	0	2 min	0

¹⁾Einwirkdauer

²⁾Ergebnis (Höchstwerte)

³⁾Die leeren Tabellenfelder bedeuten, daß in dieser Norm keine Anforderungen festgelegt sind

Porosität

Auf Möbeloberflächen können kleine Poren vorhanden sein, in die der Staub eindringt, wodurch es zu einer unsaubereren Oberfläche kommt. Die Porosität wird durch Einreiben eines Farbpulvers in die Oberflächen nach erfolgter Säuberung visuell bewertet.

Abriebbeanspruchung

Die Prüfung erfolgt nach DIN 68861 T2. Tabelle 13 zeigt die Beanspruchungsgruppen und die diesen zugeordnete Anzahl an Umdrehungen. Geprüft wird die Beanspruchbarkeit der Beschichtung bei Reibung (z.B. Kassentisch).

Die Probe wird auf eine Abrieb-Prüfmaschine aufgespannt und über ein mit Schmirgelpapier (gepulvertes Aluminiumoxid, Korngrösse 0,063 - 0,1 mm) bespanntes Reibrad beansprucht. Nach je 25 Umdrehungen wird die Oberfläche beurteilt. Die Prüfung ist zu Ende, wenn

- das Dekor zu 50% angegriffen ist
- oder die Farbe verschwindet.

Ermittelt wird die Anzahl der dazu erforderlichen Umdrehungen.

Tabelle 13 Beanspruchungsgruppen nach DIN 68861 T2

Gruppe	Umdrehungen
2A	über 650
2B	über 350 bis 650
2C	über 150 bis 350
2D	über 50 bis 150
2E	über 25 bis 50
2F	Bis 25

Zigarettengluttest

Die Prüfung erfolgt nach DIN 68861 6A. Dabei wird eine definierte Zigarette angezündet und eine bestimmte Zeit auf die Oberfläche gelegt. Die Oberfläche wird danach gereinigt, 72 Stunden lang im Normalklima gelagert und visuell bewertet. Eine Oberfläche, die den in Tabelle 15 aufgeführten Anforderungen entspricht, darf entsprechend gekennzeichnet werden.

Tabelle 15 Beanspruchungsgruppen nach DIN 68861 T2 für Zigarettengluttest

Gruppe	Oberfläche nach Prüfung gereinigt
6A	Keine Veränderung
6B	Glanzänderung mit blossem Auge erkennbar
6C	Glanzänderung und geringe Verfärbung
6D	Deutliche Verfärbung
6E	Zerstört

Sonstige Prüfungen

Dazu zählen u.a. das Verhalten gegen trockene (DIN 68861 T 7) und feuchte Hitze (DIN 68861 T8).

trockene Hitze: Dabei wird ein Messgerät, welches in einem heizbaren Wärmeschrank auf 50, 75, 100, 140 oder 150°C erwärmt wird, 20 min auf die Oberfläche gestellt. Danach wird die Oberfläche

- sofort, und nach
- 24 h

visuell auf Fehler (Blasenbildung, Glanzänderung, Verfärbung, Deformation, Markierung des Prüfgerätes) beurteilt. Das entspricht dem Stehenlassen eines heißen Gegenstandes (Bügeleisen).

feuchte Wärme: Die Prüfung erfolgt analog der trocknen Wärme, nur dass auf die Oberfläche ein vorher noch tropfnasses Filterpapier gelegt wird.

Auch hier gelten wieder entsprechende Beanspruchungsgruppen nach DIN.

Trockene Wärme: 7A (180°C bis 7E 50°C)

Feuchte Wärme 8A (100°C bis 8C 50°C).

Folienprüfungen

Für die zur Beschichtung von Möbeln eingesetzten Dekorfolien wurden zur Endkontrolle beim Hersteller und zur Eingangskontrolle im Verarbeitungsbetrieb verschiedene Prüfverfahren entwickelt.

Geprüft wird:

- Die Zugfestigkeit senkrecht zur Folienebene
- Die Spaltneigung (Bei der Beschichtung von Folien mit Polyester und dem anschließenden Schwabbeln kommt es vielfach zu Spalterscheinungen. Ebenso beim ruckartigen Abreißen von Klebeband, welches z.B. zur Transportsicherung von Schubkästen eingesetzt wird.

Dazu gibt es folgende Tests:

Tesa-Test

Bei dieser Methode wird ein Streifen Tesa-Film auf die Oberfläche geklebt und nach ca. 10 min ruckartig abgerissen. Danach erfolgt eine visuelle gut/schlecht-Beurteilung.

Gitterschnittmethode

Bei dieser Methode werden in die auf das Trägermaterial aufgeklebte Folie mit dem in Bild 8 dargestellten Gerät Schnitte in einem Winkel von 90 Grad zueinander eingebracht. Auf diese Fläche wird Klebeband geklebt und nach 10 min ruckartig abgerissen. Als Kriterium dient der prozentuale Anteil der gespaltenen Oberfläche, bezogen auf die Gesamtfläche. Zwischen Spaltfestigkeit und Zugfestigkeit senkrecht zur Folienebene besteht ein korrelativer Zusammenhang.

Bild 9 zeigt die Oberfläche nach Abreißen des Klebebandes bei verschiedener Qualität.

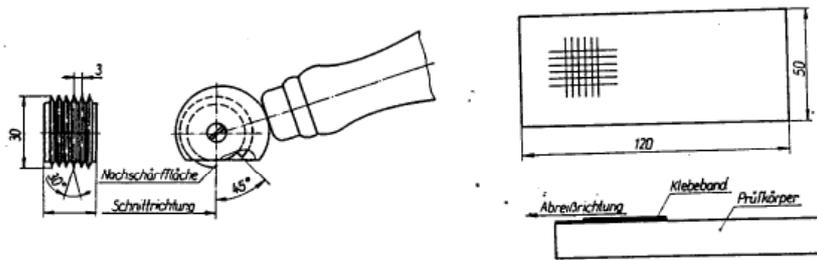


Abbildung 25 Gitterschnitttest

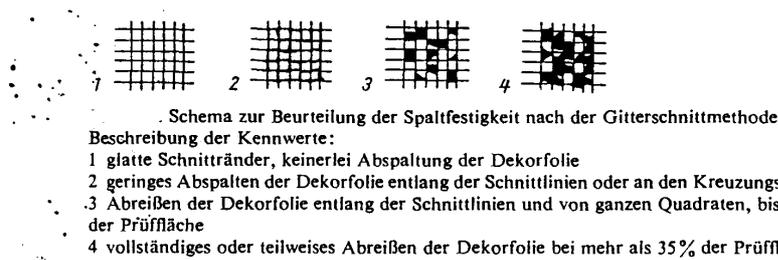


Abbildung 26 Schematische Beurteilung der Oberfläche nach der Gitterschnittmethode

6.4.6. Rauigkeit / Welligkeit

Zur Beurteilung der Oberflächenqualität von Holz und Holzwerkstoffen wurden zahlreiche Verfahren entwickelt. Durchgesetzt hat sich für die Rauigkeitsmessung das Tastschnittverfahren.

Eine gewisse Bedeutung haben:

Das Abreibverfahren

Für grossporige Oberflächen eignet sich das Abreibverfahren. Dabei wird auf die zu prüfende Oberfläche ein dünnes, pausfähiges (weisses) Papier gelegt und mit Kohlepapier so abgedeckt, das die Farbseite des Kohlepapiers zum zu bepausenden Papier zeigt. Dann wird mit einem Kunststoffspachtel so lange hin und her gerieben, bis ein Abriebbild entsteht. Für eine schnelle Kontrolle wird vielfach nur mit schwarzer Ölkreide die Oberfläche angefärbt. Schleifunregelmässigkeiten und porige Oberflächen werden dadurch sichtbar. Unter einer Lupe werden feinere Unregelmässigkeiten erkennbar.

Das Pastentestverfahren

Dabei wird eine definierte Menge einer Paste auf die Oberfläche aufgetragen und (unter Plastikfolie) aufgewalzt. Die benetzte Fläche ist ein Mass für die Oberflächenqualität.

Tastschnittverfahren

Die Prüfung kann z.B. gemäss DIN 4760 erfolgen. Bei der Prüfung wird ein definierter Weg abgetastet und die vertikale Abweichung gegen eine feste Bezugsstrecke gemessen.

Welligkeit der Oberfläche

Für die quantitative Bewertung der Oberflächenunruhe wurde von Devantier ein Verfahren entwickelt. Dabei wird nach dem in Bild 10 dargestellten Prinzip die Probenfläche abgetastet. Das Messsystem hat eine 3-Bereichsabstützung (kugelgelagert). In der Mitte des gleichseitigen Dreieckes befindet sich ein Wegaufnehmer, mit dem die vertikale Auslenkung gemessen wird. Die zu prüfende Platte (ca. 500*400 mm oder grösser) wird bahnförmig abgetastet. Aus den ermittelten Profilen werden verschiedene Kenngrössen bestimmt.

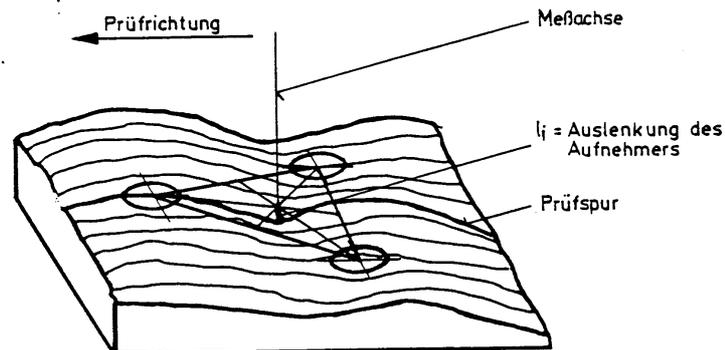


Abbildung 27 Prinzip der Welligkeitsmessung

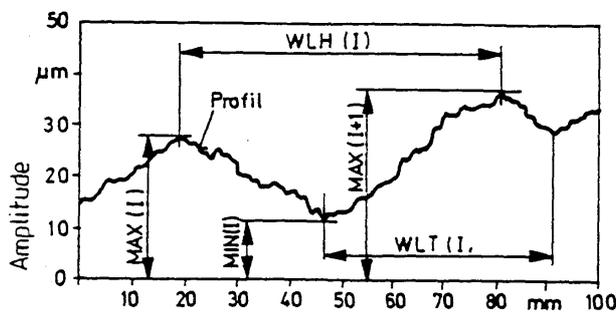


Abbildung 28 Kenngrössen der Beurteilung der Welligkeit

Oberflächenabsorption

Für die Schnellprüfung der Oberflächenabsorption von MDF wurde nachfolgende Industrienorm entwickelt.

Die Oberflächenabsorption wird gemäss Bild 12 bestimmt. Dabei wird mittels einer Pipette auf die Oberfläche 1 ml Toluol (analysenrein) in Schleifrichtung aufgebracht und die Länge der vom Toluol benetzten Plattenfläche gemessen.

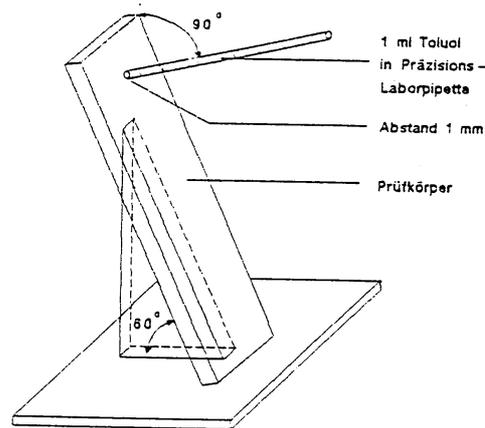


Abbildung 29 Prinzip der Messung der Oberflächenabsorption

6.4.7. Plattenverzug/ Formbeständigkeit

Sind in einem Werkstoff Eigenspannungen vorhanden oder liegt eine asymmetrische Feuchteeinwirkung vor kommt es zu einer Verformung, durch welche die vorhandenen Spannungen abgebaut werden.

Häufig tritt dies auch bei einer asymmetrischen Beschichtung von Platten auf (HPL-Platten, lackierte Möbelfronten). Die Verformung ist umso grösser, je grösser die Fläche ist. Mit abnehmender Plattendicke steigt (infolge des reduzierten Trägheitsmomentes) die Verformung. Diese Verformungen und Spannungen können unter Nutzung der Gesetze der Mechanik berechnet werden. Dabei ist das viskoelastische Verhalten des Holzes/der Holzwerkstoffe zu berücksichtigen.

Plattenverzug

Die Verformung eines Bauteils (z.B. einer Platte) kann mittels eines Messlineals bestimmt werden. Die Messuhr ist vorher auf einer ebenen Fläche abzugleichen. Die Platte/das Bauteil ist vorher senkrecht aufzustellen. Die Messung erfolgt in 2 senkrecht zueinander stehenden Richtungen.

Formbeständigkeit

Zur Prüfung der Formbeständigkeit eines Materials erfolgt eine Differenzklimalagerung (eine Seite Wasserdampf, andere Seite Normalklima 20°C/65% r.L.).

Abbildung 30 zeigt schematisch ein Gerät. Die Prüfung erfolgt häufig in Doppelklimakammern. Die Messuhren werden unmittelbar nach dem Aufsetzen des Rahmens, nach 24 und 48 h sowie nach 4, 7, 10, 14, 21 und 31 Tagen abgelesen. Die Ablesegenauigkeit beträgt 0,01 mm. Die Abweichung der Probenform von der Bezugsebene ist durch Differenzbildung der Anzeigewerte und der ursprünglichen Messuhreinstellung zu bestimmen. Ferner ist die Abweichung der Probenform von der Ausgangsform zu ermitteln (Abweichung von der ideal ebenen Fläche berücksichtigen).

Berechnet werden z.B.:

- die grösste Formabweichung (Differenz aus höchstem und tiefsten Anzeigewert)
- Verlauf der Formänderung (Summe der Absolutwerte der Abweichungen aller Messpunkte von der Ausgangsform)

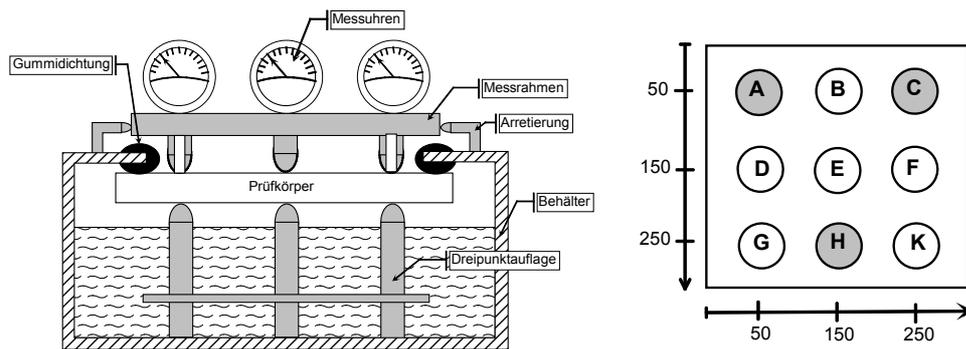


Abbildung 30 Messprinzip zur Bestimmung der Formbeständigkeit (A,C,H- Auflagerungspunkte)

6.4.8. Prüfung der Formaldehydabgabe von Werkstoffen und Erzeugnissen

Zur Prüfung der Formaldehydabspaltung von Holzwerkstoffen wurden verschiedene Methoden entwickelt. Da bei der Verarbeitung der Werkstoffe meist eine starke Versiegelung der Oberflächen erfolgt, wird in

- Werkstoffprüfung und
 - Erzeugnisprüfung
- unterschieden.

Formaldehydnachweis in Holzwerkstoffen

Perforatormethode

Die Prüfung erfolgt nach DIN EN 120. Die Methode ist anwendbar für Spanplatten mit einem Formaldehydgehalt von 10 mg/100 g und mehr. Das Formaldehyd wird bei diesem Verfahren mit siedendem Toluol extrahiert und an destilliertes Wasser abgegeben. Anschliessend erfolgt eine jodometrische Messung des Formaldehydgehaltes der so erhaltenen Lösung.

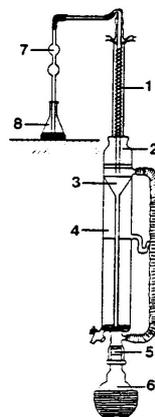


Abbildung 31 Perforator

WKI- Methode (Flaschentest)

Diese Methode wurde zur schnellen und einfachen Bestimmung des Formaldehydgehaltes entwickelt. Aus den Platten werden Klötzchen von 25 x 25 mm entnommen und ihre Feuchte bestimmt. Die anderen Prüfkörper werden mit Gummibändchen jeweils über 50 ml destilliertem Wasser in einer 500 ml Polyäthylenflasche befestigt. Die festverschlossenen Flaschen werden bei der gewünschten Temperatur (in der Regel 40°C) im Trockenschrank verschieden lange stehen gelassen. Danach stellt man die Flaschen 1/2 Stunde in Eiswasser, um eine vollständige Absorption des Formaldehyds zu erreichen.

Das ausgetretene Formaldehyd wird danach jodometrisch oder photometrisch bestimmt und auf die darrtrockenen Spanplatte umgerechnet. Die Formaldehydmenge wird in Abhängigkeit von der Prüfdauer erfasst.

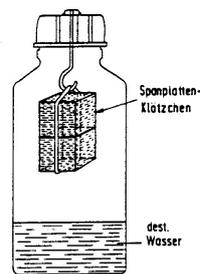


Abbildung 32 WKI-Flaschenmethode

Gasanalysemethode

Bei dieser Methode wird die Probe (400 mm x 50 mm x Dicke) in einem auf 60°C vorgeheizten Reaktionsrohr von einem formaldehydfreien, über Silikagel getrocknetem Trägergas (60 l/h) umspült. Die Luftmenge wird kontrolliert. Zur Absorption des Formaldehyds wird das Trägergas durch Waschflaschen geleitet. Mit dieser Methode können auch beschichtete u.a. Platten geprüft werden. Problematisch ist der Rohdichteinfluss, da die Formaldehydfreisetzung vom Diffusionswiderstand abhängt.

- Gasanalysemethode
(nach Mehlhorn 1978)
WK: Kurzbericht 14/8)
- 1 Absaugfilter,
 - 2 Waschflasche
(2% Natriumsulfit),
 - 3 Magnetventil (Grob-
einstellung),
 - 4 Pumpe,
 - 5 Silicageltrockner
(Waschflasche),
 - 6 Magnetventil (Fein-
einstellung),
 - 7 Rotameter,
 - 8 Agerost,
 - 9 Prüfraum (mantel-
temperiert),
 - 10 Thermostat,
 - 11 Kontaktthermometer,
 - 12 Temperaturanzeige,
 - 13 Druckanzeige,
 - 14 Prüfraumtür,
 - 15 Luftröhr,
 - 16 Magnetventil

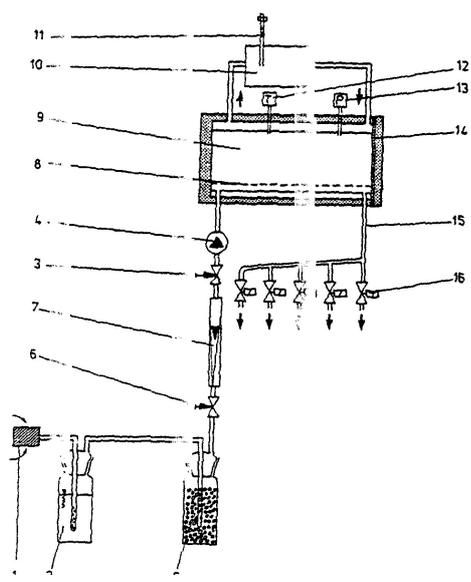


Abbildung 33 Gasanalysemethode

Prüfkammermethode

Diese Methode dient zur Prüfung von Möbeln oder auch Platten. Die Beladung des Prüfraumes erfolgt definiert (Oberfläche des Prüfobjektes bezogen auf Prüfraumvolumen). Die Luft wird einmal pro Stunde gewechselt. Das Formaldehyd wird über Waschflaschen abgeschieden. Der Formaldehydgehalt der Waschflaschen kann z.B. photometrisch ermittelt werden. Die Prüfung endet nach Erreichen der Ausgleichskonzentration, spätestens nach 240 h.

Quantitative Bestimmung des Formaldehyds

Die Bestimmung des Formaldehydhaltes wird im allgemeinen nach folgendem Schema vorgenommen.

- ein Luftstrom wird über eine wässrige Lösung geleitet, die das Formaldehyd absorbiert.
- danach wird der Formaldehydgehalt der Lösung analytisch bestimmt.

Zur quantitativen Bestimmung des Formaldehydhaltes wurden verschiedene Methoden beschrieben. Die wichtigsten sind die titrimetrische und die photometrische Methode.

6.4.9. Prüfung von Möbeln

Einführung

Die Möbelprüfung dient nach Albin

- dem Verbraucher zum Zweck des Wertvergleiches
- dem Anbieter zum Leistungsnachweis und zur Abwehr unangemessener Forderungen
- dem internationalen Warenaustausch

- der internationalen Normung

Qualität soll dadurch quantifizierbar werden. Generell liegen objektive (Belastbarkeit, Formstabilität, dauerhafte Funktionsfähigkeit, Verschleissfestigkeit, Oberflächenbeständigkeit, Sicherheit im Gebrauch) und subjektive Qualitätskriterien (Form, Gestaltung, Materialauswahl, Oberflächenqualität) bei Möbeln vor.

Subjektive Kriterien werden nicht genormt. Durch die Gütegemeinschaft Deutsche Möbel e.V., in der ein Teil der Möbelbetriebe freiwillig zusammengeschlossen ist, wurden für folgende Möbelarten Richtlinien erarbeitet:

- Kastenmöbel,
- Ein- und Anbauküchen,
- Polstermöbel, Tische,
- Büromöbel.

Die Güteforderungen enthalten allgemeine Forderungen, Werkstoffe und Verarbeitung.

Übersicht zu den Prüfbestimmungen

Die Prüfbestimmungen umfassen die Einzelbedingungen, unter denen eine Prüfung erfolgen muss, um die Gebrauchsbelastung in geraffter Zeit zu simulieren. Als Regelwerke (derzeit noch nicht einheitlich abgestimmt) gelten:

- die DIN-Normen (Mindestforderungen)
- die Standards der Landesgewerbeanstalt Nürnberg (LGA)
- die Standards der Gütegemeinschaft Deutscher Möbel e.V. (GDM) (aktueller Stand der strengen Gebrauchsanforderungen)

Die Prüfungen beinhalten nach Albin z.B.:

- Prüfungen von Bauteilen im oder am Möbel separat
- Prüfung bei statischer oder dynamischer Belastung
- Geräte und Aufbringung der Zusatzlasten zur Simulation der Handhabung
- Wechsellasten oder Dauerlasten
- Anzahl der Lastwechsel
- Dauer von Lastaufbringungen
- Intervalle zwischen Bewegungsabläufen
- Lineare oder sinusförmige Bewegungsabläufe
- Zeitlicher Verlauf der Prüfvorgänge
- Gesamtdauer der Prüfung
- Umgebungsbedingungen bei der Prüfung
- Reihenfolge von aufeinanderfolgenden Einzelprüfungen

Die Güteanforderungen beinhalten z.B.

für Konstruktionsteile:

- die Zuhaltkraft, Öffnungskraft, Schliesskraft von Funktionsteilen
- Absenkung oder Auslenkung von Funktionsteilen
- Funktionsfähigkeit nach der Prüfung
- Funktionssicherheit nach der Prüfung
- Formkonstanz nach der Prüfung

- Schadensfreiheit nach der Prüfung
- Lockern von Befestigungsteilen
- Durchbiegungsgrad
- Verschleissgrad, Abriebfestigkeit
- Gebrauchstauglichkeit nach der Prüfung

für Oberflächen:

- chemisches Verhalten
- Abriebverhalten
- Kratzverhalten
- Stossverhalten
- Verhalten gegenüber trockener/feuchter Hitze
- Korrosionsverhalten
- Lichtbeständigkeit

für Polstermaterial:

- Bruchdehnung
- Zugfestigkeit
- Verformungsfestigkeit
- Härtezahl
- Rückstellverhalten

für Möbelbezüge:

- Lichtechtheit
- Nahtfestigkeit
- Berstfestigkeit
- Reibverhalten
- Schweissechtheit
- Waschechtheit
- Massänderungen beim Waschen
- Weiterreissfestigkeit

Die Prüfung beinhaltet im einfachsten Fall eine gut/schlecht-Beurteilung. Eine einheitliche Beurteilung der Produktqualität erfolgt noch nicht.

Mögliche Varianten sind:

- Firmen-Gütepässe
- RAL-Gütezeichen (staatlich anerkanntes, neutral überwachtes Gütezeichen); in BRD z.B. "RAL Deutsche Möbel"
- GS-Zeichen (Geprüfte Sicherheit); die Vergabe des Zeichens unterliegt dem Gerätesicherungsgesetz (z.B. Prüfung auf Ergonomie, Formgestaltung, Ecken, Kanten (Überwachung durch TÜF, LGA Nürnberg u.a.).

Beschreibung ausgewählter Prüfverfahren

Prüfung von Schubkästen

Die Böden werden gemäss Bild 17 belastet. Dabei wird zunächst die Durchbiegung gemessen.

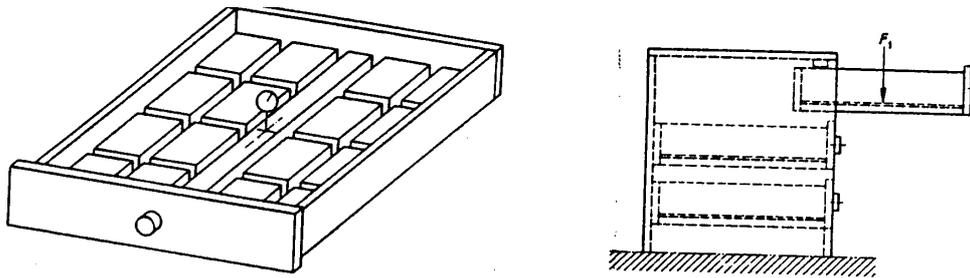


Abbildung 34 Prüfung von Schubkästen; links: Durchbiegung; rechts Absenkung

Ebenso wird die Absenkung unter Last ermittelt.

Prüfung von Tischen

Abbildung 35 zeigt die Messung der Standsicherheit, Bild 19 die statische und dynamische Prüfung eines Tisches.

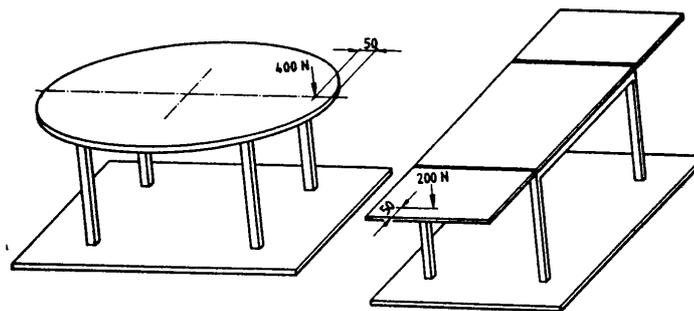


Abbildung 35 Standsicherheitsmessung von Tischen

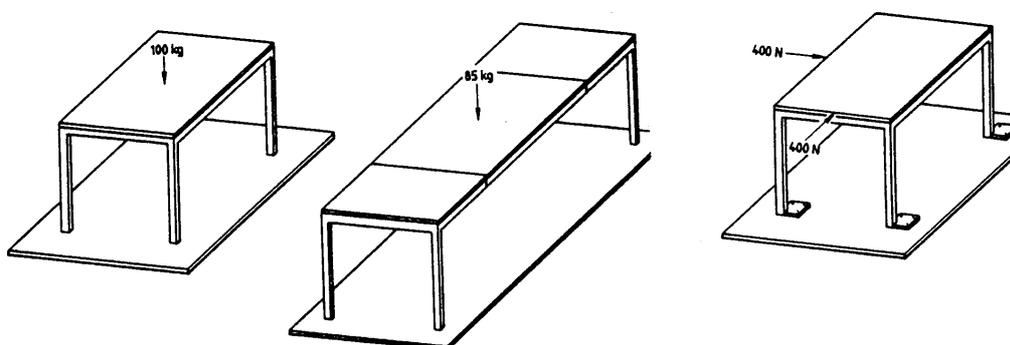


Abbildung 36 Statische (links, Messung der Durchbiegung) und dynamische Prüfung von Tischen (wechselnde Belastung, Simulation des Verschiebens)

Bettenprüfung

Bild 20 zeigt schematisch die statische Belastung von Etagenbetten.

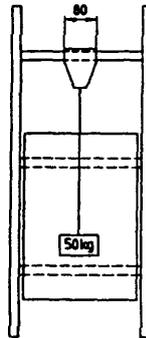


Abbildung 37 Prüfung eines Etagenbettes

Prüfung von Stühlen

Auch hier wird die Belastung simuliert (Kippen, Festigkeit, Standsicherheit). Abbildung 38 zeigt die Kipp-Fall-Prüfung Standsicherheitsprüfung nach vorn (a) und hinten (b), Abbildung 39 die Prüfung von Sitzflächen.

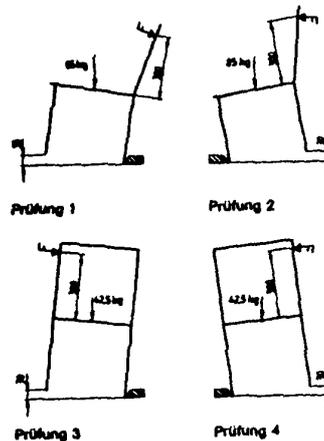


Abbildung 38 Kipp-Fall-Prüfung von Stühlen

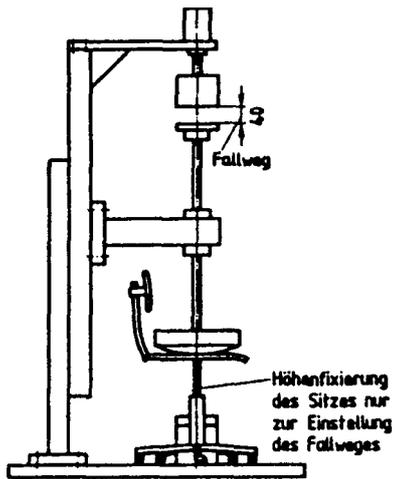


Abbildung 39 Prüfung der Sitzfläche von Stühlen

Ferner werden u.a. auch geprüft: Die Festigkeit von Auszugsführungen, Türen, Korpusmöbeln (auf Verrücken).

6.5. Literatur zu Kapitel 6

- Albin, R. u.a. (1992):** Grundlagen des Möbel- und Innenausbaus. DRW-Verlag, Stuttgart.
- Autorenkollektiv (1988):** Lexikon der Holztechnik. 3.Auflage Leipzig, Fachbuchverlag.
- Autorenkollektiv (1988):** Holzlexikon. Auflage, DRW-Verlag, Stuttgart.
- Böhme, P. (1980):** Industrielle Oberflächengestaltung von plattenförmigen Holzwerkstoffen. Leipzig, Fachbuchverlag.
- Devantier, B. (1992):** Untersuchungen zum Einfluss stofflich-struktureller und prozesstechnischer Parameter auf die Oberflächenebenheit von endbehandelten Holzwerkstoffen. Dissertation, TU Dresden.
- DIN-Normen** für Möbel, Holzwerkstoffe, Holz.
- Niemz, P. (1993):** Physik des Holzes und der Holzwerkstoffe, DRW- Verlag ,Stuttgart.
- Niemz, P. (1997):** Ermittlung von Eigenspannungen in Holz und Holzwerkstoffen. Holz-Zentralblatt, Stuttgart, 1997:122, 5 S. 84,86.
- Roffael, E. (1982):** Die Formaldehyd-Abgabe von Spanplatten und anderen Werkstoffen. DRW-Verlag, Stuttgart.
- Walter, F. (1977):** Prüftechnik in der Holzindustrie. Fachbuchverlag, Leipzig.
- Walter, F. (1955):** Prüfverfahren in der Holzindustrie. Fachbuchverlag, Leipzig.