

Berufsakademie Sachsen
Staatliche Studienakademie Dresden
Studienrichtung Holztechnik

Deutsche Werkstätten Hellerau GmbH

Aussteifungsmöglichkeiten von Verbundplatten im Innenausbau

Praxisarbeit
1. Studienhalbjahr

eingereicht von:
Knorr, Fabian
05. 06. 1981

Gutachter: Dipl.-Ing. Ulrich Kühnhold

Testat: {erteilt im August 2005}

Unterschrift: {U. Kühnhold}

Inhalt

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen	4
1 Thematik und Zielstellung der Arbeit	5
2 Holzwerkstoffe	6
2.1 Vollholzwerkstoffe.....	6
2.1.1 Massivholzplatten	6
2.2 Furnierschichtwerkstoffe.....	6
2.2.1 Furnierschichtholz	6
2.2.2 Sternholz	7
2.2.3 Sperrholz	7
2.3 Spanwerkstoffe.....	7
2.3.1 Flachpressplatten	8
2.3.2 Strangpressplatten	9
2.4 Faserwerkstoffe	9
2.4.1 Mitteldichte Faserplatten	9
2.4.2 Harte Faserplatten.....	9
2.5 Verbundwerkstoffe.....	10
2.5.1 Stab- und Stäbchensperrholz	10
2.5.2 Sandwichplatten	11
3 Einflussgrößen auf mechanische Eigenschaften	12
3.1 Elastizität	12
3.2 Schubmodul	12
3.3 Zeitstandfestigkeit.....	12
3.4 Klebstoffe	13
3.5 Beplankungsgrad.....	14
4 Anwendung der Einflussgrößen	16
4.1 Vollholzwerkstoffe.....	16
4.2 Furnierschichtwerkstoffe.....	17
4.3 Spanwerkstoffe.....	19
4.4 Faserwerkstoffe	20
4.5 Verbundwerkstoffe.....	21

5	Resümee und Ansatzpunkte für weitere Untersuchungen.....	24
	Literatur- und Quellenverzeichnis.....	26
	Verzeichnis der Abbildungen.....	27

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

a_{De}	Dicke der Decklage
a_{Pl}	Dicke der Platte
DIN	Deutsches Institut für Normierung
E_{De}	E-Modul der Deckschicht
E_{Mi}	E-Modul der Mittelschicht
EN	Europanorm
E_{Pl}	E-Modul der Platte
HB	Harte Faserplatten
LVL	Laminated Veneer Lumber
MB	Mittelharte Faserplatten
MDF	Mitteldichte Faserplatte
MF	Melaminharz
PF	Phenolharz
PMDI	Isocyanat
ST	Stabsperrholz
STAE	Stäbchensperrholz
SWP	Solid Wood Panel
UF	Harnstoffharz

1 **Thematik und Zielstellung der Arbeit**

Bis vor ca. 150 Jahren wurde Holz nur in seiner unveränderten Struktur verbaut. Die verwendeten Leime glichen denen des Mittelalters, nur einfachste Holzverbindungen waren bekannt. Zerkleinerungsmöglichkeiten und weitere Aufschlussmöglichkeiten der nativen Zellstruktur des Holzes befanden sich noch im Experimentierstadium. Etwa 1850 wurden erste Schäl furniere und Sperrhölzer hergestellt. Zum ersten Mal war man in der Lage, die Biomasse des Waldes besser auszunutzen. Erst 1945 wurde die Technologie entwickelt, Spanplatten herzustellen, dieser Fortschritt hat seitdem den Holzmarkt weltweit maßgeblich mitgestaltet. Etwa 15 Jahre später war die Zerspanungstechnologie so weit ausgereift, dass erste mitteldichte Faserplatten gefertigt werden konnten. Das Restholz, welches beim Vollholzeinschnitt bisher angefallen war und hauptsächlich zur Energiegewinnung benutzt wurde, oder das für die Herstellung bis dahin bekannter Holzprodukte nicht zu verwenden war, konnte nun in den Holzwerkstoffen eingesetzt werden. Sie unterdrückten zudem das anisotrope Verhalten des Holzes. Es bedarf des Weiteren eines deutlich geringeren Energieeinsatzes bei der Herstellung sowie einer umweltfreundlicheren Ernte im Vergleich zu Stahl oder Glas. Bis heute werden im Möbel- und Innenausbau hauptsächlich Holz und seine Produkte verbaut, aufgrund seiner unregelmäßigen Optik bleiben mit dem Werkstoff Holz die größten Gestaltungsmöglichkeiten offen. Besonders interessante Gestaltungsvarianten ergeben sich in der Kombination mit anderen Materialien.

Im Vergleich zu Metallen ist Holz allerdings viel anfälliger für Biegebeanspruchungen, im Innenausbau muss der Werkstoff jedoch auftretende Kräfte aufnehmen und ableiten können, ohne selbst an Form und Stabilität zu verlieren. Dabei sind die Verbindungs- und Aussteifungsmittel so gering wie möglich und vor allem von außen unsichtbar zu konzipieren, damit kein Bruch in der Ästhetik entsteht. Auch sollen die Platten für viele Anwendungszwecke so leicht wie möglich sein, um einen Transport großer Möbel und Inneneinrichtungsteile nicht unmöglich zu machen. Diese gegensätzlichen Anforderungen müssen sich in einem Werkstoff vereinen, technologisch entsteht ein sehr hoher Anspruch an alle verwendeten Materialien.

In der folgenden Arbeit sind zuerst sind die für den Innenausbau relevanten Produkte sowie die mechanischen Eigenschaften, die auf diese wirken, vorgestellt. In der Auswertung werden für jede Werkstoffgruppe die vorrangigen Einsatzgebiete mit den jeweiligen Vor- und Nachteilen beleuchtet.

2 Holzwerkstoffe

2.1 Vollholzwerkstoffe

2.1.1 Massivholzplatten

Ein- oder mehrlagige Massivholzplatten (Solid Wood Panels - SWP) nach DIN EN 12775 werden nach den Haupteigenschaften wie folgt unterteilt:

- Nach den Verwendungsbedingungen:
 - a) Platten zur Verwendung im Trockenbereich,
 - b) Platten zur Verwendung im Feuchtbereich,
 - c) Platten zur Verwendung im Außenbereich.
- Nach den mechanischen Eigenschaften:
 - a) Platten für allgemeine Zwecke,
 - b) Platten für tragende Zwecke.

Diese SWP, auch als Leimholzplatten bezeichnet, haben einen symmetrischen Aufbau und können aus ungekürzten oder stumpf gestoßenen, bzw. keilgezinkten Holzstücken bestehen, die in einzelnen Lagen miteinander verleimt Platten von mehr als 1m x 5m¹ ergeben.

2.2 Furnierschichtwerkstoffe

Das Grundprinzip aller Furnierschichtwerkstoffe besteht darin, mindestens 3 Furnierlagen symmetrisch zur mittleren Schicht zu verpressen. Dabei können die einzelnen Lagen in verschiedenen Winkeln zueinander angeordnet sein, jedoch müssen die zwei äußersten Furniere faserparallel liegen. Auch bei den Furnierschichtwerkstoffen bleibt die Holzstruktur erhalten.

2.2.1 Furnierschichtholz

Laminated Veneer Lumber (LVL) ist ein Verbund von Furnieren, bei dem die einzelnen Furnierlagen im Wesentlichen in einer Richtung verlaufen. Dabei müssen die Furniere nach ihrer Festigkeit sortiert sein, ihre Dicke beträgt zwischen 2,5 und 5mm. Laut DIN EN 14279 wird Furnierschichtholz nach der Verwendung klassifiziert:

- LVL/1 – Verwendung im Trockenbereich,
- LVL/2 – Verwendung im Feuchtbereich,

¹ O. V.: <http://www.mordhorst-hamburg.de> (20.Mai 2005)(online)

- LVL/2 – Verwendung im Außenbereich.

2.2.2 Sternholz

Das Sternholz ist aus mindestens 5 Furnierlagen aufgebaut, deren Faserverlauf jeweils um 15 bis 45° versetzt ist. Dabei muss der Versatz der einzelnen Lagen gleichmäßig erfolgen, zu beachten ist, dass der Faserverlauf der Deckschichten gleichgerichtet ist.

2.2.3 Sperrholz

Sperrholz setzt sich aus einer ungeraden Anzahl von dünnen Furnierschichten zusammen, die jeweils um 90° zueinander gedreht sind. Die Furnierdicke liegt hierbei zwischen 1,5 und 3,2mm. Diese Platten werden nach DIN EN 636 nach folgenden Verwendungsbereiche klassifiziert:

- Verwendung im Trockenbereich,
- Verwendung im Feuchtbereich,
- Verwendung im Außenbereich.

Ferner wird Sperrholz unterteilt nach der Festigkeit und dem Biegeelastizitätsmodul.

2.3 Spanwerkstoffe

Bei den Spanwerkstoffen wird die native Struktur des Holzes weitgehend aufgetrennt und unter Zugabe von Klebstoffanteilen zu einem homogenen Werkstoff verpresst. Hierfür können Hölzer und Sägerestholz (z. B. Durchforstungsholz) verwertet werden, die als Vollholzprodukte aussortiert würden.

Die Klassifizierung erfolgt laut DIN EN 310:

- P 1 - Platten für allgemeine Zwecke zur Verwendung im Trockenbereich,
- P 2 - Platten für Inneneinrichtungen (einschließlich Möbel) zur Verwendung im Trockenbereich,
- P 3 - Platten für nicht tragende Zwecke zur Verwendung im Feuchtbereich,
- P 4 - Platten für tragende Zwecke zur Verwendung im Trockenbereich,
- P 5 - Platten für tragende Zwecke zur Verwendung im Feuchtbereich,
- P 6 - Hoch belastbare Platten für tragende Zwecke zur Verwendung im Trockenbereich,

- P 7 - Hoch belastbare Platten für tragende Zwecke zur Verwendung im Feuchtbereich.

Außerdem lassen sich Spanwerkstoffe noch anhand ihrer Strukturmaterialien unterscheiden:

- Holzpartikel,
- Andere nachwachsende Rohstoffe (Flachschäben, z. B. Stroh).

2.3.1 Flachpressplatten

Bei den Flachpressplatten liegen die einzelnen Späne parallel zur Plattenebene. Es gibt sie einschichtig, d. h. mit durchweg gleich großen Spänen, oder mehrschichtig. Dabei bestehen die äußeren Schichten aus feineren Spänen (häufig Sägespäne), um eine glatte Oberfläche zu erhalten, trotzdem aber eine relativ biegesteife Platte zu erhalten. Der Übergang zwischen den einzelnen Dichten der mehrschichtigen Flachpressplatte kann dabei entweder allmählich oder schlagartig erfolgen.

Die Spänemasse wird in Trommeltrocknern auf eine Restfeuchte von etwa 2% gebracht, mit 7-12% Klebstoffanteil vermischt und entweder durch Wind- oder Wurfstreuung (Abb. 2-1) zu einem Spänerohling formiert, der in einer kontinuierlich (Verleimung im Durchlauf) oder diskontinuierlich (Mehretagenverleimung) arbeitenden Presse bei etwa 220°C zu einer Platte verpresst wird.

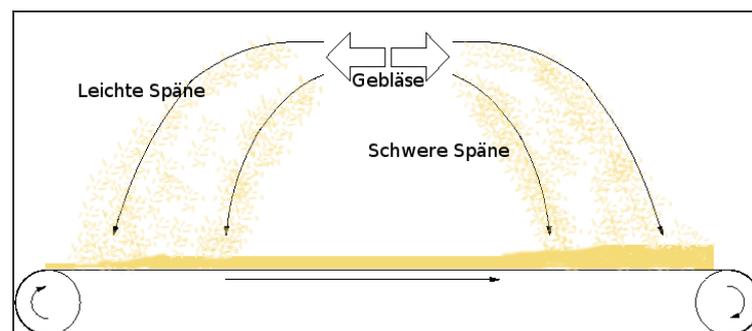


Abb. 2-1 - einer Windwurfmaschine

(Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Windwurfmaschine.png> (20.Mai 2005)(online))

Dünnsanplatten (Flachpressplatten von 2,8 bis 9mm Dicke²) werden nach dem Kalanderverfahren produziert, der Spänekuchen wird mittels eines Walzensystems auf Dicke gebracht und verpresst.

² <http://www.egger.com/int-DEU/egger-produkte-holzwerkstoffe.htm> (20.Mai 2005)(online)

2.3.2 Strangpressplatten

Die Späne liegen bei den Strangpressplatten vorzugsweise senkrecht zur Herstellungsrichtung, dies erreicht man mittels Stopfen der Späne durch einen beheizten Kanal, in dem die beleimten Partikel verklebt werden. Dieser Kanal, der die Plattendicke bestimmt, kann mit Heizröhren ausgestattet sein, es entstehen dann Röhrenspanplatten. Durch die Lage der Späne senkrecht zur Plattenebene haben diese Platten eine geringe Biegesteifigkeit in dieser Richtung. Diese Platten haben einen durchweg homogenen Aufbau.

2.4 Faserwerkstoffe

Faserwerkstoffe kennzeichnen sich durch einen homogenen Aufbau aus, der native Werkstoff Holz wird bei dieser Fertigungstechnologie noch weiter aufgeschlossen. Das Zellgefüge des Holzes wird unter Dampf (ca.175°C) und Druck erweicht und gemahlen, die entstandenen Lignocellulosefasern werden unter Anwendung von Druck und Hitze verpresst. Die Bindung der Fasern beruht laut DIN EN 316 entweder auf Verfilzung der Fasern und ihrer eigenen Verklebungseigenschaften oder auf der Zugabe von synthetischen Bindemitteln (warmhärtende Kunstharze). Die Platten werden entweder im Nass- oder Trockenverfahren verpresst.

2.4.1 Mitteldichte Faserplatten

Mitteldichte Faserplatten (medium density fiber board - MDF) werden nach dem Trockenverfahren hergestellt, d. h. die Faserfeuchte liegt beim Pressprozess unter 20%. Es erfolgt die Zugabe von synthetischen Bindemitteln. MDF hat durch die Defibrierung der Holzstruktur eine sehr feine Oberflächenstruktur, die ohne das Anbringen von Anleimern profilier-, beiz- und lackierbar ist.

2.4.2 Harte Faserplatten

Im Stadium der Plattenformung weisen diese Platten eine Feuchte von mehr als 20% auf, auf Metallsieben werden sie unter hohem Druck und Hitze verdichtet. Nach ihrer Rohdichte unterscheidet man gemäß DIN EN 316 in:

- Harte Platten (HB - Dichte \geq 900kg/m³),
- Mittelharte Platten (MB - Dichte \geq 400kg/m³ aber <900kg/m³).

2.5 Verbundwerkstoffe

Ein Verbundwerkstoff wird als „ein künstlicher, heterogener Werkstoff bezeichnet der aus mindestens zwei in ihren Eigenschaften unterschiedlichen Werkstoffen besteht.“³ Es entsteht also eine so genannte Sandwichkonstruktion, die als Verbund besondere, gewollte Eigenschaften aufweisen, so zum Beispiel höhere Steifigkeit oder eine leichtere Bauweise. Die Träger dieses Werkstoffes sind entweder Vollholz oder auch Holzwerkstoffe, unterteilt werden Verbundwerkstoffe nach der Mittellage:

- Vollholzmittellage,
- Spanplattenmittellage,
- Hohlraummittellage,
- Schaumstoffmittellage.

2.5.1 Stab- und Stäbchensperrholz

Diese Werkstoffe sind mindestens dreischichtig aufgebaut, die Mittellage differenziert nach DIN 68705-2 das Stabsperrholz (ST) vom Stäbchensperrholz (STAE):

- ST: Die Mittellage setzt sich aus 7-30mm breiten Vollholzstäben zusammen, die in der Breite verklebt oder nicht verklebt sind. Längsstöße sollten so dicht wie möglich ausgeführt sein und versetzt liegen.
- STAE: Die Mittellage besteht aus maximal 7mm breiten und hochkant gelegten Schäl furnierstreifen. Alle oder zumindest die meisten Streifen sind zu verkleben.

Als Deckschicht werden abgesperrtes oder nicht abgesperrtes Furnier, dünne Faser- sowie auch Spanplatten verwendet.

Eine Klassifizierung erfolgt laut DIN 68705-2 nach der Verklebung:

- IF - Verklebung nur beständig in Räumen mit im Allgemeinen niedriger Luftfeuchte (nicht wetterbeständig),
- AW - Verklebung beständig auch bei erhöhter Feuchtebeanspruchung (bedingt wetterbeständig).

³ ALTENBACH u. a. (1996) Seite V

2.5.2 Sandwichplatten

Der Kern der so genannten Sandwichplatten kann aus Holzwerkstoffen, Schaumstoffen (PUR-Hartschaum) oder aus Papier-, bzw. Aluminiumwaben bestehen. Als Decklagen kommen Holzwerkstoffplatten in Frage, sie müssen im Vergleich zu der Mittellage eine viel größere Festigkeit besitzen und nehmen hierbei fast die gesamte Kraft auf. Durch den Kernwerkstoff werden sie auf Abstand gehalten. Bei einem geringen Gewicht sind diese Platten daher sehr biege- und beulsteif. Die Abb. 2-2 gibt zeigt das spezifische Gewicht der einzelnen Holzwerkstoffe im direkten Vergleich.

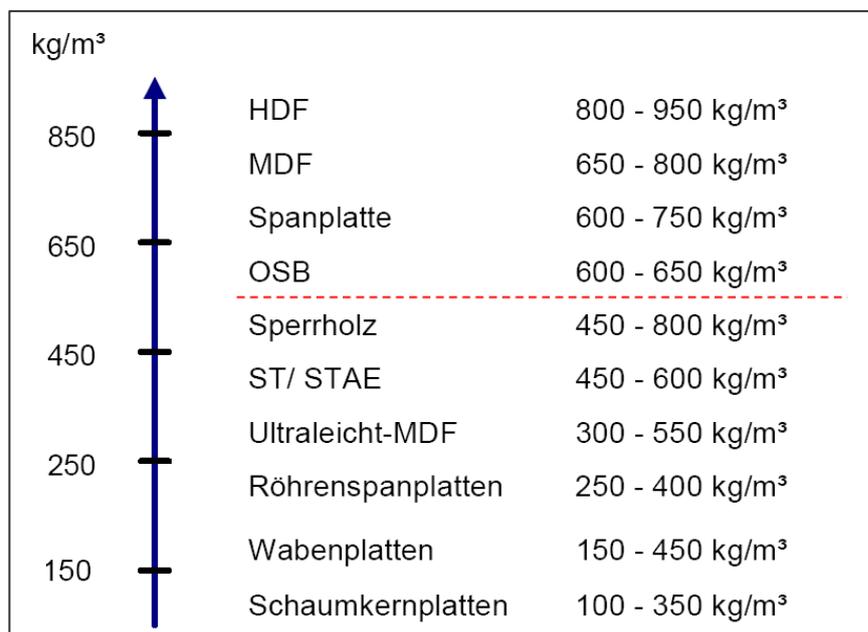


Abb. 2-2 - Klassifizierung verschiedener Plattenwerkstoffe nach ihrem Gewicht
(Quelle: Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (2005): Seite 13)

3 Einflussgrößen auf mechanische Eigenschaften

3.1 Elastizität

Die Elastizität ist die Fähigkeit, nach einer durch Krafteinwirkung resultierenden Verformung diese nach Wegfall der Belastung wieder rückgängig zu machen. Beschrieben wird diese Eigenschaft durch den Elastizitätsmodul (E-Modul) in Zug-, Druck- und Biegerichtung. Das E-Modul ist eine werkstoffabhängige Konstante und kennzeichnet die Steifigkeit eines Materials, je größer es ist, desto mehr Widerstand setzt das Material einer Verformung entgegen, bzw. desto steifer reagiert es auf eine Krafteinwirkung.

Am interessantesten für Holz und Verbundwerkstoffe ist das Biegeelastizitätsmodul (Biege-E-Modul), es lässt sich „zu etwa 2/3 aus der Darrdichte des Holzes erklären“⁴, den restlichen Einfluss muss man den Strukturmerkmalen zuordnen, wobei es parallel zur Faser etwa 12-fach so groß ist wie quer zur Faser.

3.2 Schubmodul

Der Schubmodul kennzeichnet den Widerstand eines Stoffes gegenüber einer Scherverformung, wenn auf ihn eine Kraft tangential angreift. Man spricht von einer Schubbelastung, wenn sich aufeinander liegende Schichten innerhalb eines Werkstoffes gegeneinander verschieben. Aber auch bei einer Biegebelastung tritt eine Scherbelastung auf, besonders bei einem großen Unterschied in der Festigkeit der Deck- und Mittellagen.

3.3 Zeitstandfestigkeit

Bei der Zeitstandfestigkeit oder dem „Kriechen“ handelt es sich in der Werkstoffkunde um die temperatur- und zeitabhängige Verformung von Werkstoffen oder Werkstoffverbunden bei langfristig wirkender mechanischer Belastung. Dieser Prozess läuft dabei in drei Phasen ab:

- Primärkriechen - Die Kriechverformung steigt stetig, die Moleküle richten sich aus und strecken sich. Erste Mikrobrüche sind festzustellen.
- Sekundärkriechen - Die Kriechverformung wird stabilisiert.
- Tertiärkriechen - Wenn sich die Spannung weiter erhöht, steigt die Kriechverformung progressiv an und es kommt zum Bruch.

⁴ <http://www.treeland.de> (Zugriff am 26.05.2005)

Bei zunehmendem Aufschluss der Struktur steigt sie mit folgendem Verhältnis:

$$\text{Vollholz} : \text{Spanplatten} : \text{Faserwerkstoffe} = 1 : 4 : 5^5$$

Außerdem wirkt sich die Faserrichtung auf die Zeitstandfestigkeit aus, parallel zur Faser ist sie etwa 8-fach höher als senkrecht dazu. Die Abb. 3-1 zeigt anschaulich, welchen Einfluss der Faktor Zeit auf die elastomechanischen Eigenschaften ausübt, schon nach einer Stunde Lasteinwirkung ist die Festigkeit des Materials nur noch zu etwa 2/3 gegeben. Auch das Klima wirkt sich auf das Kriechen aus, je mehr Feuchte enthalten ist, desto größer ist die Kriechverformung.

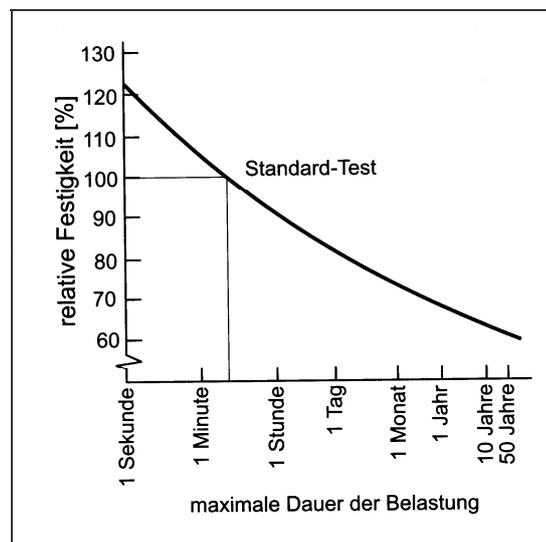


Abb. 3-1 - Einfluss der Lasteinwirkungsdauer
(Quelle: DUNKY, NIEMZ (2002): Seite 54)

3.4 Klebstoffe

Verwendet zur Verklebung von Verbundwerkstoffen werden organische Bindemittel, die duroplastischen Kunstharzbindungen. Der Vorteil gegenüber den thermoplastischen Kunststoffbindungen liegt in der chemischen Aushärtung, die Klebung ist deutlich fester sowie feuchte- und temperaturbeständiger.

Harnstoffharz (UF) wird am häufigsten verwendet, da es das beste Preis-Leistungs-Verhältnis hat, jedoch reichen die Feuchtebeständigkeit und die Festigkeitseigenschaften nicht für alle Verwendungszwecke aus.

Melaminharz (MF) bildet nach dem Abbinden eine wabenförmige Struktur und bringt somit mehr Stabilität in die Verbindung. Der Vorteil dieser Verleimung sind die hellen

⁵ Vgl. DUNKY, NIEMZ (2002): Seite 66

Klebefugen, die Feuchtebeständigkeit lässt sich durch Zumischen von Phenolharz verbessern.

Phenolharz (PF) wird standardmäßig zur Herstellung von feuchtebeständigen Verleimungen benutzt, auch die Festigkeitseigenschaften sind sehr gut. Nachteilig ist die dunkle Klebfuge, die sich bei dünnen, hellen Furnieren (z. B. Ahorn) abzeichnen kann. Ferner bewirkt diese Art der Verklebung, dass der Werkstoff Wasser anzieht, der Fasersättigungspunkt wird schon bei 90% relativer Luftfeuchte erreicht, die Ausgleichsfeuchte liegt bei etwa 60% (zum Vergleich: UF: ca. 40%; Vollholz & PMDI etwa 30%). Das wiederum begünstigt das Kriechverhalten phenolharzgebundener Platten.

Isocyanate (PMDI) gehen eine chemische Bindung sowohl mit dem Lignin als auch mit der Cellulose ein, es lässt sich Material einsparen und die elastomechanischen Eigenschaften werden verbessert. Feuchtebeständige Verklebungen sind möglich.

3.5 Beplankungsgrad

Der Schichtaufbau und insbesondere der Beplankungsgrad (Verhältnis der Deckschichtdicke zur Mittellagendicke) haben eine hohe Bedeutung in Bezug auf den E-Modul und die Festigkeit einer Platte.

Für den Aufbau eines 3-schichtigen Werkstoffes gilt dabei folgender Zusammenhang: ⁶

$$E_{PL} = E_{De} \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{E_{Mi}}{E_{De}} \right) \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot a_{De}}{a_{Pl}} \right)^3 \right]$$

E_{Pl} -	E-Modul der Platte in N/mm ²
E_{De} -	E-Modul der Deckschicht in N/mm ²
E_{Mi} -	E-Modul der Mittelschicht in N/mm ²
a_{De} -	Dicke der Decklage in mm
a_{Pl} -	Dicke der Platte in mm

[3-1]

Diese Gleichung zeigt, den größten Einfluss übt das Beplankungsverhältnis

$\lambda = \frac{2 \cdot a_{De}}{a_{Pl}}$ aus, da der Faktor $(1 - \lambda)$ in der 3. Potenz steht. Je kleiner diese Zahl ist,

desto weniger unterscheidet sich das E-Modul der Platte vom E-Modul des Deckschichtmaterials. Dieser Faktor wird klein, für λ gleich nahezu 1, wenn also die Dicken der unteren und oberen Deckschicht zusammen fast der Dicke der Platte entspricht.

⁶ Vgl. DUNKY, NIEMZ (2002): Seite 14

Weniger Einfluss hat laut dieser Gleichung der Unterschied der E-Module der Materialien, gleichwohl je kleiner $\left(1 - \frac{E_{Mi}}{E_{De}}\right)$ ist, desto näher ist das Elastizitätsmodul der Platte dem des Deckschichtmaterials, also je kleiner der Unterschied zwischen den E-Modulen der Werkstoffe ist. Dieser Faktor zeigt, dass sich diese Formel auch auf im Querschnitt homogene Platten (z. B. Vollholzplatten) anwenden lässt, aufgrund des gleichen E-Moduls über den gesamten Querschnitt ergibt sich $(1-1)=0$ und somit $E_{Pl} = E_{De} \cdot [1 - 0] = E_{De}$.

4 Anwendung der Einflussgrößen

4.1 Vollholzwerkstoffe

Die Abb. 4-1 verdeutlicht den Einfluss der vollständigen Strukturzerlegung auf die Festigkeitseigenschaften. Holz hat somit in seiner nativen Struktur die größte Selbstaussteifung.

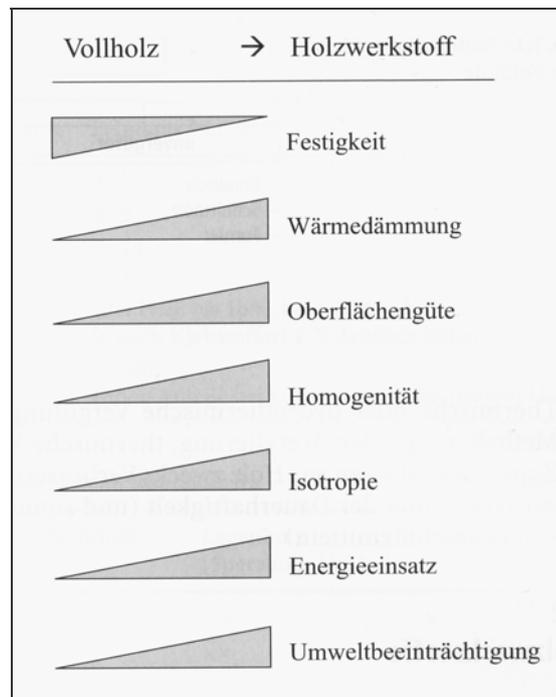


Abb. 4-1 - Einfluss der Strukturauflösung
(Quelle: DUNKY, NIEMZ (2002): Seite 6)

Jedoch besteht bei Vollholzprodukten das Problem, dass diese Eigenschaften stark von der Anisotropie abhängig sind, das E-Modul steht bei Laubholz in folgendem Verhältnis:

$$\text{Tangential} : \text{radial} : \text{axial} = 1 : 1,7 : 13; \text{ bei Nadelholz sogar } 1 : 1,7 : 20^7.$$

Es ist also bei der geplanten Verwendung von reinen Vollholzwirkstoffen darauf zu achten, in welcher Richtung die Hauptbeanspruchung liegt, so sollte dann auch die Faser verlaufen. Reine Vollholzplatten eignen sich also hauptsächlich nur für eine zweiseitige Einspannung zur Kraftaufnahme.

Mehrschichtige Massivholzplatten können hingegen hohe Biegebelastungen auch senkrecht zur Faserrichtung der Deckschicht aufnehmen.

⁷ Vgl. DUNKY, NIEMZ (2002): Seite 9

Ein weiterer Nachteil der SWP besteht darin, dass zwar grobe festigkeitsmindernde Wuchsfehler (z. B. Äste) herausgetrennt werden können, aber sich daraus auch ein relativ großer Verschnitt ergibt. Ferner übt jeder belassene Ast eine relativ große Festigkeitsminderung hervor, da er aufgrund der breiten Schichten einen großen Querschnittsanteil hat. Ein Fehler im Holz wirkt sich somit extrem auf die elasto-mechanischen Eigenschaften der gesamten Platte aus.

Betrachtet man diesen Werkstoff von der optisch-ästhetischen Seite im Hinblick auf seine Verwendung im Innenausbau, erkennt man weitere Einsatzgrenzen. Aufgrund der vorwiegend industriellen Herstellung lassen sich die einzelnen Lamellen nicht nach Faserrichtung oder der Textur sortieren, es kann ein sehr unruhiges Oberflächenbild entstehen, das bei grob-gemaserten Hölzern besonders auffällt, sind die Lamellen auch in der Länge gestoßen, wird dieser negative Effekt noch verstärkt.

Aufgrund dieser Verleimung entsteht ein weiteres Problem. Da die Holzleisten willkürlich aneinandergesetzt sind, zeichnen sich aufgrund des unterschiedlichen Quell- und Schwindverhaltens die Stöße ab, besonders bei Hochglanz-Oberflächen fallen diese Versätze besonders auf. Auch lassen sich diese Werkstoffe aus diesem Grund nicht furnieren, wenn man das Oberflächenbild ästhetischer gestalten wollte.

Deutlich verbessern könnte man diesen Werkstoff, wenn man die Lamellen vor dem Verleimen sortieren würde, zum Einen nach der Festigkeit um die festeren und somit auch biegesteiferen Bretter in den Außenlagen zu verwenden, wo die Zug- und Druckkräfte aufzunehmen sind, die aus einer Biegebeanspruchung resultieren. Zum anderen lassen sich durch die Einschnittrichtung der Hölzer die elastomechanischen Reaktionen verbessern, nutzt man für die äußeren Schichten Lamellen, die mit dem Riffschnitt eingesägt sind. Aufgrund der stehenden Jahresringe kommt es zu einer deutlichen Erhöhung der Formbeständigkeit, außerdem wird das Holzbild so gleichmäßiger, wenn auch schlicht.

4.2 Furnierschichtwerkstoffe

Auch bei den Furnierwerkstoffen ist die Festigkeit und somit die Biegesteifigkeit nicht vermindert. Genau wie bei den Massivholzplatten sind die elastomechanischen Eigenschaften von dem anisotropen Verhalten des Holzes und damit vom Faser-Last-Winkel abhängig. Man sollte also für jeden Anwendungszweck die voraussichtlichen Kräfte ermitteln und je nach Konstruktionsanforderung den Einsatz einer der unterschiedlichen Furnierschichtwerkstoffe vorsehen. Abb. 4-2 zeigt den Einfluss des Schichtaufbaus auf den Winkel, mit dem die Kräfte aufgenommen werden können.

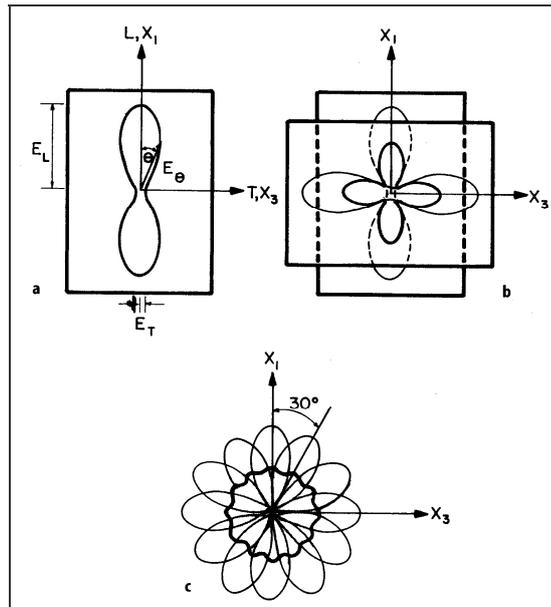


Abb. 4-2 - Polardiagramm des E-Moduls von Furnierschichtplatten
(Quelle: DUNKY, NIEMZ (2002): Seite 34)

In (a) ist Furnierschichtholz abgebildet, angreifende Kräfte können nur in Faserrichtung abgeführt werden, dieser Werkstoff ist nur für eine Lagerung an den zwei gegenüberliegenden Längsseiten sinnvoll.

Bild (b) zeigt den E-Modulverlauf von Sperrholz, Kräfte können hier auch rechtwinklig zur Faserrichtung durch die kreuzverleimten Schichten aufgenommen werden. Diese Platten sind orthogonal isotrop und eignen sich für eine allseitige Lagerung.

Die Darstellung (c) verdeutlicht die Unabhängigkeit des Winkels der Lasteinwirkung von der Lage der Platte bei Sternholz. Bezogen ist dieses Polardiagramm auf eine Platte, in der die Schichten mit je einem Winkel von 30° zueinander verklebt sind. Dieser Werkstoff verhält sich nahezu isotrop bezogen auf die elastomechanischen Eigenschaften und ist für Anwendungen günstig, bei denen Kräfte oder Biegebeanspruchungen in alle Richtungen gleich stark abgeleitet werden müssen.

Gegenüber den SWP haben alle Furnierschichtwerkstoffe den großen Vorteil, dass sich durch die relativ dünne Schichtdicke eventuelle Wuchsfehler (z.B. Äste) nicht mehr an einer Stelle auf dem ganzen Querschnitt konzentriert, sondern sich in der gesamten Platte auf die Dicke verteilt und somit deutlich an Einfluss verliert.

Die Festigkeitseigenschaften hängen deutlich von den Eigenschaften der Decklagenfurniere ab, durch den Herstellungsprozess werden die äußeren Schichten beim Verpressen leicht verdichtet. Außerdem werden die einzelnen Schichten durch den höheren Bindemittelanteil untereinander weiter versteift und die angreifenden Kräfte

können besser weitergeleitet und aufgenommen werden. Bei Hölzern mit geringer Rohdichte besteht also die Möglichkeit, die einzelnen Lagen dünner zu gestalten um somit mehr Schichten zu erhalten. Die Furnierschichtplatten haben eine höhere Dimensionsstabilität als Vollholzwerkstoffe.

Der nächste günstige Aspekt bezogen zu den Massivholzplatten besteht in der Gestaltungsmöglichkeit der Oberfläche. Durch den Einsatz von Furnieren entsteht keine Optik von relativ dünnen Holzlamellen, die Furnierblätter können sortiert und nach Textur zusammengelegt werden. Auch können sich durch den plattenparallelen Schichtaufbau keine Absätze abzeichnen.

4.3 Spanwerkstoffe

Bei den Spanwerkstoffen ist die native Struktur des Holzes weitgehend aufgelöst, das Material ist homogenisiert. Der Einfluss der Lasteinwirkungsrichtung spielt keine große Rolle mehr. Nur aufgrund des Herstellungsverfahrens werden die einzelnen Partikel in Längs-, bzw. Herstellungsrichtung gestreut und es ergibt sich in dieser Richtung höhere elastomechanische Eigenschaften von etwa 10%.

Jedoch nimmt mit zunehmendem Aufschluss der Struktur die Kriechverformung zu, bei Spanplatten häufen sich zudem die Mikrobrüche nach der plastischen Verformung bei zunehmender Feuchte. Dieser Effekt tritt besonders bei der Verwendung von Phenolharzen auf, da dieser hygroskopisch wirkt. Die Kriechverformung, bzw. die größer werdende Verformung bei konstanter Last, steigt also bei Feuchtezunahme, die man mit einer allseitig geschlossenen Oberflächenbeschichtung eindämmen kann. Aber sie nimmt auch mit der Zeit sowie einer Erhöhung der Last zu.

Größere Späne bewirken größere Festigkeiten, besonders eine Erhöhung der Spangröße in den Deckschichten würde zu einem Anstieg der Biege- und Zugfestigkeit sowie dem E-Modul führen. Jedoch wird für die weitere Oberflächenveredelung eine möglichst porenfreie, glatte Deckschicht (Späne mit einer Größe von etwa 1mm zeichnen sich bereits bei dünnen Furnieren ab) mit einer hohen Rohdichte benötigt. Diese technologischen Eigenschaften gehen zu Lasten der Biege- und Festigkeitseigenschaften.

Verbessern lassen sich die elastomechanischen Eigenschaften mit einer höheren Rohdichte, dafür werden beim Herstellungsprozess jedoch größere Pressdrücke erforderlich, einem höheren Bindemittelanteil, aber auch durch ausgerichtete Späne. Orientiert man bei der Streuung die Späne (elektrostatisch oder durch mechanische Hilfsmittel), ist die Festigkeit in dieser Belastungsrichtung deutlich höher. Rechtwink-

lig dazu nehmen die Eigenschaften jedoch dementsprechend ab, dieses Verfahren ist also nur nützlich, wenn die Platte im speziellen Anwendungsfall Belastungen nur in einer Richtung aufzunehmen hat.

Der Vorteil der Spanplatten besteht darin, dass die Holzvorräte vollständiger ausgenutzt werden, außerdem lässt sich die Oberfläche durch individuelle Furnierbilder frei gestalten. Positiv beeinflussen lässt sich die Biegefestigkeit durch nachträglicher Beplankung mit Faserplatten oder dünnen Spanplatten höherer Rohdichte, dieser Weg ist jedoch relativ aufwendig, da zwei Arbeitsschritte nötig sind um eine Platte herzustellen. Auch hier muss für den Einsatzzweck das richtige Verhalten von Aufwand zu Nutzen kalkuliert werden.

Strangpressplatten finden im Innenausbau keine Anwendung, wenn Biege- oder Zugkräfte aufgenommen werden müssen, da die Späne aufgrund der Herstellungstechnologie senkrecht zur Plattenebene liegen. Demzufolge besitzen diese Platten über die Dicke die besten Eigenschaften, parallel zur Plattenebene sind sie jedoch am ungünstigsten.

4.4 Faserwerkstoffe

Hier ist die Holzstruktur noch weiter aufgeschlossen, die elastomechanischen Eigenschaften nehmen noch mehr ab. Im gleichen Zug steigt die Neigung zu Kriechverformungen, zum einen weil die native Holzstruktur nur noch zerfasert vorliegt, zum anderen da in Faserplatten aufgrund der Faserbindung der Bindemittelanteil noch geringer ist als bei den Spanplatten. Die Festigkeits- und Biegeeigenschaften resultieren hauptsächlich auf der höheren Rohdichte (siehe Abb. 2-2). Der Abb. 4-3 kann man des Weiteren entnehmen, dass sich das Rohdichteprofil über den Plattenquerschnitt im Vergleich zu den Spanwerkstoffen deutlich negativ auf das E-Modul der gesamten Platte auswirkt, da die Dichte der Deckschicht maßgeblich die Biege- und Festigkeitseigenschaften bestimmt.

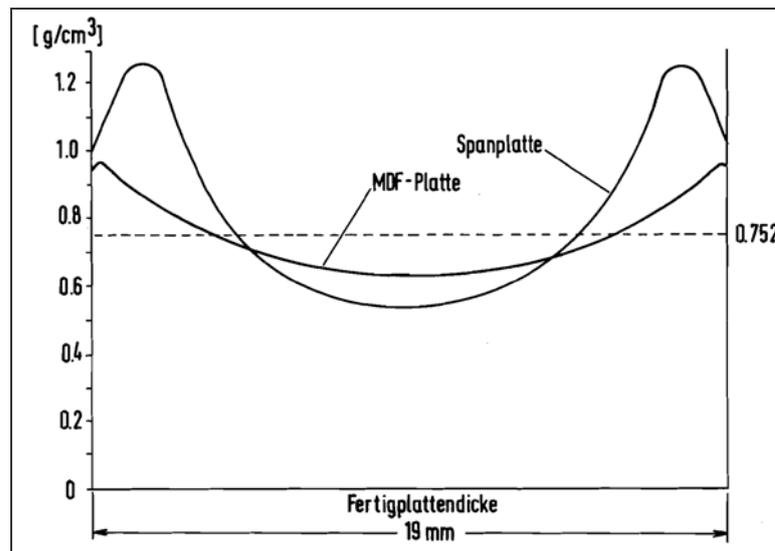


Abb. 4-3 - Rohdichteprofil von Spanplatte und MDF-Platte
(Quelle: PAULITSCH (1989): Seite 236)

Von den Gestaltungsmöglichkeiten bieten die Faserplatten jedoch den größten Gestaltungsspielraum, so lassen sich die Schmalflächen problemlos profilieren und beizen. Aufgrund der homogenen Struktur sowie der feinen Oberfläche lässt sich MDF auch ohne vorherige Beschichtung glänzend lackieren. Auch lässt es dieser Werkstoff zu, ihn zu furnieren, um eine individuelle Oberfläche zu erhalten. Die Schmalflächen müssen dafür nicht mit einem Ein- oder Umleimer versehen werden.

4.5 Verbundwerkstoffe

Stab- und Stäbchensperrholz können wie Sperrhölzer Kräfte in Faserrichtung und senkrecht dazu, also in Richtung der Mittellage, aufnehmen. Dabei schwächt der Einfluss des Deckfurnieres mit zunehmender Mittellagenstärke ab. So lassen sich Platten konstruieren, die entweder in beide Richtungen gleich belastbar sind oder aber eine Hauptlastrichtung haben. Stabplatten sind dabei den Stäbchenplatten bezüglich der elastomechanischen Eigenschaften etwas unterlegen, zum einen sind die Lamellen breiter und der Bindemittelanteil somit deutlich geringer, der die Leisten versteift. Zum anderen müssen die Lamellen der Mittellage laut DIN 68705-2 nicht verklebt sein, somit würde keine Kraftübertragung und -ableitung in der Platte gegeben sein. Der Händler *moralt-tischlerplatten*⁸ gibt beispielsweise an, die Mittellagen dennoch zu verleimen. Verbessern bezüglich der Biegesteifigkeit könnte man die Stabplatten, indem man entweder keine Längsstöße zulässt oder sie längs verleimt (z. B. keil-

⁸ <http://www.moralt-tischlerplatten.de> (Zugriff am 01.06.2005)(online)

gezinkt). Somit wäre eine Krafterfassung über die gesamte Plattenebene gegeben. Die Mittellage der Stäbchenplatte muss, zumindest größtenteils, untereinander verleimt sein. Aufgrund des relativ hohen Bindemittelanteils ergibt sich so eine sehr biegesteife Platte. Ein weiterer Nachteil der Stabplatten besteht in der Sortierung der Holzleisten, aufgrund der industriellen Fertigung werden sie willkürlich aneinander verleimt und können sich dann wegen der unterschiedlichen Schwind- und Quellrichtungen auf der Plattenoberfläche abzeichnen.

Die so genannten Sandwichplatten, also Platten mit einer Mittelschicht aus Hart- schaum oder Papier-, bzw. Aluminiumwaben lassen einen großen Gestaltungsspiel- raum zu. Auch hier werden die Festigkeitseigenschaften maßgeblich von den Eigen- schaften der Decklagenfurniere bestimmt. Die Abb. 4-4 verdeutlicht diese Aussage.

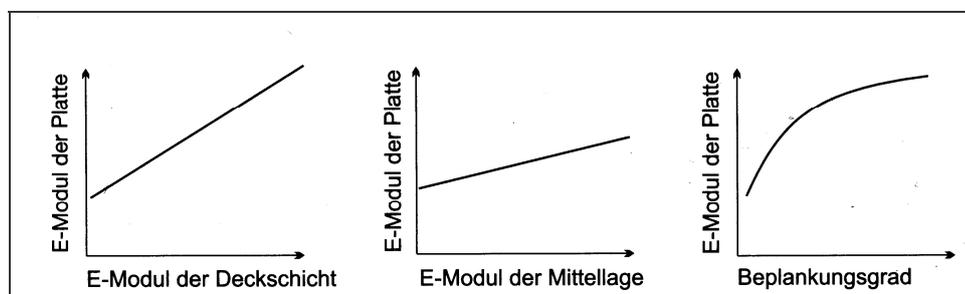


Abb. 4-4 - Einflussfaktoren auf die Eigenschaften von Verbundwerkstoffen
(Quelle: DUNKY, NIEMZ (2002): Seite 26)

Besonders der Beplankungsgrad λ wirkt sich bestimmend auf die Eigenschaften der Platte aus. Sieht man dabei von Vollholz vor, ist allerdings die Dicke technologisch eingegrenzt, da das Schäl furnier ab etwa 3mm zu große Schälrinne aufweist. Alternativ lassen sich als Deckschichten auch Furnierschichtwerkstoffe einsetzen, bei denen die Stärke technologisch nicht eingegrenzt ist. Andere Holzwerkstoffe, wie Flachpressplatten oder Faserplatten, sind als Deckschicht zwar auch denkbar und auch möglich, jedoch besteht dann das Problem in den Biegesteifigkeitseigenschaften. Diese Holzwerkstoffe müssten etwas dicker geplant werden, um das E-Modul von Vollholz oder Furnierplatten zu erreichen, da der Schaum oder die Waben in der Mittellage keine großen E-Moduln haben. Das hätte zur Folge, dass die Platte wieder an Gewicht zunimmt, welches durch den Einsatz der Leichtmaterialien eingespart werden sollte. Es muss also wieder für den speziellen Verwendungszweck die aufzunehmenden Lasten ermittelt werden, um die erforderliche Deckschichtstärke für die gewünschte Plattendicke zu ermitteln, damit das Gewicht der Platte so minimal wie möglich gehalten wird. Dabei kann die gesamte Platte angreifende

Kräfte stets nur in der Richtung aufnehmen, in der die Materialien der Außenschichten diese Belastungen abführen können.

Aufgrund ihres Aufbaus besitzen die Sandwichplatten ein breites Anwendungsspektrum. Sie werden eingesetzt, wo es zum Beispiel darum geht, die gesamte Inneneinrichtung mit möglichst wenig Kraftaufwand und Energieeinsatz in Bewegung zu versetzen (z. B. die Einrichtung einer Jacht). Ein weiteres Anwendungsfeld ist dem Trend geschuldet, Möbel mit besonders breiten Korpussteilen zu konstruieren. Platten mit Schaumstoff- oder Wabenkern bieten die großen Vorteile, dass diese Möbel trotzdem noch zu transportieren und zu bewegen sind. Außerdem machen diese Platten aufgrund ihres geringen Gewichts aufwendige Unterkonstruktionen überflüssig, die bei anderen Werkstoffen unabdingbar wären. Es ist so einfacher möglich, die Konstruktion und Verbindung weitgehend unsichtbar zu gestalten.

Ein Problem dieses Werkstoffes sind die Verbindungsmittel. Da die Deckschicht relativ dünn ist, aber auch die einzige Möglichkeit bietet, Schrauben Halt zu geben. Laut Angabe des Beschlaglieferants *hettich*⁹ sind spezielle Beschläge für Sandwichplatten bereits vollständig entwickelt, werden aber noch nicht in Serie produziert, weil noch keine entsprechende Nachfrage vorhanden ist.

⁹ Lt. Vortrag Fa. Hettich am 15. Juni 2005 in der BA Dresden

5 Resümee und Ansatzpunkte für weitere Untersuchungen

Einen perfekten Plattenwerkstoff, der pauschal überall eingesetzt werden kann, gibt es nicht. Materialien müssen dafür zu vielseitig eingesetzt werden. Vielmehr sollte man für jede Konstruktion individuell kalkulieren, welcher der Werkstoffe in welcher Zusammensetzung zum Einsatz kommen soll. Die Materialien sind dabei so zu wählen, dass sie mit den Mindestanforderungen die günstigste Variante darstellen. Dafür sind alle am System angreifenden Kräfte mit Anzahl, Art, Lage und Winkel, sowie Biegebeanspruchungen, insbesondere Dauerbelastungen, mit ihrem Winkel zur Plattenebene und ihrem Angriffspunkt genau zu ermitteln. Anhand dieses Anforderungskataloges kann man nun Werkstoffe auswählen, die diesem statischen Anspruch entsprechen. Wird zum Beispiel von einer großen, ständigen Last ausgegangen, sind Vollholzprodukte aufgrund der höheren Belastbarkeit in Betracht zu ziehen.

Muss jedoch nur das Eigengewicht getragen werden (z.B. bei Wand- und Deckenverkleidungen) oder ist nur von kleineren elastomechanischen Belastungen auszugehen (z.B. Korpusteile, bedingt auch Regalböden), sind Span- oder Faserplatten sinnvoller. Aufgrund ihres minimalen Schwind- und Quellverhaltens gegenüber dem Vollholz steht der optisch-ästhetischen Gestaltung größerer Spielraum offen. Furnierbilder können auftragsspezifisch ohne großen Verschnitt zu einem fortlaufenden Bild zusammengefügt werden. Jedoch müssen hier auch alle sichtbaren Schmalflächen in einem zusätzlichen Arbeitsgang bearbeitet werden, sei es das Aufleimen eines Vollholz- oder Dekorleimers oder das Füllen der Poren bei MDF. Problematisch ist bei diesen Platten das relative große Kriechverhalten.

Eine interessante Alternative bieten Sandwichplatten, sei es mit Schaum- oder Wabenmittellage. Im Verhältnis zu ihrem geringen Eigengewicht haben sie gute Biege- und Festigkeitseigenschaften, außerdem wirken diese Verbundplatten aufgrund ihrer porösen Mittellage noch schall- und wärmedämmend. Je nach Anwendungszweck besteht die Möglichkeiten durch Wahl einer entsprechenden Deckschicht, möglich sind Schäl furniere, Furnierschichtwerkstoffe, dünne Span- oder Faserwerkstoffe, die Eigenschaften der Platte gezielt zu variieren und einzustellen, dass bei einem geringst möglichen Gewicht alle nötigen Anforderungen erfüllt werden. Alle sichtbaren Schmalflächen dieser Platten müssen aber vor dem Aufbringen einer Schmalfläche mit einem Einleimer versehen werden, bei Werkstoffen mit einer Mittelschicht aus Hartschaum können Vollholzanleimer mit dem geeigneten Klebstoff direkt aufgebracht werden.

Mit Hilfe der relativ großen Auswahl dieser „Standard“-Plattenwerkstoffe sind sehr viele Gestaltungsmöglichkeiten offen und für fast alle Anwendungen im Innenausbau ein passender Werkstoff mit seinen spezifischen Eigenschaften vorhanden. Nur wenn noch höhere Ansprüche an die Festigkeiten und Steifigkeiten bestehen, sollte man die Kombination mit noch steiferen Materialien vorsehen. So besteht zum Beispiel die Möglichkeit, Stahl- oder Aluminiumbleche als Beplankung in den vorhandenen Werkstoff zu verwenden oder Profile in die Platte einzulassen. Dadurch entsteht allerdings ein erheblich erhöhter Arbeitsaufwand, zudem entstehen höhere Kosten für die Verklebung. Eine erhebliche Erhöhung des Biegeverhaltens und der Festigkeit erhält man, wenn vorhandene Werkstoffe mit einer Glasfaser-Polyester-Beplankung versehen werden. Auch wird dadurch die Feuchteaufnahme und somit das Kriechverhalten deutlich verringert. Aber auch hier entstehen relativ hohe Kosten für die Verklebung, da diese Werkstoffe nicht in Massenfertigung hergestellt werden, weil die meisten Anwendungsgebiete der Inneneinrichtung die so gewonnenen Platteneigenschaften nicht rechtfertigen.

Literatur- und Quellenverzeichnis

ALTENBACH, H. u. a. (1996): Einführung in die Mechanik der Laminat- und Sandwichtragwerke – Modellierung und Berechnung von Balken und Platten aus Verbundwerkstoffen; Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie Stuttgart (1996)

DUNKY, M./ NIEMZ, P. (2002): Holzwerkstoffe und Leime - Technologie und Einflussfaktoren; Springer-Verlag Berlin (2002)

PAULITSCH, M. (1989): Moderne Holzwerkstoffe - Grundlagen, Technologie, Anwendungen; Springer-Verlag Berlin (1989)

Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (April 2005) : Wabenplatten für den Möbelbau (Forschungsbericht 2005 / 2)

DIN 68705, Teil 2: Stab- und Stäbchensperrholz für allgemeine Zwecke

DIN EN 310: Holzwerkstoffe: Bestimmung des Biege-Elastizitätsmodul und der Biegefestigkeit

DIN EN 316: Faserplatten: Definition, Klassifizierung und Kurzzeichen

DIN EN 636: Sperrholz: Anforderungen

DIN EN 12775: Massivholzplatten: Klassifizierung und Terminologie

DIN EN 14279: Furnierschichtholz (LVL): Definitionen, Klassifizierung und Spezifikationen

O. V.: <http://www.mordhorst-hamburg.de> (20. Mai 2005)(online)

O. V.: <http://www.moralt-tischlerplatten.de> (01. Juni 2005)

O. V.: <http://www.egger.com/int-DEU/egger-produkte-holzwerkstoffe.htm> (20. Mai 2005)(online)

O. V.: <http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Windwurfmaschine.png> (20.Mai 2005)(online)

O. V.: <http://www.treeland.de> (26.Mai 2005)(online)

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 2-1 - einer Windwurfmaschine	8
Abb. 2-2 - Klassifizierung verschiedener Plattenwerkstoffe nach ihrem Gewicht	11
Abb. 3-1 - Einfluss der Lasteinwirkungsdauer	13
Abb. 4-1 - Einfluss der Strukturauflösung	16
Abb. 4-2 - Polardiagramm des E-Moduls von Furnierschichtplatten.....	18
Abb. 4-3 - Rohdichteprofil von Spanplatte und MDF-Platte.....	21
Abb. 4-4 - Einflussfaktoren auf die Eigenschaften von Verbundwerkstoffen	22