

Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Hamburg

Leuschnerstraße 91, 21031 Hamburg

Arbeitsbericht

Des Institut für Holzphysik und mechanische Technologie des Holzes

Nr. 2001/02

Mai 2001

EIGENSCHAFTEN UND EINSATZPOTENTIALE NEUER HOLZWERKSTOFFE IM BAUWESEN

von

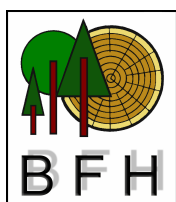
K. Kruse, D. Venschott

Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft

und die

Ordinariate für Holzbiologie,
Holztechnologie und Weltforstwirtschaft der

UNIVERSITÄT HAMBURG



E-Mail: KKruse@holz.uni-hamburg.de

Tel: 040 / 739 62-601

Fax: 040/ 739 62-480



BFH (Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft)

Leuschnerstraße 91

21031 Hamburg

Alle Rechte vorbehalten, insbesondere die des Abdruckes, der fotomechanischen Wiedergabe, der Eingabe in elektronische Systeme und der Übersetzung in fremde Sprachen.

Die im folgenden vorgestellten Untersuchungen wurden im Jahr 2000 am Institut für Holzphysik und mechanische Technologie des Holzes der BFH (Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft) in enger Zusammenarbeit mit dem Ordinariat für Holztechnologie der Universität Hamburg durchgeführt. Die schriftlichen Ausführungen basieren vorrangig auf der Diplomarbeit von Herrn Venschott.

Wichtige Abschnitte der Untersuchungen wurden in intensiver Kooperation mit der Holzwirtschaft erarbeitet. Stellvertretend für die Vielzahl beteiligter Unternehmen möchten wir an dieser Stelle folgenden Firmen danken:

- Archplan, Münster
- Egger, Wismar
- Finnforest, Köln
- Glunz, Göttingen
- Haacke Haus, Celle
- Holzbau Gehrman, Hoisdorf
- Holzcon, Buxtehude
- Kronopol, Zary
- Meyer Holzbau, Hamburg
- Pohlmann & Partner, Kiefen
- TJM Europe, Oelber
- Trend Holz, Heilbronn
- Zimmerleutekollektiv, Hamburg

Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht werden Eigenschaften, Einsatzgebiete und Einsatzpotentiale neuer Holzwerkstoffe im Bauwesen untersucht und vorgestellt.

Zunächst werden die Entwicklungsgeschichten und Herstellungsprozesse neuer Holzwerkstoffe (z.B. OSB, diffusionsoffene MDF-Platten, mehrschichtige Massivholzplatten, Furnierschichtholz, Spanstreifenholz, Furnierstreifenholz und Trägersysteme) dargestellt. Anschließend wird auf relevante rechtliche Aspekte für neue Holzwerkstoffe im Bauwesen eingegangen (DIN 1052, Eurocode 5, weitere).

Der Vergleich technischer Eigenschaften sowie durch Gegenüberstellung der Preis-Leistungsverhältnisse neuer Holzwerkstoffe mit traditionellen Produkten (z.B. Spanplatte, Baufurniersperrholz, Brettschichtholz) wird die Konkurrenzsituation neuer und traditioneller Werkstoffe für das Bauwesen aufgezeigt. Hierbei ist festzustellen, daß die Preis-Leistungsverhältnisse neuer Holzwerkstoffe (z.B. Furnierstreifenholz, Langspanholz) vielfach ungünstiger ausfallen als die traditioneller Produkte (z.B. Konstruktionsvollholz, Brettschichtholz) wofür vorrangig die derzeit hohen Verkaufspreise ursächlich sind. Lediglich OSB zeigt deutliche Vorteile gegenüber Konkurrenzprodukten wie z.B. Baufurniersperrholz.

In einer schriftlichen Befragung von Herstellern (Holzwerkstoffindustrie) und Verwendern (Zimmereibetriebe, Fertighausindustrie, Architekten, Bauingenieure) neuer Holzwerkstoffe im Bauwesen sowie in vertiefenden Interviews mit Vertretern dieser Gruppen wurden detaillierte Erkenntnisse über Einsatzgebiete, Einsatzmengen und das Image der untersuchten Holzwerkstoffe gewonnen. Die Untersuchung ergab, daß sich OSB im Bauwesen bereits etabliert hat und vor allem in handwerklichen Betrieben einen sehr guten Ruf genießt. Die sich aus den Preis-Leistungsverhältnissen ergebenden Nachteile der *Engineered Wood Products* Furnierstreifenholz und Langspanholz wurden in der Befragung sowohl von Zimmereibetrieben als auch von der Fertighausindustrie bestätigt. Demnach besteht Handlungsbedarf, neben der Verfügbarkeit vor allem die Preissituation dieser Produkte zu verbessern. Die befragten Gruppen kamen übereinstimmend zu dem Schluß, daß die alleinige Verbesserung bestimmter Produkteigenschaften, des Preises oder der Verfügbarkeit der Werkstoffe nicht ausreicht, um die Einsatzmengen der untersuchten Baustoffe zu steigern. Für eine deutliche Steigerung der Einsatzmengen neuer Holzwerkstoffe im Bauwesen ist es notwendig, das Image des Holzhausbaus in Deutschland grundsätzlich zu verbessern. Insbesondere die Planer (Architekten) als Schnittstelle zum Bauherren müssen verstärkt über die Eigenschaften und Einsatzgebiete der neuen Produkte informiert werden. Gleichzeitig müssen die neuen Holzwerkstoffe in die zur Zeit geltenden Normen für den Holz-

bau aufgenommen werden, um den Einsatz dieser Produkte zu erleichtern. In diesem Zusammenhang wird großes Augenmerk auf die Überarbeitung der bestehenden DIN 1052 gerichtet.

Die Befragung der Hersteller und Anwender zeigte zudem, daß der Holzbau auch bei steigenden Marktanteilen nicht in der Lage ist, zusätzliche Produktionskapazitäten, vor allem von OSB-Platten, aufzunehmen. Innerhalb des Marktes für Wandbeplankungen sind bereits Sättigungserscheinungen zu erkennen, was durch den Preisrückgang für OSB-Platten in den letzten Monaten deutlich unerstrichen wird. Aus diesen Gründen sind Holzwerkstoffhersteller bestrebt, mit weiter- und neu entwickelten Produkten neue Einsatzgebiete innerhalb des Bauwesens (z.B. eine neu entwickelte MDF-Innenwandplatte als Ersatz für Gipsfaser- und Gipskartonplatten) und auch Einsatzgebiete im baunahen Bereich (z.B. oberflächenveredelte OSB-Platten für den Gerüst- und Betonschalungsbau) zu erschließen. Zusätzlich wird verstärkt versucht, Anwendungsgebiete außerhalb des Bauwesens, insbesondere in der Verpackungsindustrie, im DIY-Bereich und im dekorativen Innenausbau zu erschließen.

Die überwiegende Zahl der untersuchten Holzwerkstoffe befindet sich noch in einer relativ frühen Phase ihres Produktlebenszyklus. Vielfach sind durch Produkt-Diversifikation neue Einsatzgebiete möglich. Eine reine Substitution bestehender Holzprodukte wird nur durch geringere Preise zu erzielen sein. Um größere Anteile am Bau-Markt zu erschließen bedarf es insbesondere massiver Bemühungen das Image des Holzbaus (zumindest in Deutschland) zu verbessern, eine Vereinfachung und Standardisierung durch Normen und Bauvorschriften zu erreichen sowie Planer verstärkt mit den Vorteilen des Holzbaus vertraut zu machen.

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	1
1.1	PROBLEMSTELLUNG	2
1.2	ZIELSETZUNG DER ARBEIT	3
1.3	LÖSUNGSWEG	3
2	DEFINITIONEN	4
2.1	HOLZWERKSTOFFE	4
2.2	NEUE HOLZWERKSTOFFE / ENGINEERED WOOD PRODUCTS	5
3	NEUE HOLZWERKSTOFFE IM BAUWESEN	7
3.1	ORIENTED STRAND BOARD BZW. ORIENTED STRUCTURAL BOARD (OSB)	7
3.1.1	<i>Entwicklungsgeschichte</i>	8
3.1.2	<i>Herstellungsprozeß</i>	8
3.2	DIFFUSIONSOFFENE MDF-PLATTEN	10
3.2.1	<i>Entwicklungsgeschichte</i>	10
3.2.2	<i>Herstellungsprozeß</i>	11
3.3	MEHRSCHICHTIGE MASSIVHOLZPLATTEN	11
3.3.1	<i>Entwicklungsgeschichte</i>	12
3.3.2	<i>Herstellungsprozeß</i>	12
3.4	FURNIERSCHICHTHOLZ (LAMINATED VENEER LUMBER)	14
3.4.1	<i>Entwicklungsgeschichte</i>	14
3.4.2	<i>Herstellungsprozeß</i>	14
3.4.2.1	Herstellung von Microllam	15
3.4.2.2	Herstellung von Kerto Furnierschichtholz	15
3.5	SPANSTREIFENHOLZ (LAMINATED STRAND LUMBER)	16
3.5.1	<i>Entwicklungsgeschichte</i>	17
3.5.2	<i>Herstellungsprozeß</i>	17
3.6	FURNIERSTREIFENHÖLZER (PARALLEL STRAND LUMBER)	18
3.6.1	<i>Entwicklungsgeschichte</i>	18
3.6.2	<i>Herstellungsprozeß</i>	19
3.7	TRÄGERSYSTEME (VERBUNDWERKSTOFFE)	20
3.7.1	<i>Entwicklungsgeschichte</i>	20
3.7.2	<i>Herstellungsprozeß</i>	20
4	ANFORDERUNGEN AN NEUE HOLZWERKSTOFFE IM BAUWESEN	21
4.1	RECHTLICHE GRUNDLAGEN UND ANFORDERUNGEN	21
4.2	GEREGELTE /NICHT GEREGELTE BAUPRODUKTE	22

4.3	BAUREGELLISTEN	23
4.3.1	<i>Bauregelliste A</i>	23
4.3.2	<i>Bauregelliste B</i>	25
4.3.3	<i>Bauregelliste C</i>	26
4.3.4	<i>Einstufung von Bauprodukten</i>	26
4.4	ANFORDERUNGEN AN HOLZWERKSTOFFE NACH DIN 1052	28
4.4.1	<i>Zulässige Spannungen</i>	29
4.4.2	<i>Rechenwerte für Elastizitäts und Schubmodule</i>	30
4.5	ANFORDERUNGEN AN HOLZWERKSTOFFE NACH EUROCODE 5	31
4.6	WEITERE ANFORDERUNGEN AN NEUE HOLZWERKSTOFFE IM BAUWESEN	33
4.6.1	<i>Verarbeitbarkeit</i>	33
4.6.2	<i>Verfügbarkeit</i>	34
4.6.3	<i>Dimensionen</i>	34
4.6.4	<i>Verbindungsmittel</i>	34
4.6.5	<i>Preise</i>	35
4.6.6	<i>Produktinformationen</i>	35
4.6.7	<i>Umwelteigenschaften</i>	36
5	EIGENSCHAFTEN NEUER HOLZWERKSTOFFE IM BAUWESEN	37
5.1	ZULASSUNGEN UND ABMESSUNGEN	37
5.2	PLATTENFÖRMIGE HOLZWERKSTOFFE IM VERGLEICH	39
5.2.1	<i>Zulässige Spannungen, Elastizitäts- und Schubmodule</i>	40
5.2.2	<i>Physikalische Eigenschaften</i>	42
5.3	HOLZWERKSTOFFE FÜR STABFÖRMIGE BAUTEILE IM VERGLEICH	43
5.3.1	<i>Zulässige Spannungen, Elastizitäts- und Schubmodule</i>	43
5.3.2	<i>Vergleich der Biegesteifigkeiten</i>	45
5.4	VERKAUFSPREISE NEUER HOLZWERKSTOFFE	46
5.5	PREIS- LEISTUNGSVERHÄLTNISSE VON HOLZWERKSTOFFEN IM BAUWESEN	48
5.5.1	<i>Preis-Leistungsverhältnisse plattenförmiger Holzwerkstoffe</i>	48
5.5.2	<i>Preis-Leistungsverhältnisse stabförmiger Bauteile</i>	49
6	EINSATZGEBIETE NEUER HOLZWERKSTOFFE IM BAUWESEN	52
6.1	HOLZSKELETTBAU	54
6.2	HOLZRAHMENBAU	56
6.2.1	<i>Wandaufbauten</i>	56
6.2.2	<i>Deckenkonstruktionen</i>	59
6.2.3	<i>Dachkonstruktionen</i>	60
6.3	FASSADE	61
6.4	OBJEKTBAU	61
6.5	BRÜCKEN	64
7	SITUATION DES HOLZHAUSBAUS IN DEUTSCHLAND	65

8	MARKTSITUATION NEUER HOLZWERKSTOFFE	67
8.1	OSB	68
8.2	SPERRHOLZ/FURNIERSCHICHTHOLZ	70
8.3	TRÄGERSYSTEME	71
8.4	FURNIERSTREIFENHOLZ	72
8.5	LANGSPANHOLZ.....	72
8.6	MDF	72
8.7	MASSIVHOLZPLATTEN	73
9	BEFRAGUNG VON HERSTELLERN UND ANWENDERN	74
9.1	METHODE	74
9.2	SCHRIFTLICHE BEFRAGUNG	75
9.2.1	<i>Adressenerhebung</i>	76
9.2.2	<i>Der Versand der Fragebögen</i>	77
9.2.3	<i>Der Rücklauf</i>	77
9.3	PERSÖNLICHE INTERVIEWS	78
9.4	ERGEBNISSE DER HERSTELLERBEFRAGUNG.....	79
9.4.1	<i>Produktion/Absatz</i>	79
9.4.2	<i>Bewertung der Produkteigenschaften</i>	81
9.4.3	<i>Distribution</i>	87
9.4.4	<i>Handlungsbedarf</i>	87
9.4.5	<i>Beurteilung zukünftiger Marktchancen und Einsatzgebiete</i>	88
9.5	ERGEBNISSE DER ANWENDERBEFRAGUNG.....	89
9.5.1	<i>Art des Betriebes, Art und Umfang des letzten Projektes in Holzbauweise</i>	89
9.5.2	<i>Bekanntheitsgrad neuer Holzwerkstoffe</i>	89
9.5.3	<i>Bewertung der Produkteigenschaften</i>	90
9.5.4	<i>Einsatzmengen neuer Holzwerkstoffe</i>	94
9.5.5	<i>Einsatzbereiche neuer Holzwerkstoffe</i>	94
9.5.6	<i>Verbindungsmittel</i>	98
9.5.7	<i>Distribution</i>	99
9.5.8	<i>Beurteilung zukünftiger Marktchancen und Einsatzgebiete</i>	100
9.5.9	<i>Handlungsbedarf</i>	100

10	SCHLUßFOLGERUNGEN	102
10.1	STATUS QUO NEUER HOLZWERKSTOFFE IM BAUWESEN DEUTSCHLANDS.....	102
10.2	HANDLUNGSBEDARF	105
10.2.1	<i>Handlungsbedarf zur Verbesserung der Produkteigenschaften.....</i>	<i>105</i>
10.2.2	<i>Handlungsbedarf zur Verbesserung der Marktsituation</i>	<i>105</i>
10.3	ZUKUNFTSAUSSICHTEN NEUER HOLZWERKSTOFFE	106
10.3.1	<i>Zukünftige Marktsituation neuer Holzwerkstoffe in Deutschland/Europa</i>	<i>106</i>
10.3.2	<i>Zukünftige Einsatzgebiete neuer Holzwerkstoffe.....</i>	<i>109</i>
10.3.3	<i>Produkt- bzw. Weiterentwicklungen neuer Holzwerkstoffe.....</i>	<i>110</i>
11	ZUSAMMENFASSUNG.....	114
12	LITERATURVERZEICHNIS	116

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: vereinfachte Einteilung von Holzwerkstoffen.....	6
Abbildung 2: OSB-Platte.....	7
Abbildung 3: diffusionsoffene Holzfaserverplatte	10
Abbildung 4: mehrschichtige Massivholzplatte.....	11
Abbildung 5: Furnierschichtholz.....	14
Abbildung 6: Langspanholz	16
Abbildung 7: Furnierstreifenholz.....	18
Abbildung 8: Doppel-T-Träger aus Holzwerkstoffen.....	20
Abbildung 9: Auszug aus der Bauregelliste A Teil 1.....	24
Abbildung 10: Auszug aus der Bauregelliste A Teil 2.....	24
Abbildung 11: Auszug aus der Bauregelliste A Teil 3.....	25
Abbildung 12: Entscheidungshilfe für die Einstufung von Bauprodukten	27
Abbildung 13: Muster eines Übereinstimmungszeichens.....	28
Abbildung 14: Zulässige Spannungen plattenförmiger Holzwerkstoffe.....	40
Abbildung 15: Rechenwerte für Elastizitäts- und Schubmoduln plattenförmiger Holzwerkstoffe	41
Abbildung 16: Zulässige Spannungen stabförmiger Bauteile.....	43
Abbildung 17: Rechenwerte für E- und G- Moduln stabförmiger Bauteile.....	45
Abbildung 18: Konstruktion eines Holzskelettbaus.....	54
Abbildung 19: Konstruktionsprinzip der Holzrahmenbauweise	56
Abbildung 20: Systemaufbau und Kräfteverlauf in der Holzrahmenbauwand.....	57
Abbildung 21: Holzrahmenbauwand mit Öffnungen.....	58
Abbildung 22: Diffusionsoffener Wandaufbau mit neuen Holzwerkstoffen	58
Abbildung 23: Deckenkonstruktion beim Holzrahmenbau.....	59
Abbildung 24: Dachkonstruktion mit neuen Holzwerkstoffen	60
Abbildung 25: Fassade aus mehrschichtigen Massivholzplatten	61
Abbildung 26: Fachwerkträger aus Furnierstreifenholz im Objektbau.....	62
Abbildung 27: Furnierschichtholz im Objektbau	63
Abbildung 28: Entwicklung des Holzbaus in Deutschland.....	65
Abbildung 29: Anteile Produktionswert holzverarbeitende Industrie	67
Abbildung 30: OSB & diffusionsoffene MDF Produktion in Europa.....	69
Abbildung 31: Produktionsindex Trägersysteme USA.....	71
Abbildung 32: Elemente der Marktforschung	74
Abbildung 33: Methoden der Primärforschung	75
Abbildung 34: plattenförmige Holzwerkstoffe: Inwieweit erfüllen die neuen Holzwerkstoffe aus der Sicht Ihres Unternehmens die Anforderungen an die oben aufgeführten Produkteigenschaften? Welche Eigenschaften müssen verbessert werden?	81
Abbildung 35: stabförmige Holzwerkstoffe: Inwieweit erfüllen die neuen Holzwerkstoffe aus der Sicht Ihres Unternehmens die Anforderungen an die oben aufgeführten Produkteigenschaften? Welche Eigenschaften müssen verbessert werden?.....	82

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 36: plattenförmige Holzwerkstoffe: Wie wichtig sind Ihren Kunden die Produkteigenschaften bei der Entscheidung für neue Holzwerkstoffe oder traditionelle Produkte (Spanplatte, Sperrholz, Brettschichtholz)	83
Abbildung 37: Wie wichtig sind Ihren Kunden die Produkteigenschaften bei der Entscheidung für neue Holzwerkstoffe oder traditionelle Produkte (Spanplatte, Sperrholz, Brettschichtholz) ..	84
Abbildung 38: plattenförmige Holzwerkstoffe: Wo sehen Sie Vor- bzw. Nachteile der neuen Holzwerkstoffe gegenüber traditionellen Produkten?	85
Abbildung 39: balkenförmige Holzwerkstoffe: Wo sehen Sie Vor- bzw. Nachteile der neuen Holzwerkstoffe gegenüber traditionellen Produkten?	86
Abbildung 40: An wen verkaufen Sie Ihre neuen Holzwerkstoffe?.....	87
Abbildung 41: plattenförmige Holzwerkstoffe: Inwieweit erfüllen die neuen Holzwerkstoffe aus der Sicht Ihres Unternehmens die Anforderungen an die unten aufgeführten Produkteigenschaften? Welche Eigenschaften müssen verbessert werden?	91
Abbildung 42: stabförmige Holzwerkstoffe: Inwieweit erfüllen die neuen Holzwerkstoffe aus der Sicht Ihres Unternehmens die Anforderungen an die unten aufgeführten Produkteigenschaften? Welche Eigenschaften müssen verbessert werden?.....	91
Abbildung 43: Wo sehen Sie Vor- bzw. Nachteile der neuen Holzwerkstoffe gegenüber traditionellen Produkten?	92
Abbildung 44: Wo sehen Sie Vor- bzw. Nachteile der neuen Holzwerkstoffe gegenüber traditionellen Produkten?	93
Abbildung 45: Verteilung des eingesetzten OSB auf die verschiedenen konstruktiven Bereiche	95
Abbildung 46: Verteilung der eingesetzten mehrschichtigen Massivholzplatten auf die verschiedenen konstruktiven Bereiche	95
Abbildung 47: Verteilung der eingesetzten diffusionsoffenen MDF-Platten auf die verschiedenen konstruktiven Bereiche	96
Abbildung 48: Verteilung des eingesetzten FSH auf die verschiedenen konstruktiven Bereiche	96
Abbildung 49: Verteilung des eingesetzten PSL auf die verschiedenen konstruktiven Bereiche	97
Abbildung 50: Verteilung des eingesetzten LSL auf die verschiedenen konstruktiven Bereiche	97
Abbildung 51: Verteilung der eingesetzten Trägersysteme auf die verschiedenen konstruktiven Bereiche	98
Abbildung 52: Einkaufsverhalten der Zimmereiunternehmen?	99
Abbildung 53: Einkaufsverhalten der Fertighausindustrie	100

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zulassungen und lieferbare Abmessungen OSB	37
Tabelle 2: Zulassungen und lieferbare Abmessungen mehrschichtiger Massivholzplatten.....	38
Tabelle 3: Zulassungen und lieferbare Abmessungen diffusionsoffener MDF-Platten	38
Tabelle 4: Zulassungen und lieferbare Abmessungen Furnierschichtholz (FSH)	38
Tabelle 5: Zulassungen und lieferbare Abmessungen Holzwerkstoff Furnierstreifenholz (PSL)	38
Tabelle 6: Zulassungen und lieferbare Abmessungen Holzwerkstoff Langspanholz (LSL)	39
Tabelle 7: Zulassungen und lieferbare Abmessungen Trägersysteme	39
Tabelle 8: Physikalische Eigenschaften plattenförmiger Holzwerkstoffe lt. DIN bzw. Zulassung	42
Tabelle 9: Biegesteifigkeiten (EI_y) von Holz bzw. Doppel-T-Trägern vergleichbarer Dimension	46
Tabelle 10: Preis/Leistungsverhältnisse neuer Holzwerkstoffe und traditioneller Werkstoffe	48
Tabelle 11: Preis/Leistungsverhältnisse stabförmiger Bauteile aus Holz bzw. Holzwerkstoffen	50
Tabelle 12: Steifigkeiten und Kosten stabförmiger Werkstoffe ähnlicher Dimensionen im Vergleich.....	50
Tabelle 13: Anzahl der Baugenehmigungen von Ein- und Zweifamilienhäusern in Holzbauweise aufgeschlüsselt nach Industrie und Handwerk.....	65
Tabelle 14: Produktion von Holzwerkstoffe in Europa in 1000 m ³ , 1995-1999	67
Tabelle 15: Produktionskapazitäten der wichtigsten OSB-produzierenden Länder Europas	68
Tabelle 16: Produktionsdaten der FSH produzierenden Länder der Welt, Angaben in 1000m ³ .	70
Tabelle 17: Produktionskapazitäten und Verbrauch der wichtigsten MDF-produzierenden Länder Europas	72

1 Einleitung

Holz ist ein Naturprodukt, das den Menschen seit Urzeiten zur Verfügung steht. In Deutschland und Europa war Holz bis vor 150 Jahren neben Naturstein der dominierende Baustoff. Im Zuge der Industrialisierung verlor Holz als Baustoff in Europa aufgrund geänderter Anforderungen drastisch an Marktanteilen. Ökonomische Kriterien standen im Vordergrund. Außerdem wurde eine standardisierte Produktion sowie gleichbleibende Produktqualität gefordert. Da das Naturprodukt Holz aber sehr heterogen ist, wurde es zunehmend durch normierbare Baustoffe wie Stahl und Beton ersetzt.

Der hohe Grad der Technisierung, der Standardisierung und die als Folge der Industrialisierung zunehmende Umweltbelastung haben heute in der Bevölkerung zu einem Wertewandel geführt. Der Verbraucher ist kritischer geworden und laut Studien sind „Ökologie“, „Natürlichkeit“ und „Tradition“ wichtige Nachfragetrends im Jahr 2000. Dieses bezieht sich auf den ganzen Lebensraum. So sind heute natürliche Baustoffe aus Holz gefragter denn je (BRICKENSTEIN 1998).

Der moderne Holzbau in Deutschland hat von den Holzbauerfahrungen seiner skandinavischen Nachbarn und auch von den USA und Kanada profitiert. In diesen Ländern ist der Holzbau das dominierende Bausystem. In Nordamerika beträgt der Anteil an Holzhäusern, sowohl für den Altbaubestand als auch für Neubauten ca. 90% (SCHULZE 1991). Viele Entwicklungen, gerade Entwicklungen von neuen Holzwerkstoffen für das Bauwesen kommen aus diesen Ländern. Eine veränderte Rohstoffbasis z.B. in Nordamerika machte die Entwicklung von neuen, hochwertigen Bauprodukten notwendig, deren Ziel es war bei der Deckung des großen Bedarfs an erstklassigem Bauholz nicht mehr auf den Holzeinschlag in Primärwäldern angewiesen zu sein. Zur Produktion von hochwertigen Holzwerkstoffen für das Bauwesen verwendet man nun kostengünstige und ressourcenschonende Schwachholz- und Industrierestholzsortimente. Mit Hilfe moderner Fertigungstechnologie erwachsen aus diesem Bestreben neue Holzwerkstoffe bzw. Engineered Wood Products, die in wichtigen technologischen Eigenschaften denen natürlichen Holzes überlegen sind und homogene, leicht standardisierbare Produkte darstellen. Aufgrund fortgeschrittener Verfahrenstechnik, insbesondere neuer Spaner-, Bindemittel-, und Preßtechnologie ist es nun möglich spezielle Holzwerkstoffe für die verschiedenartigsten konstruktiven Anforderungen im Bauwesen zu produzieren. Vor allem im Objektbau lassen sich mit diesen Produkten große Komplexe oder Hallen in Holzbauweise realisieren, da aufgrund des günstigen Verhältnisses von Ei-

gengewicht zu Tragweite der Engineered Wood Products große Stützweiten leicht überspannt werden können.

Der Holzbau hat in Amerika und Skandinavien traditionell einen großen Anteil am Wohnungsbau aber auch in Deutschland nimmt der Anteil am Ein- und Zweifamilienhausbau kontinuierlich zu. In diesem Jahr haben die Holzhäuser in Deutschland einen Marktanteil von 15% (KLAAS 2000). Gründe hierfür sind zum einen die standardisierten, vom Institut für Bautechnik in Berlin zugelassenen, neuen Holzwerkstoffe, als auch die positive Entwicklung der Rechtsvorschriften für das Bauen mit Holz sowie ökologische Faktoren. Bisher behinderten geltende Normen häufig den Einsatz von Holz im Bauwesen. So durfte das Zimmerhandwerk im Neubaubereich nur bis zu dreigeschossige Gebäude errichten; und dieses, obwohl der Holzbau die gesetzlichen Anforderungen an Standsicherheit, Schall- und Brandschutz erfüllt (BRICKENSTEIN 1998). Durch Änderungen der Landesbauordnungen einiger Bundesländer in den vergangenen Jahren ist es nunmehr möglich viergeschossige Holzbauten zu erstellen. Weitere Gründe für die Zunahme des Holzbaus sind spezielle Förderprogramme einiger Landesregierungen z.B. in Baden-Württemberg und Bayern. Darüber hinaus bietet der Holzbau wirtschaftliche Vorteile für den Verbraucher, denn der hohe Vorfertigungsgrad, sowie die trockene Bauweise ermöglichen einen schnellen Baufortschritt und niedrige Baukosten von ca. 2000 DM pro m² im Einzel- und Reihenhausbau (BRICKENSTEIN 1998).

Während der Nutzungsphase wirken sich die, im Vergleich zu anderen Baustoffen, wie z.B. Beton, niedrigere Wärmekapazität und die bessere Wärmedämmung der Holzkonstruktionen positiv auf Aufheizzeiten, Energiekosten und auf die energiebedingte Freisetzung von CO₂ aus. Durch den Einsatz von Holz und Holzwerkstoffen im Bauwesen werden große Mengen CO₂ (ca. 1,8t CO₂/t Holz) dauerhaft in den Holzkonstruktionen gespeichert und können so dazu beitragen den Anstieg des CO₂-Gehaltes der Atmosphäre zu verringern. Nach Beendigung der Nutzungsphase werden bei der Entsorgung z.B. durch thermische Verwertung genau die CO₂ Mengen frei, die vorher im Holz gebunden wurden (POHLMANN, C. 2000).

1.1 Problemstellung

Das Spektrum von Holzprodukten und Holzwerkstoffen für den Baubereich hat sich in den letzten Jahren zunehmend ausgeweitet. Neue Anwendungsbereiche führten zu geänderten Anforderungen, welche die Entwicklung und Verbreitung neuer Holzwerkstoffe für das Bauwesen förderten. In Deutschland sind in den letzten Jahren eine Vielzahl von neuen Holzwerkstoffen für das Bauwesen vorgestellt worden. Eine zusammenfassende und vergleichende Darstellung der verschiedenen Werkstoffe hinsichtlich

ihrer mechanischen, physikalischen und ökonomischen Eigenschaften sowie eine Untersuchung ihrer derzeitigen und zukünftigen Einsatzgebiete und Einsatzmengen sind für die Beurteilung der Marktsituation der einzelnen Holzwerkstoffe in dem Wachstumsmarkt Holzbau von großem Interesse.

1.2 Zielsetzung der Arbeit

Ziele dieser Arbeit sind:

- Vorstellung der verschiedenen neuen Holzwerkstoffe für das Bauwesen.
- Welche Voraussetzungen müssen neue Holzwerkstoffe erfüllen, um im Bauwesen eingesetzt werden zu können und welche Anforderungen stellen Anwender an diese Produkte?
- Darstellung der für das Bauwesen relevanten Eigenschaften neuer Holzwerkstoffe und Vergleich der Eigenschaften mit traditionellen Holzwerkstoffen.
- Einschätzung der aktuellen Marktsituation neuer Holzwerkstoffe bezogen auf Produktions- und Absatzzahlen sowie die Untersuchung bestehender Verwendungen dieser Produkte.
- Trifft die Holzwerkstoffindustrie die Wünsche der Verarbeiter und Planer und inwieweit besteht Handlungsbedarf bestimmte Eigenschaften zu verbessern?
- Wo liegen zukünftige Einsatzpotentiale neuer Holzwerkstoffe?
- Welche Weiterentwicklungen neuer Holzwerkstoffe werden angestrebt?

1.3 Lösungsweg

In ersten Teil dieser Arbeit werden die verschiedenen neuen Holzwerkstoffe vorgestellt. Anschließend werden die mechanischen, physikalischen und ökonomischen Eigenschaften dieser Produkte dargestellt und verglichen. Darüber hinaus wird untersucht, welche Anforderungen an neue Holzwerkstoffe gestellt werden, welche Aufgaben neue Holzwerkstoffe im Bauwesen erfüllen und in welcher Marktsituation sich neue Holzwerkstoffe befinden.

Zur Beantwortung dieser Fragen werden zuerst aktuelle Fachliteratur und Produktinformationen der verschiedenen Holzwerkstoffproduzenten ausgewertet.

In einer Fragebogenaktion im zweiten Teil der Arbeit werden Hersteller und Anwender neuer Holzwerkstoffe zu Eigenschaften, Einsatzgebieten und Einsatzpotentialen befragt. Im Anschluß an die Fragebogenaktion werden mit ausgewählten Vertretern der Holzwerkstoffproduzenten, der Planer und der Verarbeiter persönliche Interviews zu den oben genannten Themen geführt.

2 Definitionen

Auf dem Gebiet der Holzwerkstoffe gab es in den letzten Jahren viele Neuentwicklungen. Die Eigenschaften und Einsatzpotentiale dieser Holzwerkstoffe bzw. Engineered Wood Products sind das Thema dieser Arbeit. Hier stellt sich die Frage, was sind Holzwerkstoffe, neue Holzwerkstoffe und Engineered Wood Products? In der Fachliteratur werden die Begriffe Holzwerkstoffe und neue Holzwerkstoffe (Engineered Wood Products) wie folgt beschrieben.

2.1 Holzwerkstoffe

Unter der DIN 1052/1 Holzbauwerke, Abschnitt 2 (Begriffe) sind Holzwerkstoffe definiert als:

- Bau-Furniersperrholz nach DIN 68705 bzw. EN 636 (Sperrholz),
- Flachpreßplatten nach DIN 68763 bzw. EN 312 (Spanplatten),
- Harte und mittelharte Holzfaserverplatten nach DIN 68754 bzw. EN 622 (MDF),
- Oriented Strand Board nach EN 300 (OSB).

Der Eurocode 5 definiert in Abschnitt 3.4 Holzwerkstoffe als:

- Sperrholz nach EN 636,
- Spanplatten nach EN 312, Spanplatten aus schlanken, ausgerichteten Spänen (OSB) nach EN 300,
- Faserplatten nach EN 622.

Laut HOLZLEXIKON 1993 ist die Bezeichnung Holzwerkstoff ein „*Sammelbegriff für verschiedene Produkte, die durch Zerlegen des Holzes und anschließendes Zusammenfügen, meist unter Zugabe anderer Stoffe (z.B. Kunstharz, mineralisches Bindemittel) entstehen. Der Begriff ist nicht scharf abgegrenzt. Traditionell gelten die plattenförmigen Produkte (Sperrholz, Spanplatte, Faserplatte) und entsprechend aufgebaute Formteile (Formteile aus Fasern oder Spänen, Formteile aus Sperrholz) als Holzwerkstoffe. Meist wird auch aus Furnieren parallel verleimtes Schichtholz, dagegen nicht das aus Schnittware hergestellte Brettschichtholz, als Holzwerkstoff bezeichnet. Allein durch Vergütung des Holzes, z.B. Dämpfen, Trocknen, Imprägnieren oder Verdichten, erzeugte Produkte sind keine Holzwerkstoffe. Durch Weiterentwicklung und Kombination der Holzwerkstoffe steigt aber die Zahl der Produkte, die sich nicht in dieses grobe Schema einordnen lassen.*“

Im Lexikon der Holztechnik (BERTHOLD 1966) ist unter dem Begriff Holzwerkstoffgruppen angegeben: *„Einteilung der Holzwerkstoffe, die aus Rohholz durch verschiedenartigste Technologien und zum Teil unter Verwendung von Zusatzstoffen hergestellt werden, in die Hauptgruppen Vollholz, Lagenholz, Spanplatten, Faserplatten, Verbundplatten und Holzwoleleichtbauplatten.“*

2.2 Neue Holzwerkstoffe / Engineered Wood Products

Aufgrund der zahlreichen Neuentwicklungen von Holzwerkstoffen, vor allem in den USA, Kanada und Skandinavien, ist es nicht mehr ausreichend die Begriffe Holzwerkstoff oder Engineered Wood Product nur aus deutscher Sicht zu definieren, um neue Technologien auf dem Holzsektor zu vergleichen. Einen Versuch zur Beschreibung von Engineered Wood Products wird von BRUCE HAATAJA und seinen Mitarbeitern von der Michigan Technological University (Institut of Wood Research) unternommen, der sowohl Vollholzerzeugnisse als auch gefügte Holzerzeugnisse erfaßt (EDLAG 1997).

„Jedes Holzmaterial außer Standard-Schnittware kann als technisch bearbeitet und damit „vom Menschen gemacht“ bezeichnet werden. Durch die Tatsache, daß Einfallsreichtum, Maschinen und manchmal besondere Harze eingesetzt wurden, um das neue „Endprodukt“ zu schaffen, hat eine gewisse Verarbeitung stattgefunden, so daß das Material nicht mehr als natürlich betrachtet werden kann. Die Vielseitigkeit und der Einfallsreichtum von Forschungsabteilungen in Unternehmen und Universitäten, die daran arbeiten, neue Methoden zur Herstellung neuer Produkte als Ersatz für herkömmliche Materialien zu entwickeln, nehmen zu. Der Druck, aber auch der Anreiz dazu sind groß. Da aber fast alle diese Materialien für die Bauindustrie gedacht sind, die in gewisser Weise schon immer die „konservativste“ aller Industrien war, wenn es darum ging, neue Methoden oder Materialien einzuführen, wurden diese Neuheiten nur relativ langsam akzeptiert.“

In der Fachliteratur versteht man unter neuen Holzwerkstoffen/Engineered Wood Products Neuentwicklungen im Holzwerkstoffbereich, die primär dem Ersatz von Vollholz im Bauwesen dienen. Neue Holzwerkstoffe sind z.B. Furnierschichtholz, (Laminated Veneer Lumber, LVL), Furnierstreifenholz (Parallel Strand Lumber, PSL), Spanstreifenholz (Laminated Strand Lumber, LSL), diffusionsoffene MDF-Platten, mehrschichtige Massivholzplatten aber auch Verbundwerkstoffe, wie z.B. im Bauwesen eingesetzte Doppel-T-Träger, die aus verschiedenen Holzwerkstoffen aufgebaut sind. Eine

ausführliche Beschreibung der eben genannten neuen Holzwerkstoffe erfolgt im folgenden Kapitel 3 dieser Arbeit.

Es gibt Engineered Wood Products sowohl als stabförmige als auch als flächige Elemente, wobei die stabförmigen Elemente häufig durch auftrennen der flächigen entstehen, wie z.B. Furnierschichtholz und Langspanholz.

Die Vorteile dieser Produkte im Vergleich zu Vollholz sind:

- sehr große und variable Abmessungen,
- hohe Dimensionsstabilität,
- geringere Streuung der Festigkeitseigenschaften durch eine Homogenisierung des Produktes während des Herstellungsprozesses,
- Verwendung von Industrie- und Restholz als Rohstoffe für den Herstellungsprozess.

Prinzipiell handelt es sich bei den neuen Holzwerkstoffen um Weiterentwicklungen von Werkstoffen auf der Basis von Spänen bzw. von Furnieren (Spanplatte bzw. Lagenholz). Für diese Werkstoffe gelten weitgehend die wissenschaftlichen Grundlagen von Spanplatten und Lagenholz (NIEMZ 1999).

Die folgende Abbildung 1 zeigt einen Vorschlag zu einer vereinfachten Einteilung von Holzwerkstoffen, in der auch die neuen Holzwerkstoffe für das Bauwesen berücksichtigt werden.

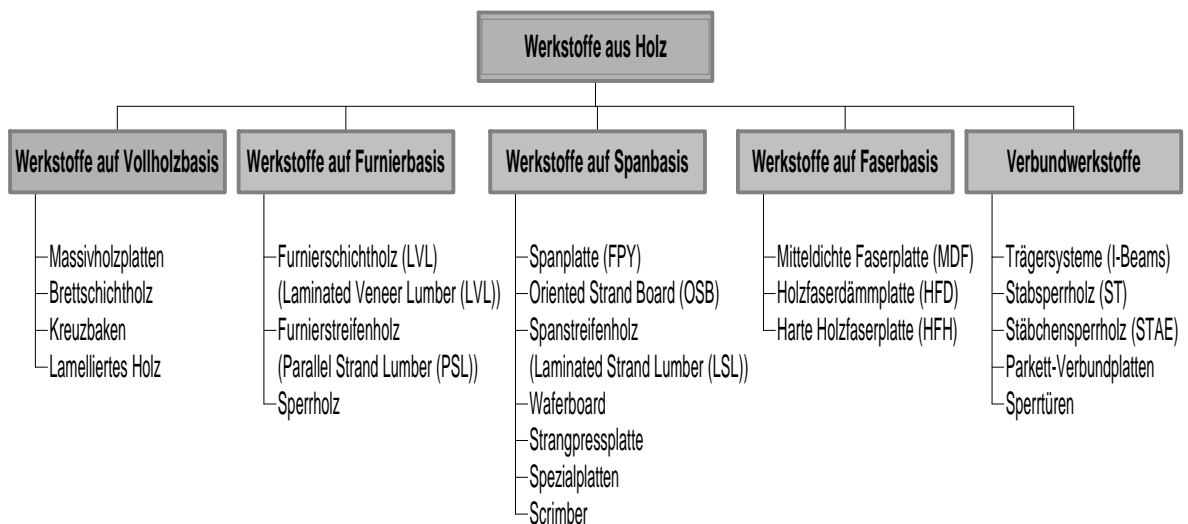


Abbildung 1: Vereinfachte Einteilung von Holzwerkstoffen (nach NIEMZ 1999)

3 Neue Holzwerkstoffe im Bauwesen

Das aktuelle Baugeschehen ist ohne Holzwerkstoffe heute nicht mehr denkbar. Vor allem im Fertighausbau und im Holzhausbau, aber auch im Objekt- bzw. Ingenieurholzbau bieten sich vielfältige Anwendungsmöglichkeiten für Holzwerkstoffe. Die klassischen Holzwerkstoffe für das Bauwesen sind:

- Spanplatten (FPY),
- Bau-Furniersperrhölzer (BFU),
- Brettschichtholz (BSH),
- Harte Holzfaserplatten (HFH),
- Weiche Holzfaserplatten (HFD),
- Zement- und Gipsgebundene Spanplatten.

Daneben gibt es die neuen Holzwerkstoffe für das Bauwesen:

- Oriented Strand Board (OSB),
- Diffusionsoffene MDF-Platten,
- Mehrschichtige Massivholzplatten,
- Furnierschichtholz (FSH),
- Spanstreifenholz (LSL),
- Furnierstreifenholz (PSL).

In diesem Kapitel werden die verschiedenen neuen Holzwerkstoffe im Bauwesen vorgestellt.

3.1 Oriented Strand Board bzw. Oriented Structural Board (OSB)

Das Kürzel OSB steht für Oriented Strand Board oder Oriented Structural Board. Hierbei handelt es sich um einen plattenförmigen Werkstoff der aus Spänen besteht. Laut EN 300 ist OSB eine aus langen, schlanken Holzspänen (Strands) mit vorbestimmter Form und Dicke und mit einem Bindemittel gefertigte Mehrschichtplatte. Die Strands in den Außenschichten sind parallel zur Plattenlänge oder –

breite ausgerichtet; die Strands in der Mittellage bzw. in den Mittelschichten können zufällig angeordnet sein oder sind im allgemeinen rechtwinklig zu den Strands der Außenschichten ausgerichtet. Durch die Ori-



Abbildung 2: OSB-Platte

entrierung der Strands, die in den Deckschichten parallel zur Längsrichtung der Platte verläuft und in der Mittelschicht in der Regel senkrecht dazu, ergibt sich der aus der Furnierplattenproduktion bekannte Absperreffekt. Eine OSB-Platte ist ein Holzwerkstoff, der ähnlich einer Spanplatte produziert wird, aber durch seinen Aufbau und in seinen Eigenschaften dem Furniersperrholz ähnelt.

3.1.1 Entwicklungsgeschichte

Die Entwicklung der OSB-Platte begann Ende der Vierziger Jahre in den USA. Dort begann Armin Ellendorf 1946 Strands, im Zusammenhang mit der Herstellung zementgebundener Spanplatten, zu orientieren. Etwa zeitgleich, 1952 bis 1956, fanden Forschungen am Wilhelm Klauditz Institut in Braunschweig, BRD, zur Spanorientierung statt.

1975 wurde von der Potlach Corp. in Lewiston, Idaho, USA, die erste OSB-Produktionsanlage in Betrieb genommen.

3.1.2 Herstellungsprozeß

Die Verwendung von Laub- oder Nadelholz als Rohstoff für die OSB Produktion richtet sich nach dem Rohstoffangebot des jeweiligen Standortes. Aus Kostengründen empfiehlt es sich, das günstige Industrierundholz einzusetzen. Für eine gute Qualität der Strands ist es wichtig, daß eine Nachzerkleinerung der Späne im weiteren Produktionsprozeß durch mechanische Beanspruchung, z.B. in Mischern oder Streueinrichtungen möglichst gering gehalten wird. Aus diesen Gründen ist es vorteilhaft, Hölzer mit einer wenig ausgeprägten Jahrringsstruktur zu verwenden (THOLE 1998).

So werden in den USA und Kanada die Nadelhölzer

Pinus palustri, *Pinus echinata*, *Pinus taeda*, *Pinus elliotii* und als Laubhölzer *Populus randidentata*, *Populus tremuloides*, *Liriodendron tulipifera*, *Acer saccharinum*, *Acer rubrum* und *Acer negundo* verwendet.

In Europa werden ausschließlich Nadelhölzer eingesetzt, vor allem *Pinus pinaster* und *Pinus contorta*.

Vor der Zerspannung in Messerring- oder Scheibenzerspanern wird das Rundholz entrinde, um hohe Ansprüche an Spanform und –qualität gewährleisten zu können. Rindenteile vermindern die Festigkeitseigenschaften der OSB- Platte und werden zur Wärmeenergiegewinnung genutzt.

Spandicke und Spanlänge haben großen Einfluß auf die Festigkeitseigenschaften der Platte. Mit abnehmender Spandicke sinkt die Querkraftfestigkeit, die Biegefestigkeit aber nimmt zu. Eine Verminderung der Spanlänge und –dicke führt zu einem höheren Feingutanteil und reduziert Festigkeitseigenschaften und die Effizienz der Beleimung (WALTER, KIESER, WITKE 1979).

Die flächigen Späne, Strands, sind üblicherweise 60–90 mm lang, 5–12 mm breit und 0,4–0,6 mm dick. Hieraus ergibt sich der optimale Schlankheitsgrad für das Verhältnis Länge zu Breite, 10:1 und Länge zu Dicke von 150:1. Dieser Schlankheitsgrad gewährleistet gute Festigkeitseigenschaften (BRINKMANN1979).

Nach der Zerspanung werden die Strands auf Holzfeuchten von 5–6% getrocknet. Hierzu werden langsam rotierende Trommeltrockner verwendet, um eine unerwünschte Nachzerkleinerung der Strands möglichst gering zu halten. Auf die Trocknung folgt die Siebung des Spanmaterials, um Feingut und Fasern, die den Leimverbrauch erhöhen, von den Strands zu trennen.

Die Beleimung der Strands erfolgt in langsam rotierenden Leimmischern, um auch hier wieder eine unerwünschte Nachzerkleinerung zu vermeiden. In USA und Kanada werden in der Regel pulverförmige Bindemittel eingesetzt. In Europa hingegen bevorzugt man flüssige Leimharze oder Klebstoffe (THOLE 1998).

Der Leimanteil bezogen auf atro Späne beträgt in Europa je nach Klebstoff und Anwendungsgebiet ca 7-16%. Für das Bauwesen ist neben den elastomechanischen Eigenschaften die Feuchteresistenz der Platten von großer Bedeutung. Aus diesem Grunde werden zur OSB- Herstellung folgende feuchteresistente Bindemittel verwendet:

- Phenol – Formaldehydharze (PF),
- Diisocyanate (MDI).
- Abmischungen aus Phenol, Melamin, Harnstoff, Phenol, Isocyanaten (MUPF, MIUPF).

In der OSB- Industrie sind die PF- Harze zur Zeit am weitesten verbreitet. MDI verwendet man bis jetzt nur in der Mittelschicht, da es sonst mit den Preßblechen verkleben würde. Versuche zur Herstellung von OSB-Platten mit MDI als Bindemittel für Deck- und Mittelschicht laufen, denn mit MDI und MIUPF als Bindemittel lassen sich bei gleicher Rohdichte höhere Festigkeiten und bessere Quellungseigenschaften erzielen (DEPPE; HASCH 1989). Auch härtet MDI bei niedrigeren Temperaturen schneller aus. Dies führt zu kürzeren Taktzeiten verbunden mit geringeren Energiekosten bei der Herstellung.

Zur Formung des Spankuchens sind besondere Maschinen notwendig. Die beiden Deckschichten, die 50% der Plattendicke ausmachen, werden parallel zur Produktionsrichtung orientiert, die Mittelschicht quer dazu. Eine präzise Ausrichtung der Späne ist notwendig, um eine Vergleichmäßigung der mechanischen Eigenschaften und den ebenfalls erwünschten Absperreffekt zu erhalten. Ein Maß für die Genauigkeit der Ausrichtung ist der Orientierungsgrad, er gibt an, wieviel Prozent der Späne nicht mehr als

$\pm 15^\circ$ von der vorgegebenen Orientierungsrichtung abweichen dürfen. Er sollte wenigstens 75% betragen (HOLZLEXIKON 1993).

Zur Streuung der Späne in Längsrichtung haben sich sogenannte Scheibenstreköpfe durchgesetzt, bei denen senkrecht zur Plattenebene Scheiben auf einer Welle in Produktionsrichtung rotieren. Die Querorientierung der Mittellage erfolgt mittels einer quer zur Produktionsrichtung verlaufenden Trommel, die in Segmentscheiben aufgeteilt ist. Beim Durchfallen werden die Strands quer zur Produktionsrichtung orientiert. Nach der Formung des Spanvlieses erfolgt die Heißpressung. Hier haben sich zwei verschiedene Pressensysteme durchgesetzt, zum einen die Mehretagenpressen und in neuerer Zeit auch kontinuierliche Einetagenpressen. Durch die relativ großen Oberflächen der Flachspäne ist die Wärmeübertragung durch Dampfdiffusion von den heißen Preßplatten in das innere des Vlieses behindert. Aus diesem Grunde sind die Preßzeiten für OSB-Platten mit 15 – 18 s/mm in Mehretagenpressen deutlich länger als z.B. die bei der Produktion herkömmlicher Spanplatten. Zusätzlich verhindern reaktionsträge Leime kürzere Preßzeiten. Bei kontinuierlichen Pressen konnten bereits Preßzeiten von weniger als <9 s/mm erreicht werden (KRUSE 2000), was ein kostenrelevanter Vorteil dieser Technologie ist. Insgesamt ist die Technologie der OSB-Herstellung der Technologie der Spanplattenproduktion sehr ähnlich.

3.2 Diffusionsoffene MDF-Platten

Diffusionsoffene, mitteldichte Faserplatten (MDF) sind plattenförmige, flächenisotrope Holzwerkstoffe, die aus einzelnen Holzfasern (Zellen) und Faserbündeln bestehen. Hergestellt werden diese Platten aus Nadelholzfasern und einem PMDI- oder PF-Leim im Trockenverfahren. Die Rohdichte dieser Platten beträgt je nach Hersteller ca. 540-650 kg/m³. Das Stärkenspektrum der diffusionsoffenen MDF-Platten reicht von 12-20 mm. Die lieferbaren Dimensionen orientieren sich an den Baurastermaßen. Zur Zeit gibt es vier Hersteller, die diffusionsoffene MDF-Platten mit bauaufsichtlicher Zulassung anbieten.



Abbildung 3: diffusionsoffene Holzfaserplatte

3.2.1 Entwicklungsgeschichte

Der Grund für die Entwicklung diffusionsoffener MDF-Platten ist nach Angaben eines Herstellers die ab Mitte der neunziger Jahre gestiegene Nachfrage nach einem kon-

struktiv einsetzbaren Werkstoff, der diffusionsoffene Wandaufbauten ermöglicht (SANDER 2000). Die diffusionsoffene MDF-Platte ist eine Weiterentwicklung der herkömmlichen Harnstoff-Formaldehydharz verleimten MDF-Platte. Für eine Verwendung der MDF-Platten im Bauwesen mußten Feuchtebeständigkeit z.B. durch den Einsatz von PMDI für die Verklebung und Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl z.B. durch geringere Rohdichten verbessert werden. In einer Versuchsanlage in Meppen begann Mitte der neunziger Jahre die Produktion PMDI-verleimter, diffusionsoffener MDF-Platten auf einer Etagenpresse. 1995 wurde die diffusionsoffene MDF-Platte für den Baubereich offiziell eingeführt.

3.2.2 Herstellungsprozeß

Diffusionsoffene MDF-Platten werden analog zur Produktion herkömmlicher MDF-Platten heute überwiegend mit kontinuierlichen Pressen hergestellt. Die Produktionstechnologie diffusionsoffener Platten ist ähnlich der Produktionstechnologie herkömmlicher MDF-Platten. Der Herstellungsprozeß diffusionsoffener MDF-Platten unterscheidet sich von der Herstellung herkömmlicher MDF-Platten in folgenden Punkten:

- Verwendung von PMDI- oder PF-Klebstoffen für die Verleimung,
- höherer Paraffinanteil,
- diffusionsoffene Platten werden mit einer geringeren Schüttdichte gestreut und anschließend mit veränderten Preßprogrammen verpreßt, um geringere Rohdichten zu ermöglichen.

3.3 Mehrschichtige Massivholzplatten

Die EN 12775 unterscheidet zwischen ein- und mehrlagigen Massivholzplatten. Einlagige Massivholzplatten bestehen aus mehreren, jeweils zur Längsseite parallel verlaufenden, fugenverklebten Lamellen. Mehrlagige Massivholzplatten bestehen aus zwei gleichgerichteten Decklagen, die mit jeweils um 90° versetzten, oftmals vorgefertigten Mittel- bzw. Innenlagen flächig verklebt sind. Durch den Absperreffekt erhalten diese

Platten eine hohe Steifigkeit und damit ein verbessertes Stehvermögen. Die Dicke der Decklagen ist im allgemeinen identisch, während Mittel- bzw. Innenlagen auch dicker oder in Ausnahmefällen auch dünner dimensioniert werden (KRUG; TOBISCH; FAUST 1999). Durch die unterschiedlichen Dickenverhältnisse der Deck- und Mittellagen kön-



Abbildung 4: mehrschichtige Massivholzplatte

nen die elastomechanischen Eigenschaften bei gleichen Plattendicken stark unterschiedlich sein. Um die elastomechanischen Eigenschaften der unterschiedlich aufgebauten Massivholzplatten zu bewerten, wurde von KRUG; TOBISCH; FAUST 1999 der Begriff „Lamellenverhältnis“ eingeführt. Das Lamellenverhältnis entspricht dem Dickenverhältnis von Mittel- zu Decklage.

Produziert werden Platten in unterschiedlichen Qualitäten. Die A-Qualität ist die beste Qualität. Risse, Harzgallen, Holzverfärbungen und Anteile von Harzgallen sind hier unzulässig. Hinsichtlich der Ästigkeit sind nur festverwachsene, gesunde Äste einer Größe von maximal 30 mm bei Fichtenholz und 50 mm für Kiefer- und Lärchenholz zulässig. An die B-Qualität werden geringere Anforderungen gestellt, hier sind größere festverwachsene Äste zulässig. Vereinzelt Harzgallen sowie leichte Oberflächenrisse sind ebenfalls erlaubt. An die C-Qualität werden keine besonderen Ansprüche mehr gestellt. Bei mehrschichtigen Platten können je nach Verwendung auf der Vorderseite bzw. Rückseite verschiedene Qualitäten aufgebracht werden. Anwendung finden die Massivholzplatten sowohl im Innenbereich für Möbelbau, Boden- und Wandvertäfelungen als auch im Außenbereich als Schalungsplatten sowie als Elemente zur Fassadengestaltung. Im Holzhausbau werden in der Regel C/C- Platten als tragende und aussteifende Wandbeplankung eingesetzt (EUWID 1999c). Zur Zeit gibt es neun Hersteller, die mehrschichtige Massivholzplatten mit bauaufsichtlicher Zulassung anbieten.

3.3.1 Entwicklungsgeschichte

Die mehrschichtige Massivholzplatte entwickelte sich Mitte der 70er Jahre aus mehrschichtig verleimten Schalungsplatten. Die Formaldehydproblematik der Spanplatte in den 80er Jahren förderte den Marktdruck und die Investitionsfreude der mitteleuropäischen Holzindustrien in Produktionsanlagen für mehrschichtige Massivholzplatten zu investieren (WIESNER 1991)

3.3.2 Herstellungsprozeß

Mehrschichtige Massivholzplatten für das Bauwesen werden überwiegend aus den Nadelholzarten Fichte, Tanne, Kiefer, Lärche und Douglasie hergestellt. Als Rohstoff für die Lamellen wird neben hochwertigem Schnittholz auch Seitenware und Schwachholzsortimente eingesetzt. Um den bauaufsichtlichen Bestimmungen gerecht zu werden, müssen die Lamellen zu mindestens 90% aus nach DIN 4074 Teil 1 gütesortiertem Holz der Sortierklasse S10 hergestellt werden. Bei der Herstellung der Lamellen wird zwischen spanlosen und spanenden Verfahren unterschieden. Die spanlose Herstellung der Lamellen mit Schneidmesser-Maschinen erfolgt nahezu ohne Verschnitt und erlaubt bei einer vorherigen Dämpfung des Holzes hohe Durchsatzleistungen. Nachteile dieses Verfahrens sind die im Holz durch die Vorspaltung entstehenden

Risse und Fehlstellen, die bei der Weiterverarbeitung zu ungünstigen Oberflächeneigenschaften führen können. Die spanende Herstellung der Lamellen erfolgt mit Vielblattsägen oder Dünnschnittgattern. Durch das Aufschneiden des Holzes in Lamellen werden holzeigene Spannungen reduziert.

Für die Produktion der Platten werden Lamellen mit Lamellendicken von 5-17 mm und Lamellenbreiten von 90-190 mm hergestellt. In der Regel werden die Platten aus durchgehenden Lamellen gefertigt. Einige Hersteller verwenden eine sog. Stäbchenmittellage. Diese Mittellage besteht aus nicht durchgehenden, in der Länge stumpf gestoßenen Lamellen mit Breiten von 30-45 mm.

Im Interesse eines besseren Handlings werden die Mittellagen zumeist in speziellen Durchlauf-Verleimanlagen mit PVAC-Dispersionen als Bindemittel vorgefertigt. Für die Fugenverleimung der Decklamellen werden meist MUF-Systeme eingesetzt, die mit einer Sprüheinrichtung auf die Lamellenkanten aufgebracht werden und somit eine vollständige Beleimung gewährleisten. Die Verklebung der Mittel- und Decklagen erfolgt überwiegend mit heißhärtenden Melamin-Harnstoff-Formaldehyd-(MUF)-Harzen (KRUG et al. 1999). Um sog. „verhungerte Leimfugen“ zu verhindern sollte die Holzfeuchte der Lamellen vor der Verleimung zwischen 6 und 12% liegen. Die Leimauftragsmenge liegt bei Mehrschichtplatten aus Nadelholz üblicherweise bei 180 bis 200 g/m³ (MOHR 2000).

Fertig gelegte Mehrschichtplatten werden anschließend in Ein- oder Mehretagenpressen heiß verpreßt. Die angelegte Preßtemperatur ist abhängig von der Deck- und Mittellagenlamellendicke. Bei geringen Mittellagenstärken (z.B. 4,5 mm) muß die Preßtemperatur geringer (110°) gewählt werden, da der entstehende Dampf von schwachen Mittellagen nur geringfügig absorbiert werden kann und zu Fehlverleimungen sowie Verzug der Platten führen kann. Bei stärkeren Mittellagen ab ca. 12 mm kann mit bis zu 140° Preßtemperatur gearbeitet werden, da diese Mittellagen die entstehenden Dampfmen gen aufnehmen können (MOHR 2000). Die Temperatur in der Leimfuge soll bei Nadelholzplatten zwischen 90 und 100° liegen.

Nach der Aushärtung des Leimes müssen die Platten klimatisiert werden und verbleiben mindestens eine Woche im Stapel.

3.4 Furnierschichtholz (Laminated Veneer Lumber)

Als Furnierschichthölzer (FSH) oder Laminated Veneer Lumber (LVL) werden platten- oder balkenförmige Holzwerkstoffe bezeichnet, die aus mehreren überwiegend faserparallel verklebten Furnierschichten bestehen (HOLZLEXIKON 1993). Die einzelnen Furnierlagen werden so zusammengelegt, daß dichtschießende Schäftungsfugen entstehen. Die einzelnen Fugen sind in Abständen von mindestens 150 mm versetzt angeordnet. Diese versetzte Schichtung der einzelnen Furniere gewährleistet eine statistische Verteilung der produktionsbedingten Schwachstellen und der in den einzelnen Furnierschichten vorhandenen Holzfehler, wie z.B. Äste oder Risse (THOLE 1998). Durch dieses Prinzip wird eine hohe Vergütung des Holzes bei geringen Streuungen der Produkteigenschaften erreicht.



Abbildung 5: Furnierschichtholz

3.4.1 Entwicklungsgeschichte

Furnierschichtholz stammt ursprünglich aus dem Flugzeugbau der zwanziger Jahre. Seit 1970 wird es in Nordamerika unter dem Namen Microllam industriell gefertigt. Die Patentierung des Herstellungsverfahrens erfolgte 1970 durch die Trus-Joist-MacMillan Corporation. In Europa begann 1975 die Herstellung von Kerto Q/S Furnierschichtholz zunächst noch in einer Versuchsanlage. 1981 begann Finnforest die industrielle Fertigung in der Nähe von Helsinki/Finnland (KAIRI 1993).

3.4.2 Herstellungsprozeß

Generell ist die Produktion von Furnierschichtholz ähnlich der Produktion von Sperrholz. Zur Zeit gibt es zwei Anbieter von konstruktiv einsetzbarem Furnierschichtholz; Trus Joist MacMillan (Microllam Furnierschichtholz) und Finnforest (Kerto Furnierschichtholz). Die Produktionsprozesse der beiden Hersteller Trus Joist MacMillan und Finnforest unterscheiden sich in einigen Punkten und werden im folgenden beschrieben.

3.4.2.1 Herstellung von Microllam

Für den neuen Holzwerkstoff Microllam werden als Rohstoffe vorwiegend die Nadelholzarten Douglasie und Southern yellow pine verwendet. Zum Einsatz kommen darüber hinaus auch Drehkiefer und Yellow popular.

Die entrindeten, abgelängten und gewässerten Rohschäfte werden zu Schäl furnieren verarbeitet. Anschließend erfolgt die Trocknung der 61 cm bis 122 cm breiten und 2,5 mm bis 4,5 mm starken Furniere. Im Furniertrockner wird die Holzfeuchte auf 8 % reduziert. Der nächste Produktionsschritt ist die zerstörungsfreie Ultraschallprüfung, welche die einzelnen Furniere in E- Modul- Klassen im Bereich zwischen 10000 und 17000 N/mm² einteilt, kennzeichnet und sortiert. Anschließend erfolgt aufgrund der Klasseneinteilung eine Verteilung der Furniere innerhalb des zu erstellenden Rohlings. Furniere mit niedrigeren E- Modulen werden in der Plattenmitte angeordnet, Furniere mit hohen E-Modulen werden in den Außenschichten verwendet. Grundlage für die Ultraschallprüfung ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Ultraschalls im Furnier, welche zunächst auf Rohdichte und Schrägfaserigkeit und damit indirekt auf den E-Modul schließen läßt. In der folgenden Prozeßstation werden die Furniere in Plattenlängsrichtung orientiert. Im nächsten Produktionsschritt erfolgt die einseitige Beleimung und Lagenbildung des Furnierschichtholzrohlings. Hierbei ist zu beachten, daß die Stöße zwischen den Furnieren geschäftet oder gelappt ausgebildet werden können. Als Bindemittel zwischen den Furnieren werden Phenol-Formaldehyd-Harze eingesetzt. Die Aushärtung des Klebstoffes erfolgt in einer Heißpresse unter gleichbleibenden Druck. Bisher konnte Furnierschichtholz nur in Etagenpressen hergestellt werden, dadurch waren die Produktionslängen auf 24 m begrenzt. 1997 wurde die erste kontinuierliche Presse in Betrieb genommen. Hierbei realisierte man zudem noch eine automatische Furnierlagenschichtung und eine neuartige Mikrowellenvorwärmung des Rohlings. Diese Entwicklungen führten zu einer deutlichen Produktivitätssteigerung und einer Reduzierung der Produktionskosten (THOLE 1998). Außerdem sind jetzt auch größere Produktionslängen realisierbar.

Im letzten Produktionsschritt erfolgt nach der Besäumung und Längsaufteilung die Sortierung der Furnierschichthölzer hinsichtlich Güte und Dimension.

3.4.2.2 Herstellung von Kerto Furnierschichtholz

Als Rohstoff für Kerto-Q oder Kerto-S werden Fichten- oder Kiefernrohschäfte verwendet. Kerto-Q und Kerto-S unterscheiden sich durch die Ausrichtung der einzelnen Furnierlagen. Während Kerto-S die gleiche faserparallele Anordnung der Furniere zur Herstellungsrichtung wie Microllam aufweist, wird bei Kerto- Q systematisch eine geringe Anzahl von Furnieren mit ihrer Tracheidenstruktur

rechtwinklig zur Produktionsrichtung ausgerichtet. Aus den verschiedenen Lagenorientierungen ergeben sich für die zwei Produkte unterschiedliche Eigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten; Kerto-Q für plattenförmige und Kerto-S für stabförmige Anwendungen.

Der Produktionsablauf beginnt mit dem Zuschnitt der gewässerten maximal 75 cm starken Rohschäfte auf eine Länge von 1,8 m. Im Anschluß an die nun folgende Schälung werden die Furniere auf gleiche Breiten geclippt. Die Dicke der einzelnen Furniere beträgt 3,2 mm. Nach dem Trocknen der Schälurniere erfolgt die einseitige Beleimung mit einem Phenol-Formaldehyd-Harz. Im nächsten Produktionsschritt werden die Furniere geschichtet. Die geschäfteten Stöße sind im Abstand von mindestens 150 mm versetzt angeordnet. Nach einer Vorpressung gelangen die Platten in die Heißpresse. Dort werden sie bei einer Temperatur von 140 °C und einem Druck von ca. 1,5 N/mm² verpreßt. Die auf diese Art und Weise produzierten Furnierschichtholzplatten haben Abmessungen von 23 m x 1,8 m und Plattendicken von 21 mm bis 75 mm. Als letzter Produktionsschritt erfolgt die Besäumung und Längsaufteilung der Platten.

3.5 Spanstreifenholz (Laminated Strand Lumber)

Das Kürzel LSL steht für das englische Laminated Strand Lumber, zu deutsch: Langspanholz oder Spanstreifenholz. Dieser platten- oder balkenförmig angebotene Holzwerkstoff besteht aus ca. 300 mm langen, 25 mm bis 40 mm breiten und 1 mm dicken Schneidspänen, die mit einem feuchteresistenten Leimharz verklebt werden.



Abbildung 6: Langspanholz

Mögliche Einsatzbereiche reichen vom Innenausbau über industrielle Anwendungen bis hin zum konstruktiven Holzbau. LSL hat eine ausgezeichnete Formstabilität und läßt sich mit herkömmlichen Maschinen gut bearbeiten. Die Festigkeitseigenschaften liegen in einem engen Streuungsbereich und können dem Einsatzgebiet angepaßt werden (MERZ 1993). Die Festigkeitseigenschaften von Spanstreifenholz sind mit denen von Nadelholz, der Güteklasse I, zu vergleichen.

Unter dem Produktnamen Timberstrand P für plattenförmige Anwendungen und Timberstrand S für stabförmige Anwendungen wird dieser neue Holzwerkstoff von der Firma Trus- Joist- MacMillan in USA hergestellt.

3.5.1 Entwicklungsgeschichte

Den Anstoß für die Entwicklung von Spanstreifenhölzern gab die Diskussion über die Nutzung der Primärwälder im Nordwesten der USA und im Westen Kanadas. Diese führte dazu, daß die Holzindustrie verstärkt nach neuen Wegen zur Deckung des Bedarfs an erstklassigem Bauholz zu suchen begann, ohne dabei auf den Einschlag von Primärwäldern angewiesen zu sein.

Mit Beginn der achtziger Jahre entwickelten Forscher des Konzerns MacMillan Bloedel das Konzept für einen Holzwerkstoff aus langen Spänen, der in großen Platten und in Dicken bis zu 140 mm hergestellt werden kann. Es sollte ein Holzwerkstoff sein, der formstabil, einfach zu bearbeiten und in vielen Abmessungen erhältlich ist (MERZ 1993). Mitte der achtziger Jahre wurde nach Verfahren gesucht, um den Produktionsprozeß möglichst wirtschaftlich zu gestalten. In Deutschland fand man z.B. einen Zerspaner, der es ermöglichte, hochwertige Späne in Längen von 300 mm herzustellen. Außerdem stieß man dort auf eine Dampf injektionspresse, die den eigentlichen Schlüssel zu einer wirtschaftlichen Produktion darstellte (MERZ 1993). 1987 wurde LSL erstmals in größerer Menge hergestellt. 1989 bewilligte MacMillan Bloedel 74 Mio. Dollar für den Bau der ersten Produktionsstätte in Deerwood, Minnesota, USA. Die Aufnahme der Produktion erfolgte im Jahr 1991.

3.5.2 Herstellungsprozeß

Für die Herstellung von Timberstrand setzt man als Rohstoff die Laubholzarten amerikanische Zitterpappel und großzahnige Pappel ein.

Die 2,5 m langen und zwischen 10 und 50 cm dicken Rundholzstücke werden vor der Verarbeitung etwa fünf Stunden in 60° C warmen Wasser gelagert. Danach passiert das Rundholz einen Metalldetektor. Darauf folgt das Entrinden und Ablängen. Jetzt gelangt das Holz in einen Zerspaner, in dem es in lange Späne (Strands) von 300 mm Länge, 25 mm Breite und 0,9 mm Dicke zerkleinert wird (JENSEN; KRUG 1999). Im nächsten Produktionsschritt werden die Strands in einem Trockner bei 400 °C auf einen Holzfeuchtegehalt von 8-10% getrocknet. Vom Trockenbehälter gelangt das Spanmaterial in große Beleimtrommeln, in denen die Strands mit flüssigem Isocyanatleim (MDI) gemischt werden. Vor und nach der Trocknung werden zu kurze Strands aussortiert. Der nächste Fertigungsschritt ist der Streuvorgang. Spezialstreueinrichtungen sorgen hier für eine Ausrichtung der Späne in Längsrichtung und eine gleichmäßige Verteilung über die Breite (TRUS JOIST MACMILLAN Werbeunterlagen, 1999). Die Dicke der Spanmatte beträgt ca. 1,2 m, sie ist damit ungefähr achtmal so dick wie die fertige Platte. Gepreßt werden die Platten in einer Einetagendampf injektionspresse. Das Injizieren von Wasserdampf bewirkt eine schnelle und gleichmäßige Erwärmung

der Matte und damit auch eine gleichmäßige Abbindung des Leimes über die gesamte Plattendicke. Die Abmessungen der fertigen Platte sind nur beschränkt durch die Größe der Presse. Zur Zeit werden Platten in Abmessungen von 2,44 m × 10,67 m hergestellt. Die Plattendicken variieren zwischen 25- 140 mm wobei die Dauer der Preßzyklen für dünne und dicke Platten fast gleich ist. Der gesamte Herstellungsprozeß wird sowohl „on line“ als auch „off line überwacht“. So kann umgehend auf Unterschreitungen des Produktionsstandards reagiert werden (MERZ 1993).

Im Gegensatz zu Sperrholz und Spanplatte gibt es für LSL kein Standardsortiment. Die großformatigen Platten werden je nach Kundenwunsch meist in stabförmige Dimensionen aufgetrennt (RUSKE 1999).

3.6 Furnierstreifenhölzer (Parallel Strand Lumber)

Furnierstreifenhölzer bestehen aus vielen Furnierstreifen. Die Furnierstreifen sind maximal 260 cm lang, 1,3 cm breit, 3 mm dick und werden vorwiegend zu balkenförmigen Bauteilen verleimt. Furnierstreifenhölzer sind vielseitig einsetzbar und eignen sich sowohl für den Einsatz im traditionellen Holzbau als auch im Ingenieurholzbau. Gründe hierfür sind die hohen zulässigen Zug- und Druckspannungen.



Abbildung 7: Furnierstreifenholz

Das Firmenprodukt Parallam der Firma Trus-Joist-MacMillan ist zur Zeit das einzige Produkt aus langen Schäl-furnierstreifen, die alle in der gleichen Richtung orientiert sind (Furnierstreifenholz).

3.6.1 Entwicklungsgeschichte

Für die Entwicklung von Furnierstreifenholz gab es mehrere Gründe. Zum einen wünschten sich Ingenieure und Zimmerleute ein leistungsfähiges, zuverlässiges Material mit gleichbleibenden in einem engen Streubereich liegenden mechanischen Eigenschaften. Zum anderen wollte man auch aus minderwertigem Rundholz und aus Stämmen mit kleineren Durchmessern ein hochwertiges Bauprodukt herstellen und so das vorhandene Rohmaterial besser nutzen (MERZ; HEGNER 1993).

Parallam wurde 1969 von dem kanadischen Forscher Derek Barnes erfunden. Die eigentlichen Entwicklungsarbeiten begannen aber erst 1974 in den Labors von Trus-Joist- MacMillan. 1978 begann man in einer Versuchsanlage in Vancouver, B.C., Kanada, kleine Mengen des Furnierstreifenholzes herzustellen. Im Jahre 1988 wurde die

Versuchsanlage aufgrund der großen Nachfrage nach Parallam erweitert. Gleichzeitig begann man mit dem Bau eines zweiten Werkes in Colbert, Georgia, USA.

Im gleichem Jahr wurden die Forscher, die für die Entwicklung von Furnierstreifenholz verantwortlich waren, vom König von Schweden mit dem „Marcus Wallenberg Preis“ für bahnbrechende Forschungen auf dem Gebiet der Holzforschung ausgezeichnet (MERZ; HEGNER 1993).

3.6.2 Herstellungsprozeß

Für die Produktion von Furnierstreifenholz werden als Rohmaterial vorwiegend die Nadelholzarten Southern Pine und Douglasie eingesetzt. Für die Zukunft ist auch der Einsatz von Western Hemlock geplant. Das jeweilige Furnierstreifenholz besteht aber immer nur aus einer Holzart. Parallam aus Douglasienfurnieren wird in den USA und Kanada eingesetzt, nach Europa werden nur Furnierstreifenhölzer aus Kiefernstreifen exportiert (MERZ; HEGNER 1993).

Das eingesetzte Rundholz wird entweder im Werk selbst geschält oder als fertiges Furnier von einem Furnierwerk gekauft. Als Ausgangsmaterial verwendet man Schäl-furniere mit den Abmessungen 260 cm x 122 cm x 3 mm. Im folgenden Produktions-schritt werden die Furniere auf eine Holzfeuchte von 8 % heruntergetrocknet. Anschließend werden Äste und andere mechanische Fehlstellen ausgeschnitten. Gleich-zeitig werden die 122 cm breiten Furnierblätter mit Kappmessern (Clippern) in etwa 12 mm breite Streifen geschnitten. Da das visuelle Erscheinungsbild des späteren Trä-gers nur von untergeordneter Bedeutung ist, verwendet man auch sogenannte „An-schäler“ aus der Sperrholz- und Furnierindustrie, die dort als Abfallprodukte anfallen.

Die Sortierung der Furnierstreifen zur Einhaltung der E- Modul-Werte wird wie bei der Microllam- Produktion durch eine Ultraschallprüfung durchgeführt. Die zugeschnittenen und sortierten Furnierstreifen werden längs zur Produktionsrichtung orientiert und einer Tauchstation zugeführt. In dieser Station werden die Strands mit einer Mischung aus Phenol- Formaldehyd- Harz und Paraffin benetzt. Die Zugabe von Paraffin führt zu einer vorübergehenden Absenkung der Gleichgewichtsholzfeuchte des fertigen Pro-duktes. Anschließend erfolgt die parallele Aufsichtung der Furnierstreifen in einem Förderbandkanal. Der Grad der parallelen Ausrichtung der Streifen entlang der Längs-achse des zu fertigenden Balkens und die gleichmäßige Verteilung der Streifenenden über den Querschnitt ist ausschlaggebend für die Festigkeitseigenschaften des fertigen Balkens. Die Furnierstreifenhölzer werden in einer Durchlaufpresse gepreßt. Während des Preßvorgangs wird der Rohling mit Hilfe von Mikrowellenenergie erwärmt. Diese Technik garantiert eine konstante Temperatur über den gesamten Querschnitt und damit die optimale Aushärtung des Klebstoffes. Der durch den Preßvorgang dem Rohmaterial gegenüber verdichtete Balken hat Abmessungen von ca.

290 mm x 500 mm und eine Länge von maximal 20 m (THOLE 1998). Mit einer Bandsäge werden die ihrem Aufbau nach „viereckigen Bäume“ je nach Kundenwunsch aufgeschnitten und geschliffen.

3.7 Trägersysteme (Verbundwerkstoffe)

Diese balkenförmigen Werkstoffe sind Doppel-T-Träger mit Gurten aus Vollholz oder Furnierschichtholz und Stegen aus Vollholz, Dreischichtplatten, Hartfaserplatten, Sperrholz, Spanplatten, OSB oder Stahlblech. Stegträger setzt man in der Regel für Bauteile ein, die auf Biegung beansprucht werden. Die Abtragung der Zug- und Druckkräfte erfolgt über Ober- und Untergurte. Die Schubkräfte werden vom Steg aufgenommen. Der Vorteil dieser Produkte liegt u.a. im einem guten Verhältnis von Eigengewicht zu Tragfähigkeit und Materialersparnis. Durch die sehr hohe Dimensionsstabilität werden in Geschoßdecken die sonst typischen Setzungen von waagrecht verbautem Vollholz vermieden (RUSKE 1999).

Neben dem Einsatz als Träger sind auch Verwendungen als Wandständer oder Sparren möglich.



Abbildung 8: Doppel-T-Träger aus Holzwerkstoffen

3.7.1 Entwicklungsgeschichte

Die Entwicklung von Trägersystemen begann in den USA mit der Suche nach neuen Wegen zur Deckung des Bedarfs an erstklassigem Bauholz, ohne dabei auf den Einschlag von Primärwäldern angewiesen zu sein. Ziel war es ein Produkt zu entwickeln, das in großen Mengen, dimensionsstabil, leicht, einfach zu bearbeiten und in vielen Abmessungen erhältlich ist (FENDLEY 1995). Durch das Prinzip eines Doppel-T-Trägers aus Holzwerkstoffen wurde dieses Ziel erreicht. In den 80er Jahren begann Trus Joist MacMillan in Nordamerika die Produktion von Doppel-T-Trägern aus Holzwerkstoffen.

3.7.2 Herstellungsprozeß

Das Herstellungsverfahren besteht im wesentlichen aus der Verleimung von zwei Gurten mit einem dazwischenliegendem Steg, bestehend aus den verschiedenen oben aufgeführten Materialien. Je nach Anforderungen an die spätere Tragfähigkeit werden unterschiedliche Dimensionen und Materialien für Gurte und Stege verwendet. Die Gurtbreiten variieren von 45 mm bis 120 mm. Die Dicke eines Gurtes beträgt ca.

30 mm bis 70 mm, je nach Werkstoff und Hersteller. Die Stege sind je nach späterer Schubkraftaufnahme und Material zwischen 9 mm und 12 mm stark.

Die Gurte werden zur Aufnahme der leicht konisch gefrästen Stegpaneele so genutet, daß sich während des Zusammenfügens beider Teile ein Preßdruck sowohl am Nutgrund, als auch an den Flanken aufbaut. Zur Verleimung der einzelnen Komponenten werden Resorcinharze oder Phenolresorcinharze in die Nuten der Gurte, sowie an die Stegpanelschmalseiten aufgebracht. Anschließend werden Gurte und Stege kontinuierlich verpreßt, wobei die Produktionsgeschwindigkeit ca. 90 m/min beträgt. Nach dem Preßvorgang werden die Träger auf Länge zugeschnitten. In einem Heißlufttrockner erfolgt dann die Aushärtung der Leime.

4 Anforderungen an neue Holzwerkstoffe im Bauwesen

Nachdem im vorherigen Kapitel die verschiedenen neuen Holzwerkstoffe vorgestellt wurden, wird nun erläutert welche Anforderungen und Voraussetzungen diese Produkte erfüllen müssen, um im Bauwesen eingesetzt werden zu können.

4.1 Rechtliche Grundlagen und Anforderungen

Werden Holzwerkstoffe für sicherheitsrelevante, die Standsicherheit und mechanische Festigkeit von Gebäuden bzw. Gebäudeteilen beeinflussenden Konstruktionen verwendet, dann unterliegen die Werkstoffe und die daraus gefertigten Bauteile den gesetzlichen Anforderungen an Bauprodukte (TOBISCH 1999). Die Einhaltung dieser Anforderungen ist nachzuweisen und durch überwachte, verwendungsgerechte und baumustergerechte Herstellung der Werkstoffe zu sichern. Die Bauproduktenrichtlinie (Richtlinie 89/106 EWG) der Europäischen Gemeinschaften definiert die wesentlichen Anforderungen an Bauprodukte. Werden in den Mitgliedstaaten Bauprodukte in Verkehr gebracht, so müssen sie brauchbar sein. D.h. die Bauwerke, in die Bauprodukte eingebaut werden, müssen folgenden Anforderungen der Bauproduktenrichtlinie entsprechen:

- Mechanische Festigkeit und Standsicherheit,
- Brandschutz,
- Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz
- Nutzungssicherheit,
- Schallschutz und
- Energieeinsparung und Wärmeschutz (EWG 1994).

„Brauchbare“ Bauprodukte sind durch das CE-Zeichen gekennzeichnet. Im 1. Grundlegendokument, Anhang 1 (EWG 1994) sind die Produkte der Holzwerkstoffbranche definiert, die „für die wesentlichen Anforderungen hinsichtlich mechanischer Festigkeit und Standsicherheit als bedeutsam erachtet werden“ (TOBISCH 1999). Diese Produkte sind:

- Bauholz (Rundholz, Balken, Bohlen, geschnitten und querverfugt),
- Verleimtes Schichtholz (Brettschichtholz, gerade oder gebogen),
- anders verleimte Holzprodukte,
- Leitungsmaste,
- Platten auf Holzbasis (Sperrholz, Spanplatten, Faserplatten, Platten mit gerichteten Spänen (OSB), zementgebundene Spanplatten usw.),
- Klebstoffe,
- Mechanische Verbindungsmittel (Nägel, Klammern Schrauben usw.),
- Dübel besonderer Bauart und Nagelplatten (Einpreßdübel, ein- und zweiseitige Ringdübel).

Für diese Produkte muß die Brauchbarkeit im Sinne der Bauproduktenrichtlinie nicht nachgewiesen werden.

Aus der Bauproduktenrichtlinie (89/106 EWG) leitet sich das deutsche Bauproduktengesetz (Bau-PG, Fassung Februar 1992) ab. Demnach dürfen Bauprodukte in Deutschland nur in Verkehr gebracht werden, wenn sie dem Bau-PG entsprechen. In §2 (1) werden Bauprodukte definiert als:

„Baustoffe, Bauteile und Anlagen, die hergestellt werden, um dauerhaft in bauliche Anlagen des Hoch- und Tiefbaus eingebaut zu werden, aus Baustoffen und Bauteilen vorgefertigte Anlagen, die hergestellt werden, um mit dem Erdboden verbunden zu werden, wie Fertighäuser, Fertigaragen und Silos (Bau-PG 1992)“.

Das Bau-PG (Bundesrecht) wurde über die Musterbauordnung (MBO, Fassung 1993) vollinhaltlich in die Länderbauordnungen (LBO, Landesrecht) umgesetzt, die ihrerseits die Verwendung von Bauprodukten im nationalen Rahmen regeln (BALMER 1998)

4.2 Geregelte /nicht geregelte Bauprodukte

Bauprodukte werden in Abhängigkeit von der Bedeutung für das Bauwerk und in Abhängigkeit von Sicherheitsaspekten in verschiedene Gruppen unterteilt, die sich hinsichtlich des Aufwandes für den Verwendbarkeitsnachweis unterscheiden. Nach §20 MBO gibt es drei Gruppen von Bauprodukten:

geregelte Bauprodukte

Bauprodukte, die Technischen Regeln (DIN- oder DIN EN Normen) entsprechen, die in der Bauregelliste A1 des deutschen Institutes für Bautechnik in Berlin (DIBt) bekanntgemacht und damit bauaufsichtlich eingeführt sind. Die hier bekanntgemachten technischen Regeln gelten als Technische Baubestimmungen (z.B. Flachpreßplatten für das Bauwesen).

nicht geregelte Bauprodukte

Bauprodukte, die den in der Bauregelliste A1 bekanntgemachten Technischen Regeln nicht entsprechen bzw. für die es keine anerkannten Regeln der Technik gibt (z.B. Leimholz, Mehrschichtplatten). Nicht geregelte Bauprodukte von bauordnungsrechtlicher untergeordneter Bedeutung sind in Bauregelliste C aufgelistet (z.B. nichttragende Trennwände).

sonstige Bauprodukte

Bauprodukte, für die es Technische Regeln gibt, für die aber keine Verwendbarkeitsnachweise gefordert werden (z.B. Fensterbänke inklusive Befestigungen).

4.3 Bauregellisten

Bauregellisten sind Teil der Länderbauordnungen. Sie sagen dem Anwender welche Bauprodukte geregelt oder nicht geregelt sind und wie diese einzusetzen sind. Bauregellisten geben Aufschluß über Verwendbarkeits- und Übereinstimmungsnachweise von Bauprodukten für die es noch keine Normen oder europäische Zulassungen gibt. Erhältlich sind Bauregellisten beim Deutschen Institut für Bautechnik. Man unterscheidet Bauregelliste A, B und C.

4.3.1 Bauregelliste A

Bauregelliste A besteht aus drei Teilen (BALMER 1998):

Teil 1 enthält die geregelten Bauprodukte und gibt an welche technischen Regeln (DIN Normen, DIN EN Normen) für Bauprodukte gelten, damit sie die sicherheitsrelevanten Anforderungen der LBO an Standsicherheit, Brand-, Wärme- und Schallschutz erfüllen können.

- 3 **Bauprodukte für den Holzbau**
 3.1 Bauholz
 3.2 Holzwerkstoffe und andere Plattenwerkstoffe

Md. Nr.	Bauprodukt	Technische Regeln	Übereinstimmungsnachweis	Verwendbarkeitsnachweis bei wesentl. Abweichung von den technischen Regeln
1	2	3	4	5
3.1.1	Normalentflammbares Vollholz	DIN 1052-1 : 1988-04, DIN 1052-1/A1 : 1996-10 Zusätzlich gilt: DIN 4102-4 : 1994-03 in Verbindung mit Anlage 0.2	ÜH	Z

Abbildung 9: Auszug aus der Bauregelliste A Teil 1

Die Bauregelliste A Teil1 gibt nicht nur an, welche technischen Regeln für welche Bauprodukte gelten , sondern auch was zu tun ist, wenn man wesentlich von diesen Regeln abweicht.

Teil 2 enthält die nicht geregelten Bauprodukte für die es keine technischen Baubestimmungen oder allgemein anerkannte Regeln der Technik gibt und bei deren Verwendung keine erheblichen Anforderungen an die Sicherheit baulicher Anlagen gestellt werden oder die nach allgemein anerkannten Prüfverfahren beurteilt werden.

2 **Bauprodukte, die nach allgemein anerkannten Prüfverfahren beurteilt werden**

Md. Nr.	Bauprodukt	Verwendbarkeitsnachweis	anerkanntes Prüfverfahren nach	Übereinstimmungsnachweis
1	2	3	4	5
2.1	Vorgefertigte Decken, Dächer, Unterdecken, Doppelböden, Stützen, Träger, Unterzüge, Treppen und tragende Wände, die mit Ausnahme der Feuerwiderstandsdauer oder des Schallschutzes von den technischen Regeln der Bauregelliste A Teil 1 nicht wesentlich abweichen	P	Je nach Verwendungszweck gilt: DIN 4102-2 : 1977-09 in Verbindung mit Anlage 0.1 der Bauregelliste A Teil 1 (für Brandwände DIN 4102-3 : 1977-09) DIN 52210-1 : 1984-08	ÜH, sofern sich nicht aus der Bauregelliste A Teil 1 für diese Bauprodukte eine andere Art des Übereinstimmungsnachweises ergibt

Abbildung 10: Auszug aus der Bauregelliste A Teil 2

Teil 3 enthält Bauarten, die von technischen Bestimmungen wesentlich abweichen oder für es allgemein anerkannte Regeln der Technik nicht oder nicht für alle Anwendungen gibt und die hinsichtlich der Erfüllung der Anforderungen ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis benötigen

lfd. Nr.	Bauart	Anwendbarkeitsnachweis	anerkanntes Prüfverfahren nach	Übereinstimmungsnachweis
1	2	3	4	5
1	Bauarten zur Errichtung von Decken, Dächern, Unterdecken, Doppelböden, Hohlraumstrichen, Stützen, Trägern, Unterzügen, Treppen und tragenden Wänden, an die Anforderungen an die Feuerwiderstandsdauer oder den Schallschutz gestellt werden. Das gilt nicht für die Teile baulicher Anlagen, an die weitere Anforderungen gestellt werden, wenn die maßgebenden Bauarten von Technischen Baubestimmungen wesentlich abweichen oder wenn es für die maßgebenden Bauarten keine allgemein anerkannten Regeln der Technik gibt.	P	Je nach Anwendungszweck gilt: DIN 4102-2 : 1977-09 in Verbindung mit Anlage 0.1 der Bauregelliste A Teil 1 (für Brandwände DIN 4102-3 : 1977-09), DIN 52210-1 : 1984-08	ÜH

Abbildung 11: Auszug aus der Bauregelliste A Teil 3

Die Bauregelliste A Teil 1 gibt nicht nur an, welche technischen Regeln für welche Bauprodukte anzuwenden sind, sondern auch welches Übereinstimmungsnachweisverfahren anzuwenden ist, wenn wesentlich von der technischen Regel abgewichen wird. Dieses bedeutet, daß ein Hersteller dessen Produkt wesentlich von der technischen Regel abweicht, in der Bauregelliste nachlesen kann, welcher Nachweis der Verwendbarkeit erbracht werden muß, damit das Bauprodukt verwendet werden darf. Man unterscheidet zwei Nachweise der Verwendbarkeit:

- die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung „Z“
 - und
 - das allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnis „P“,
- die beide vom Deutschen Institut für Bautechnik geführt und veröffentlicht werden.

4.3.2 Bauregelliste B

In Bauregelliste B werden Bauprodukte aufgenommen, die das CE-Zeichen tragen oder die nach den Vorschriften der Mitgliedsstaaten der Europäischen Union und der Vertragsstaaten des Abkommens zur Umsetzung von Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft in Verkehr gebracht und gehandelt werden dürfen (BAUREGELLISTE 1997). Ähnlich der Bauregelliste A besteht auch die Bauregelliste B aus mehreren Teilen:

Teil 1 enthält harmonisierte technische Spezifikationen nach der Bauproduktenrichtlinie. Hier werden zukünftig Bauprodukte aufgeführt, die aufgrund des Bauproduktengesetzes oder aufgrund der Bauproduktenrichtlinie (EWG 1994) in Verkehr gebracht und

gehandelt werden. Für diese Bauprodukte werden unter Angabe der technischen Spezifikationen die abhängig vom Verwendungszweck einzuhaltenden Klassen oder Leistungsstufen festgelegt (TOBISCH 1999). Teil 1 der Bauregelliste B ist aber zur Zeit noch leer, da es noch keine harmonisierten technischen Regeln, wie EN-Normen oder europäisch anerkannte nationale Normen, oder auch europäische technische Zulassungen gibt (BALMER 1998).

Teil 2 enthält „teil-geregelte“ Bauprodukte. Teil-geregelt deshalb, da sie zwar nach einigen EG-Richtlinien beurteilt aber noch nicht abschließend für alle wesentlichen Anforderungen nach dem Bauproduktengesetz geregelt sind. Dieses bedeutet, daß Bauprodukte der Bauregelliste B Teil 2 neben einer CE-Kennzeichnung noch einen Verwendbarkeitsnachweis (allg. bauaufs. Zulassung., allg. bauaufs. Prüfzeugnis oder technische Regel, z.B. DIN-Norm) und eines Übereinstimmungsnachweises (Ü-Zeichen) bedürfen.

4.3.3 Bauregelliste C

Hier ordnet man Bauprodukte ein, für die es weder technische Baubestimmungen noch allgemein anerkannte technische Regeln gibt und für die die Erfüllung bauordnungsrechtlicher Anforderungen von untergeordneter Bedeutung ist (TOBISCH 1999).

4.3.4 Einstufung von Bauprodukten

Will ein Hersteller nun ein Bauprodukt, in diesem speziellen Fall einen neuen Holzwerkstoff, in Verkehr bringen, so kann er sein Produkt durch das unten beschriebene System einordnen.

Entspricht das neue Bauprodukt (z.B. ein neuer Holzwerkstoff) den allgemein anerkannten technischen Regeln, so handelt es sich um ein geregeltes Bauprodukt und es sind keine Sondernachweise nötig.

Weichen neue Holzwerkstoffe von den technischen Regeln wesentlich ab oder es gibt keine bekanntgemachten technischen Regeln, dann handelt es sich hier um ein nicht geregeltes Bauprodukt. In diesem Falle ist als Verwendbarkeitsnachweis eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung „Z“ oder ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis „P“ notwendig. Die in den Zulassungen oder Prüfzeugnissen gemachten Vorgaben z.B. über bestimmte Eigenschaften eines Holzwerkstoffes müssen den tatsächlichen Eigenschaften übereinstimmen. Aus diesem Grunde sind für nicht geregelte Bauprodukte Übereinstimmungsnachweise zu führen. Man unterscheidet drei verschiedene Übereinstimmungsnachweise:

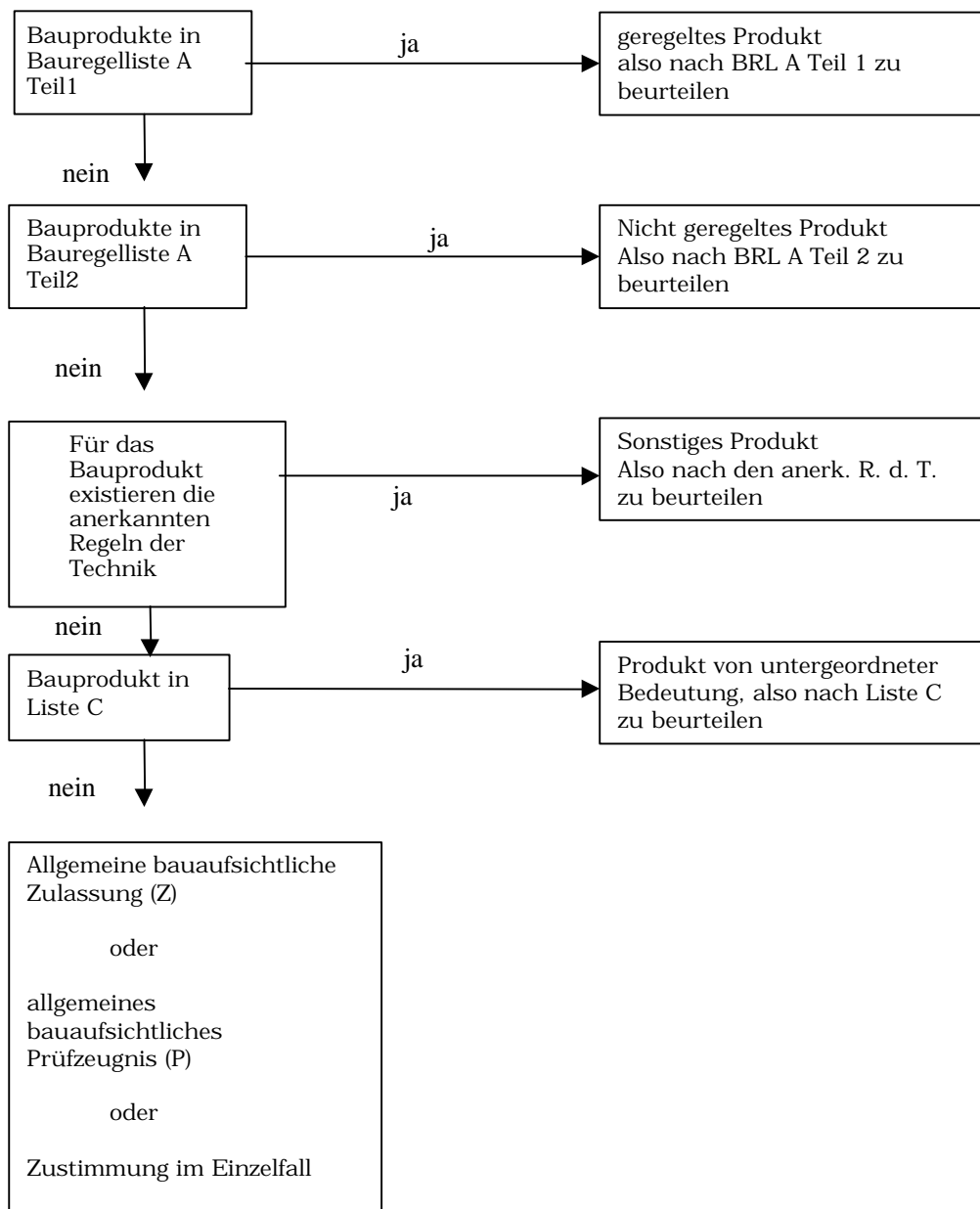


Abbildung 12: Entscheidungshilfe für die Einstufung von Bauprodukten (nach BALMER 1998)

- ÜZ – Übereinstimmungszertifikat durch eine amtlich anerkannte Zertifizierungsstelle,
- ÜHP – Übereinstimmungserklärung des Herstellers nach vorheriger Prüfung des Bauproduktes durch eine anerkannte Prüfstelle und
- ÜH - Übereinstimmungserklärung des Herstellers.

Abbildung 13 zeigt beispielhaft das Muster eines Übereinstimmungszeichens für V100 Spanplatten nach DIN 68 763.



Abbildung 13: Muster eines Übereinstimmungszeichens

4.4 Anforderungen an Holzwerkstoffe nach DIN 1052

Für die Bemessung und Ausführung von hölzernen Tragkonstruktionen des Hoch- und Brückenbaus sind in Deutschland die Normen:

DIN 1052 Teil 1	Holzbauwerke; Berechnung und Ausführung,
DIN 1052 Teil 2	Holzbauwerke; Mechanische Verbindungen,
DIN 1052 Teil 3	Holzbauwerke; Holzhäuser in Tafelbauart,
DIN 1074	Holzbrücken; Berechnung und Ausführung,
in Verbindung mit den Normen,	
DIN 1055 Teil 1 bis Teil 6	Lastannahmen für Bauten,
DIN 1072	Straßen- und Wegbrücken; Lastannahmen
maßgebend (VON HALÁZ; SCHEER 1989).	

Ferner sind für Holzwerkstoffe und Bauholz folgende Normen zu beachten:

DIN 4074 Teil 1	Bauholz für Holzbauteile; Gütebedingungen für Bauschnittholz (Nadelholz),
DIN 4074 Teil 2	Bauholz für Holzbauteile; Gütebedingungen für Baurundholz (Nadelholz),
DIN 69705 Teil 3	Sperrholz; Bau-Furniersperrholz,
DIN 68705 Teil 5	Sperrholz; Bau-Furniersperrholz aus Buche,
DIN 68754 Teil 1	Harte und mittelharte Holzfaserplatten für das Bauwesen; Holzwerkstoffklasse 20,
DIN 68763	Spanplatten; Flachpressplatten für das Bauwesen, Begriffe, Eigenschaften, Prüfung, Überwachung,

Für neue Holzwerkstoffe ist die Verwendbarkeit bzw. Anwendbarkeit des jeweiligen Produktes mit einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung des Institutes für Bau-

technik, Berlin, nachzuweisen. Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung ersetzt nicht die für die Durchführung von Bauvorhaben gesetzlich vorgeschriebenen Genehmigungen, Zustimmungen und Bescheinigungen. Vielmehr werden in den bauaufsichtlichen Zulassungen die Eigenschaften der neuen Holzwerkstoffe festgelegt, um Entwurf, Bemessung und Ausführung nach geltenden Normen, DIN 1052 oder Eurocode 5, zu ermöglichen.

Mit den verschiedenen Lastfällen aus DIN 1055 sind nach DIN 1052 Teil 1 bis 3 und nach DIN 1074 folgende Nachweise zu führen (MÖNCK 1998):

- **Standsicherheitsnachweis**, durch den Standsicherheitsnachweis ist die ausreichende Sicherheit gegen Abheben von Lagern und gegen Umkippen nachzuweisen.
- **Spannungsnachweis**, durch den Spannungsnachweis ist nachzuweisen, daß die größten rechnerischen Spannungen die zulässigen Spannungen der Bauteile (z.B. neue Holzwerkstoffe) und Verbindungsmittel nicht überschreiten.
- **Stabilitätsnachweis**, durch den Stabilitätsnachweis ist nachzuweisen, daß auf Druck beanspruchte Bauteile (z.B. Ständer/Stützen) ausreichende Sicherheit gegen Knicken und Kippen aufweisen.
- **Gebrauchstauglichkeit/ Formänderung**, hier ist nachzuweisen, daß durch die Verformung (z.B. Durchbiegung eines Trägers) die Funktion oder die Nutzung der Bauteile oder des gesamten Tragwerkes nicht beeinträchtigen.

Durch diese Nachweise wird ermittelt, welche tatsächlichen Beanspruchungen z.B. Spannungen (σ) oder Durchbiegungen (f) auftreten und ob die durch Normen oder bauaufsichtlichen Zulassungen gewährleisteten Eigenschaften z.B. zulässige Spannungen, Elastizitäts- und Schubmodule der Bauteile (hier Holzwerkstoffe) ausreichen, um die Anforderungen die sich aus den Nachweisen ergeben zu erfüllen.

Zur Führung dieser Nachweise wird das zu berechnende Bauwerk, beginnend mit den Lasten des Daches, von oben nach unten in für die Konstruktion wichtige einfache statische Systeme (Positionen), z.B. Einfeldträger, Zweifeldträger, Stützen, Wand/Dachscheiben, eingeteilt.

4.4.1 Zulässige Spannungen

Durch die Lasten, die sich von Geschoß zu Geschoß aufaddieren und auf die verschiedenen Bauteile aufgeteilt werden, entstehen in den Werkstoffen, aus denen die Bauteile bestehen, Spannungen. Um die Sicherheit einer Konstruktion zu gewährleisten, dürfen die tatsächlich auftretenden Spannungen (σ_{tats}) innerhalb eines Bauteils

die zulässigen Spannungen aus der DIN bzw. aus den bauaufsichtlichen Zulassungen des jeweiligen Werkstoffes (σ_{zul}) nicht überschreiten, d.h. $\sigma_{tats} \leq \sigma_{zul}$.

Zur Ermittlung der tatsächlichen Spannungen werden zuerst die Schnittgrößen der statischen Systeme bestimmt, z.B. für einen Einfeldträger.

Hier gilt für das Moment M :

$$M = \frac{q l^2}{8} \quad (\text{SCHNEIDER 1996}) \quad l = \text{Länge des Balkens}$$

$q = \text{Eigengewicht \& Verkehrslast}$

Die tatsächliche Spannung (hier Biegespannung σ_B) ergibt sich aus

$$\sigma_B = \frac{M}{W_n} \quad (\text{SCHNEIDER 1996}) \quad W_n = \text{nutzbares Widerstandsmoment abhängig von}$$

Breite und Höhe des Querschnittes, beinhaltet den Nettoquerschnitt, abzüglich Querschnittsschwächungen durch z.B. Verbindungsmittel

Die tatsächliche Biegespannung ($\sigma_{B \text{ tats}}$) darf die durch die DIN bzw. die bauaufsichtlichen Zulassung gewährleistete, zulässige Biegespannung ($\sigma_{B \text{ zul}}$) nicht überschreiten.

4.4.2 Rechenwerte für Elastizitäts- und Schubmodule

Auf die Bestimmung der tatsächlichen herrschenden Spannungen erfolgt die Ermittlung der tatsächlichen Durchbiegung. Denn es ist möglich, daß die zulässigen Spannungen nicht überschritten werden, die tatsächliche Durchbiegung aber die Gebrauchstauglichkeit beeinträchtigt. Zur Sicherung der Gebrauchstauglichkeit von Bauteilen und Bauwerken sind bestimmte Grenzwerte für Durchbiegungen einzuhalten. Z.B. darf die maximale Durchbiegung $zul f$ nicht mehr als ein dreihunderstel der Gesamtlänge (l) des Biegeträgers betragen: $zul f < l/300$. Die Durchbiegung eines Trägers ist abhängig von Elastizitäts- und Schubmodul des verwendeten Werkstoffes sowie von der Länge, dem Eigengewicht, der Verkehrslast und dem Querschnitt des Trägers. Die Berechnung der Durchbiegung eines Biegeträgers z.B. Einfeldträger mit Rechteck-Querschnitt) erfolgt nach folgendem Prinzip.

Um die Gebrauchstauglichkeit zu gewährleisten muß

$$zul f \geq f_M + f_t \quad zul.f = \text{zulässige Durchbiegung (z.B. } l/300)$$

sein (SCHNEIDER 1996).

Für Einfeldträger mit Rechteck-Querschnitt gilt für die Durchbiegung aus Moment f_M :

$$f_M = \frac{5 q l^4}{384 E I} \quad (\text{SCHNEIDER 1996}) \quad l = \text{Länge des Balkens}$$

q = Eigengewicht & Verkehrslast

E = E-Modul (holzwerkstoffspezifisch)

I = Flächenmoment 2. Grades (abhängig
von Breite und Höhe)

und f_t die Durchbiegung aus Querkraft gilt:

$$f_t = 1,2 \frac{q l^2}{8 G A} \quad (\text{SCHNEIDER 1996}) \quad l = \text{Länge des Balkens}$$

q = Eigengewicht & Verkehrslast

G = Schubmodul (holzwerkstoffspezifisch)

A = Querschnittswert des ungeschwächten
Querschnitts

Die auf diese Weise errechnete tatsächliche Durchbiegung darf die zulässige Durchbiegung $zul.f$ ($l/300$) nicht überschreiten. Ist dieses jedoch der Fall, so ist die Gebrauchstauglichkeit nicht gewährleistet und der Träger ist stärker zu dimensionieren.

4.5 Anforderungen an Holzwerkstoffe nach EUROCODE 5

Die Bemessung von Holzkonstruktionen nach dem EUROCODE 5 erfolgt nicht mehr über zulässige Spannungen wie bei der Bemessung nach DIN 1052, sondern nach dem sogenannten semiprobabilistischen Sicherheitskonzept, dessen Grundlage die Versagenwahrscheinlichkeit der Konstruktion ist (TEISCHINGER 1993), d.h. es werden unter Verwendung probabilistischer Methoden Extremwerte der Beanspruchung und der Beanspruchungsfähigkeit ermittelt und diese miteinander verglichen (MÖNCK 1998). Grenzzustände werden erreicht, wenn ein Tragwerk die angenommenen Entwurfsanforderungen gerade noch erfüllt bzw. wenn bei einer Überschreitung des Grenzzustandes das Tragwerk die Entwurfsanforderungen nicht länger erfüllt. Die Grenzzustände werden in zwei Kategorien unterteilt:

- Grenzzustand der Tragfähigkeit (Kippen, Knicken, Bruch usw.)
- Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (Verformungen infolge Biegung, Verdrehungen, unzulässige Schwingungen usw.)

Hieraus ergeben sich für das Tragwerk bzw. die Konstruktion folgende grundlegende Anforderungen. Ein Tragwerk muß so bemessen und ausgebildet sein, daß es

- unter Berücksichtigung der vorgesehenen Nutzungsdauer und seiner Erstellungskosten mit annehmbarer Wahrscheinlichkeit die geforderten Gebrauchseigenschaften behält und
- mit angemessener Zuverlässigkeit den Einwirkungen und Einflüssen standhält, die während seiner Ausführung und während der Nutzung auftreten können, und eine angemessene Dauerhaftigkeit im Verhältnis zu seinen Unterhaltskosten aufweist (EHLBECK; GÖRLACHER 1994).

Um Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit zu gewährleisten muß bei der Bemessung mit Teilsicherheitsbeiwerten gerechnet werden. Teilsicherheitsbeiwerte berücksichtigen z.B. die Möglichkeit ungünstiger Abweichungen der Einwirkungen, die Möglichkeit der ungenauen Modellierung der Einwirkungen, Unsicherheiten in der Ermittlung der Schnittgrößen sowie Unsicherheiten bei der Annahme des betreffenden Grenzzustandes.

Für Holz und Holzwerkstoffe betragen die Teilsicherheitsbeiwerte für den

- Grenzzustand der Tragfähigkeit 1,3
- und für den
- Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit 1,0.

Holzwerkstoffe, die unter Anwendung des EUROCODE 5 in Tragwerken eingesetzt werden sollen, müssen folgende Anforderungen erfüllen.

Die Herstellungsverfahren für die Holzwerkstoffe Sperrholz, Spanplatte und Faserplatten müssen gewährleisten, daß Zusammenhalt und Festigkeit für die vorgesehene Nutzungsklasse über die geforderte Lebensdauer des Tragwerkes sichergestellt sind (EHLBECK; GÖRLACHER 1994).

(a) Hierbei darf Sperrholz nach:

- EN 636-3 in den Nutzungsklassen 1 (Trockenbereich), 2 (Feuchtbereich) oder 3 (Außenbereich) eingebaut werden.
- EN 636-2 nur in den Nutzungsklassen 1 und 2 eingebaut werden.
- EN 636-1 nur in der Nutzungsklasse 1 eingebaut werden.

(b) Spanplatten, die die Bestimmungen der:

- EN 312-5 oder –7 erfüllen, sollten nur in den Nutzungsklassen 1 und 2 eingebaut werden.
- EN 312-4 oder –6 erfüllen, sollten nur in Nutzungsklasse 1 eingebaut werden.

- Spanplatten aus langen, schlanken Spänen (OSB) die den Anforderungen des Plattentyps OSB/3 oder OSB/4 in EN 300 entsprechen, sollten nur in den Nutzungsklassen 1 und 2 eingebaut werden.
- Spanplatten aus langen, schlanken Spänen (OSB) die den Anforderungen des Plattentyps OSB/2 in EN 300 entsprechen, sollten nur in der Nutzungsklasse 1 eingebaut werden.

(c) Faserplatten, die die Bestimmungen der

- EN 622-5 erfüllen, sollten nur in der Nutzungsklasse 1 oder 2 eingebaut werden
- EN 622-3 erfüllen, sollten nur in der Nutzungsklasse 1 eingebaut werden.

Die charakteristischen Festigkeits- und Steifigkeitswerte (5%-Fraktilwerte der Grundgesamtheit auf der Grundlage von Versuchsergebnissen basierend) sind den entsprechenden europäischen Normen der betreffenden Werkstoffe zu entnehmen. Liegen solche Werte nicht vor, dann sind die charakteristischen Festigkeits- und Steifigkeitswerte nach EN 1058 zu berechnen.

Ebenfalls sind die Modifikationsfaktoren zur Berücksichtigung der Nutzungsklasse und der Klasse der Lasteinwirkungsdauer aus der Tabelle 3.1.7 Eurocode 5 zu entnehmen.

Der Eurocode 5 darf seit seiner offiziellen Einführung im Jahre 1999 für die Ausführung von Bauwerken verwendet werden. In Gesprächen mit Ingenieuren des Holzbaus stellte sich jedoch heraus, daß in der Regel noch nach der DIN 1052 berechnet und bemessen wird.

4.6 Weitere Anforderungen an neue Holzwerkstoffe im Bauwesen

Neben den rechtlichen Voraussetzungen, den mechanischen und physikalischen Anforderungen nach DIN 1052 bzw. nach Eurocode 5 gibt es noch weitere Anforderungen, die an Holzwerkstoffe im Bauwesen gestellt werden.

4.6.1 Verarbeitbarkeit

Eine wichtige fertigungstechnische Voraussetzung für die Anwendbarkeit neuer Holzwerkstoffe im Bauwesen ist die Bearbeitbarkeit. Für das verarbeitende Industrie- bzw. Zimmereiunternehmen ist es wichtig, daß sich die neuen Holzwerkstoffe mit herkömmlichen Maschinen und Werkzeugen bearbeiten lassen und keine teuren Neuinvestitionen in neue Anlagen getätigt werden müssen. Sind für die Verarbeitung eines neuen Holzwerkstoffes neue Werkzeuge und Maschinen notwendig, werden die verarbeitenden Betriebe diese neuen Bauprodukte vielleicht in geringerem Umfang einsetzen,

obwohl die Produkteigenschaften, z.B. Festigkeiten (besseres Verhältnis von Tragfähigkeit/Dimensionierung), Dimensionsstabilität, Feuchtebeständigkeit usw., dieser Werkstoffe besser sind, als die der traditionell eingesetzten Bauprodukte. Läßt sich also ein neuer Holzwerkstoff nur mit kostenintensiveren Geräten verarbeiten als ein traditioneller so ist die Konkurrenzfähigkeit des neuen Werkstoffes eingeschränkt, weil die Produktionskosten höher sind.

Auch sollte das Gewicht der aus neuen Holzwerkstoffen vorgefertigten Bauteile möglichst gering sein, um zum einen möglichst große Mengen auf einmal zur Baustelle schaffen zu können und zum anderen um eine unproblematische Montage vor Ort zu gewährleisten. Sind diese Voraussetzungen erfüllt, kann man niedrige Transportkosten und kurze Bauzeiten realisieren, was sich günstig auf die gesamten Baukosten auswirkt.

4.6.2 Verfügbarkeit

Sind die Fragen nach Bearbeitbarkeit und Verarbeitbarkeit geklärt, müssen die Anwender abwägen ob die Engineered Wood Products, die zum großen Teil nicht in Deutschland produziert werden, auch in den geforderten Mengen beim Hersteller bzw. dessen Vertriebspartner verfügbar sind, oder/und ob sie kurzfristig geliefert werden können. Weiterhin muß sichergestellt sein, daß die Verfügbarkeit auch über längere Zeiträume gesichert bleibt und kontinuierlich erfolgen kann.

4.6.3 Dimensionen

Für eine einfache, unproblematische und damit preiswerte Planung ist es von Vorteil, wenn sich die Abmessungen der neuen Holzwerkstoffe an den gängigen Konstruktionsprinzipien der Architekten und Ingenieure orientieren, z.B. im 62,5 cm Raster für plattenförmige Holzwerkstoffe im Holzrahmenbau. Eine Berücksichtigung dieses Rasters beim Herstellungsformat der Holzwerkstoffe, z.B. OSB mit 2500 x 5000 mm, gewährleistet zum einen eine standardisierte Planung, zum anderen wird der Verschnitt minimiert. Ein breites Abmessungsspektrum der neuen Holzwerkstoffe ermöglicht zudem vielfältige, individuelle Einsatzmöglichkeiten. Häufig werden plattenförmige Holzwerkstoffe, z.B. diffusionsoffene MDF-Platten oder OSB-Platten, mit profilierten Kanten angeboten. Das Nut- und Federprofil sichert ein schnelles und winddichtes Zusammenfügen der Platten.

4.6.4 Verbindungsmittel

Um vor allem die optimierten mechanischen Eigenschaften der neuen Holzwerkstoffe ausnutzen zu können, braucht man Verbindungsmittel und Verbindungselemente die in der Lage sind die hohen statischen Anforderungen zu erfüllen und auch den Ansprü-

chen des jeweiligen Holzwerkstoffes gerecht werden. Ein aktuelles Beispiel ist das EXPO-Dach in Hannover. Die dort eingesetzten Verbindungsmittel kombinieren die Vorteile zweier verschiedener Bauteile, die der neuen Holzwerkstoffe zum einen und die der eingesetzten Stahlknoten zum anderen. Die Stahlknoten machen im Zusammenwirken mit den Verbindungsmitteln und den Holzwerkstoffen die großen Spannweiten möglich. Die Leistungsfähigkeit einer Tragkonstruktion hängt nicht nur von den Leistungsfähigkeiten der einzelnen Baustoffe, sondern auch vom jeweiligen Verbindungsmittel ab. Da das spätere Erscheinungsbild eines Bauwerkes, bzw. des Tragwerkes, stark von der Knotenausbildung abhängt, ist es vorteilhaft schon zu einem frühen Zeitpunkt die Art der Verbindungsmittel und damit auch die Verarbeitungstechnologie hinsichtlich der erforderlichen Bohrungen oder Fräsungen für die Aufnahme der Verbinder festzulegen (CHERET; HEIM; RADOVIC 1997).

4.6.5 Preise

Die Konkurrenzfähigkeit der neuen Holzwerkstoffe hängt neben den in diesem Kapitel aufgeführten Voraussetzungen sehr stark vom Preis des jeweiligen Holzwerkstoffes ab. Ein wichtiger Grund, warum die neuen Holzwerkstoffe zur Zeit noch nicht in großen Mengen eingesetzt werden, sind die höheren Preise, die für diese Produkte gezahlt werden müssen. Dies liegt zum einen an den bei niedrigen Produktionszahlen teuren Herstellungskosten, zum anderen an den Kosten für den Import nach Deutschland. Werden aber Produktions- bzw. Importmengen gesteigert, so dürfen Preissenkungen für neue Holzwerkstoffe angenommen werden.

4.6.6 Produktinformationen

Um Probleme bei der Verwendung der neuen Holzwerkstoffe im Bauwesen zu vermeiden und den Bekanntheitsgrad neuer Produkte zu steigern, ist es wichtig sowohl Verarbeitern (Zimmerei und Fertighausbetriebe) und Planern (Architekten und Ingenieure) als auch den Fachhandel über die Eigenschaften der neuen Holzwerkstoffe für das Bauwesen zu informieren. Hier ist es sinnvoll Schulungen bzw. Tagungen zu den neuen Produkte anzubieten in denen Einsatzgebiete, Verarbeitungshinweise, Berechnungs- und Bemessungshilfen sowie Kostenkalkulationsmodelle vorgestellt werden. Dies hat den Zweck Bauschäden, die durch den unsachgemäßen Einsatz neuer Holzwerkstoffe entstehen können, zu verhindern und daraus resultierende Imageschädigungen des Holzbaus und vor allem kostenintensive Instandsetzungsarbeiten zu vermeiden.

4.6.7 Umwelteigenschaften

Neben den Anforderungen an die mechanischen, bauphysikalischen, geometrischen, logistischen und preislichen Eigenschaften neuer Holzwerkstoffe werden zunehmend Anforderungen an die Umwelteigenschaften dieser Werkstoffe gestellt (EHRECKE 2000). Dies beinhaltet die Berücksichtigung ökologischer Faktoren wie zum Beispiel das Emissionspotential der Holzwerkstoffe. Durch die Formaldehydaffäre in den 80er Jahren sind geringe Emissionspotentiale wichtige Entscheidungsfaktoren für den Einsatz von Holzwerkstoffen im Bauwesen geworden.

Darüber hinaus gewinnt eine ökologische Gesamtbetrachtung der Werkstoffe von der Herstellung über die Nutzung bis hin zur Entsorgung zunehmend an Bedeutung. Ziel ist es Holzwerkstoffe zu erzeugen, die

- bei Produktion und Entsorgung geringstmögliche Primärrohstoffreserven verbrauchen,
- eine lange Lebensdauer besitzen,
- in der Nutzungsphase Energie einsparen, z.B. durch geringe Wärmeleitfähigkeit und so negative Auswirkungen auf die Umwelt minimieren.

5 Eigenschaften neuer Holzwerkstoffe im Bauwesen

In den folgenden Tabellen und Diagrammen werden die Grundlagen der Verwendung (DIN bzw. Zulassungen), die lieferbaren Abmessungen, zulässige Spannungen, E-Moduln und Schubmoduln sowie die physikalischen Eigenschaften der einzelnen neuen Holzwerkstoffe für das Bauwesen dargestellt. Als Vergleichsgrundlage für die verschiedenen Eigenschaften der neuen Holzwerkstoffe, für die es größtenteils noch keine DIN-Normen gibt, dienen die vom Institut für Bautechnik in Berlin herausgegebenen bauaufsichtlichen Zulassungen für die diversen Firmenprodukte, die auch die Berechnungsgrundlage der Planer sind. Die Eigenschaften der traditionellen Holzwerkstoffe für das Bauwesen sind der DIN 1052 entnommen.

Um die mechanischen Eigenschaften der neuen Holzwerkstoffe OSB, LVL, mehrschichtige Massivholzplatten und diffusionsoffene MDF-Platten untereinander vergleichen zu können, wurden die Daten aus den bauaufsichtlichen Zulassungen der einzelnen Firmenprodukte einer Holzwerkstoffgruppe, z.B. OSB oder LVL, zusammengefaßt und Mittelwerte für die Eigenschaften (zulässige Spannungen und Rechenwerte für Elastizitäts- und Schubmoduln) gebildet.

5.1 Zulassungen und Abmessungen

In den folgenden Tabellen sind die bauaufsichtlichen Zulassungen aufgelistet, die für den Vergleich der Eigenschaften verwendet werden. Außerdem sind in diesen Tabellen die lieferbaren Abmessungen der einzelnen Produkte aufgeführt.

Tabelle 1: Zulassungen und lieferbare Abmessungen OSB

Holzwerkstoffgruppe	Grundlage für die Verwendung	Abmessungen		
		Dicke [mm]	Breite [mm]	Länge [mm]
OSB				
Agepan OSB	Z-9.1-424 OSB/3 Z-9.1-326(OSB/4)	8...22	bis 2500	bis 5000
Sterling OSB	Z-9.1-275	8...25	bis 2500	bis 5000
Kronospan OSB	Z-9.1-387	8...30	bis 2620	bis 5100
Kronoply OSB	Z-9.1-414	6...40	bis 2800	bis 7500

Tabelle 2: Zulassungen und lieferbare Abmessungen mehrschichtiger Massivholzplatten

Holzwerkstoffgruppe		Grundlage für die Verwendung	Abmessungen		
Mehrschichtplatten			Dicke [mm]	Breite [mm]	Länge [mm]
Binder	3-lagig	Z-9.1-413	19..27	bis 2050	bis 5000
Dold	3-lagig	Z-9.1-258	13...52	bis 2500/3000	bis 5000/6000
Dold	5-lagig	Z-9.1-258	35...55	bis 2500/3000	bis 5000/6000
Haas	3-lagig	Z-9.1-404	13...42	1250	4980
Haas	5-lagig	Z-9.1-404	33...56	1250	4980
Heißerer	3-lagig	Z-9.1-401	21...60	2000	5000
Kaufmann	3-lagig	Z-9.1-242	20...75	2000	bis 5000/6000
Kaufmann	5-lagig	Z-9.1-242	20...75	2000	bis 5000/6000
Pröbstl	3-lagig	Z-9.1-376	12...42	1000/2000	5000
Pröbstl	5-lagig	Z-9.1-376	12...42	1000/2000	2500/5000
Schwörer	3-lagig	Z-9.1-209	19...42	1210/2030	5000/6000
Tilly	3-lagig	Z-9.1-320	19...26	1250/2050	bis 5000
Wiesner-Hager	3-lagig	Z-9.1-394	17...40	1000/1250	bis 5000
Wiesner-Hager	5-lagig	Z-9.1-394	17...40	1000/1250	bis 5000

Tabelle 3: Zulassungen und lieferbare Abmessungen diffusionsoffener MDF-Platten

Holzwerkstoffgruppe		Grundlage für die Verwendung	Abmessungen		
Holzfaserplatten			Dicke [mm]	Breite [mm]	Länge [mm]
Agepan DWD (Glunz)		Z.9.1-382	12...20	625...1250	2500...2750
FORMline (Egger)		Z.9.1-454	12...20	675...1250	2500...2800
Masterwood D+W (Hornitex)		Z.9.1-443	16	625...1250	2500...2750
Kronotec (Kronopol)		Z.9.1-442	12....18	675...1247	2500...2800

Tabelle 4: Zulassungen und lieferbare Abmessungen Furnierschichtholz (FSH)

Holzwerkstoffgruppe		Grundlage für die Verwendung	Abmessungen		
Furnierschichtholz			Dicke [mm]	Breite [mm]	Länge [mm]
Kerto S		Z-9.1-100	21...75	bis 1820	bis 23000
Kerto Q		Z-9.1-100	21...69	bis 1820	bis 23000
Kerto T		Z-9.1-291	39...75	bis 2000	bis 23000
Microllam LVL		Z-9.1-245	44...89	150...610	bis 20000

Tabelle 5: Zulassungen und lieferbare Abmessungen Holzwerkstoff Furnierstreifenholz (PSL)

Holzwerkstoffgruppe		Grundlage für die Verwendung	Abmessungen		
Furnierstreifenholz			Dicke [mm]	Breite [mm]	Länge [mm]
Parallam		Z-9.1-241	44...483 (Höhe)	40...280	bis 20000

Tabelle 6: Zulassungen und lieferbare Abmessungen Holzwerkstoff Langspanholz (LSL)

Holzwerkstoffgruppe	Grundlage für die Verwendung	Abmessungen		
		Dicke [mm]	Breite [mm]	Länge [mm]
Langspanholz				
Timberstrand P&S	Z-9.1-323	32...89	bis 2438	bis 10670

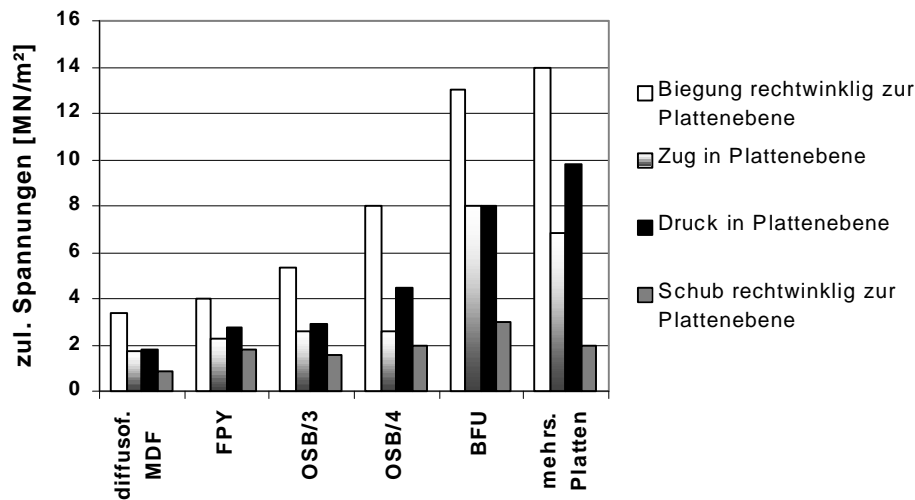
Tabelle 7: Zulassungen und lieferbare Abmessungen Trägersysteme

Holzwerkstoffgruppe	Grundlage für die Verwendung	Abmessungen			
		Trägerhöhe [mm]	Stegdicke [mm]	Gurtmaß [mm]	Trägerlänge [mm]
Trägersysteme					
Agepan	Z-9.1-123/140	200...320	6,4...15	60 x 47...90 x 60	3500...12000
TJI Träger	Z-9.1-277	200...406	9,5...11,1	38 x 45...38 x 89	8000...20000
KIT Balken & Stiele	Z-9.1-395	160...350	10...13	34 x 60...40 x 60	12000

5.2 Plattenförmige Holzwerkstoffe im Vergleich

Die Abbildungen 14 und 15 vergleichen die Eigenschaften verschiedener plattenförmiger Holzwerkstoffe im Bauwesen. Hierzu werden die Eigenschaften der traditionellen Holzwerkstoffe FPY und BFU den Eigenschaften der neuen Holzwerkstoffe OSB; mehrschichtige Massivholzplatten und diffusionsoffene MDF-Platten gegenübergestellt. Verglichen werden die zulässigen Spannungen, die Rechenwerte für Elastizitäts- und Schubmoduln sowie Wasserdampfdiffusionswiderstandszahlen und Wärmeleitfähigkeiten der verschiedenen Holzwerkstoffe. Die Eigenschaften der Spanplatte sind der DIN 68 763, die Eigenschaften des Bau-Furniersperrholzes sind der DIN 68 705 entnommen. Die Eigenschaften der OSB-Platten, der diffusionsoffenen MDF-Platten und der mehrschichtigen Massivholzplatten sind den in Kapitel 5.1 aufgeführten bauaufsichtlichen Zulassungen entnommen. Alle Eigenschaften beziehen sich auf Plattenstärken von 12-20 mm, eine Beanspruchung parallel zur Span/Faserrichtung der Deckfurniere bzw. Deckschicht oder Decklamellen. Um gesamte Holzwerkstoffgruppen beurteilen zu können, wurden die Eigenschaften z.B. der vier verschiedenen MDF-Produkte zusammengefaßt und gemittelt. Die dargestellten zulässigen Spannungen und Module geben also Durchschnittswerte wieder, die aus den jeweiligen Zulassungen ermittelt wurden.

5.2.1 Zulässige Spannungen, Elastizitäts- und Schubmodule



alle Angaben in MN/m ²	diffus.off. MDF	FPY	OSB/3	OSB/4	BFU	mehrs. Platten
Biegung rechtwinklig zur Plattenebene	3,4	4	5,3	8	13	14
Zug in Plattenebene	1,7	2,3	2,6	2,6	8	6,8
Druck in Plattenebene	1,8	2,75	2,9	4,5	8	9,8
Schub rechtwinklig zur Plattenebene	0,9	1,8	1,7	2	3	2

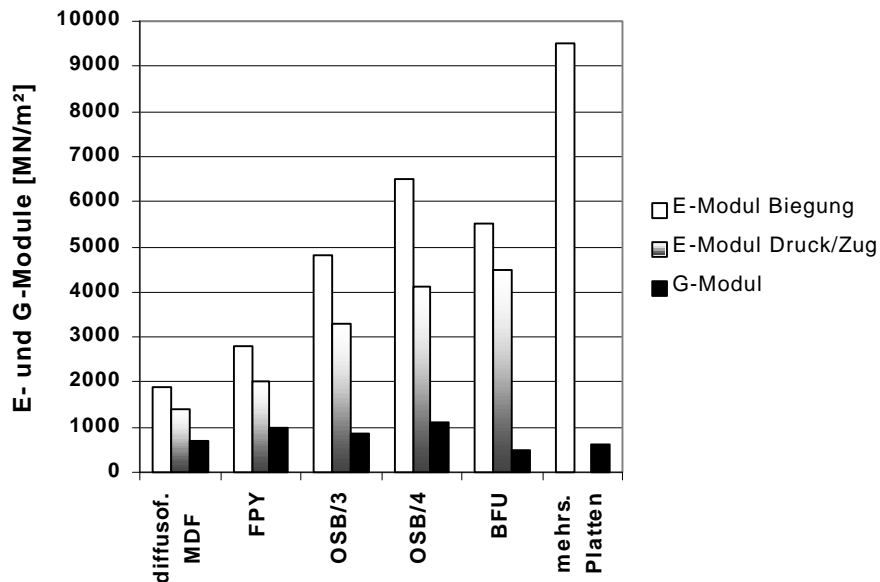
Abbildung 14: Zulässige Spannungen plattenförmiger Holzwerkstoffe (Werte nach DIN bzw. Durchschnittswerte aus bauaufsichtlichen Zulassungen)

In Abbildung 14 ist zu erkennen, daß die zulässigen Spannungen plattenförmiger Holzwerkstoffe mit Zunahme der holzwerkstoffbildenden Partikel größer werden. Die aus einzelnen Vollholzlamellen aufgebauten mehrschichtigen Massivholzplatten ($\sigma_b=14\text{MN/m}^2$) erlauben z.B. viermal höhere Biegespannungen als die aus Fasern bestehenden diffusionsoffenen MDF-Platten ($\sigma_b=3,5\text{MN/m}^2$). Zusammenfassend lassen sich die in obiger Abbildung verglichenen Holzwerkstoffe in drei Gruppen einteilen:

- Diffusionsoffene MDF-Platten und Spanplatten mit geringen zulässigen Spannungen,
- OSB-Platten mit mittleren zulässigen Spannungen,
- BauFurniersperrholz und mehrschichtige Massivholzplatten mit den höchsten zulässigen Spannungen.

Zusammen mit den in Abbildung 15 dargestellten Rechenwerten für Elastizitäts- und Schubmodulen sind die zulässigen Spannungen Grundlage der statischen Berechnung von Wand- Dach- und Deckentafeln. Wandtafeln sind überwiegend auf Druck beanspruchte Bauteile, Decken- und Dachscheiben sind auf Biegung beanspruchte Bauteile (VON HALÁSZ; SCHEER 1996). Durch die Beplankung mit Holzwerkstoffplatten werden die Wandrippen entlastet, hierbei müssen die Platten anteilig vertikale (lotrechte La-

sten, z.B. aus oberem Geschoß)- und Horizontalkräfte (Windlasten) sowie Verkehrs- und Eigenlasten der Konstruktion aufnehmen. Die Beplankungsmaterialien werden hierbei vorwiegend auf Druck, Zug und Schub beansprucht. In Dach- und Deckenelementen werden Holzwerkstoffe auf Biegung und durch die dadurch entstehenden Querkräfte noch auf Schub belastet.



alle Angaben in MN/m²	diffusof. MDF	FPY	OSB/3	OSB/4	BFU	mehrsch. Platte
E-Modul Biegung rechtwinklig zur Plattenebene	1900	2800	4800	6500	5500	9500
E-Modul Zug/Druck in Plattenebene	1400	2000	3300	4100	4500	9500
G-Modul rechtwinklig zur Plattenebene	700	200	850	1100	250	6000

Abbildung 15: Rechenwerte für Elastizitäts- und Schubmoduln plattenförmiger Holzwerkstoffe (Werte nach DIN bzw. Durchschnittswerte aus bauaufsichtlichen Zulassungen)

Vergleichbar den zulässigen Spannungen aus Abbildung 14 steigen auch die Elastizitätsmodule plattenförmiger Holzwerkstoffe mit zunehmender Größe der holzwerkstoffbildenden Partikelgrößen. Die Elastizitätsmodule liegen in einem Bereich von 1900 MN/m² für diffusionsoffene MDF-Platten bis 9500 MN/m² für mehrschichtige Massivholzplatten. Waren die zulässigen Spannungen aus Abbildung 14 des Baufurniersperrholzes noch deutlich höher als die zulässigen Spannungen von OSB/4, so sind die Elastizitätsmodule von OSB/4 vergleichbar denen von Baufurniersperrholz. Hieraus ergibt sich eine andere Einteilung:

- Diffusionsoffene MDF-Platten und Spanplatten haben die niedrigsten E-Module dieses Vergleiches.
- OSB/3, OSB/4 und Baufurniersperrholz bilden den mittleren Bereich.

- Mehrschichtige Massivholzplatten bieten neben den höchsten zulässigen Spannungen auch die höchsten E-Module.

Die Schubmodule der plattenförmigen Holzwerkstoffe unterscheiden sich nur geringfügig voneinander. OSB/4 hat mit 1.100 MN/m² das höchste Schubmodul, Baufurniersperrholz und mehrschichtige Massivholzplatten mit ca.500 MN/m² die geringsten Schubmodule.

Spanplatten und Baufurniersperrholz sind Werkstoffe, die schon seit längerer Zeit im Holzbau für mittragende und aussteifende Zwecke in Wand, Dach, Boden und Decke eingesetzt werden. Der neue Holzwerkstoff OSB, dessen Festigkeitseigenschaften sich zwischen denen der Spanplatte und des Baufurniersperrholzes bewegen, eignet sich also in gleicher Weise für Beplankungen im Holzhausbau, wie die traditionellen Produkte FPY und BFU und wird mit diesen konkurrieren.

Mehrschichtige Massivholzplatten weisen die höchsten zulässigen Biegespannungen und Biege-E-Module des Vergleiches auf. Hieraus läßt sich ableiten, daß sich diese Platten besonders für auf Biegung beanspruchte Konstruktionen im Bauwesen, z.B. Fußbodenplatten eignen.

Diffusionsoffene MDF-Platten haben die vergleichsweise geringsten zulässigen Spannungen und Elastizitätsmodule, so daß ein konstruktiver Einsatz im Bauwesen aufgrund der statischen Eigenschaften zunächst nicht sinnvoll erscheint. Betrachtet man jedoch die physikalischen Eigenschaften der plattenförmigen Holzwerkstoffe, so wird das Einsatzgebiet dieser speziellen MDF-Platten deutlich.

5.2.2 Physikalische Eigenschaften

Tabelle 8: Physikalische Eigenschaften plattenförmiger Holzwerkstoffe lt. DIN bzw. Zulassung

Eigenschaften	Einheit	diff.-off. MDF	FPY	OSB	BFU	mehrs. Platten
Wasserdampf-diff.Faktor		15	100...50	200...94	400...50	400...50
Wärmeleitfähigkeit	[W/mK]	0,09	0,13	0,13	0,15	0,14
lineare Ausdehnung Länge (30-85% rel. Luft)	[%]	0,3	0,35	0,15...0,2	0,3	k.A.
Feuerwiderstandsklasse		B2	B2	B2	B2	B2
Formaldehydmission		E1	E1	E1	E1	E1
Rohdichte	[kg/m ³]	510...650	700	600...680	800	400...500

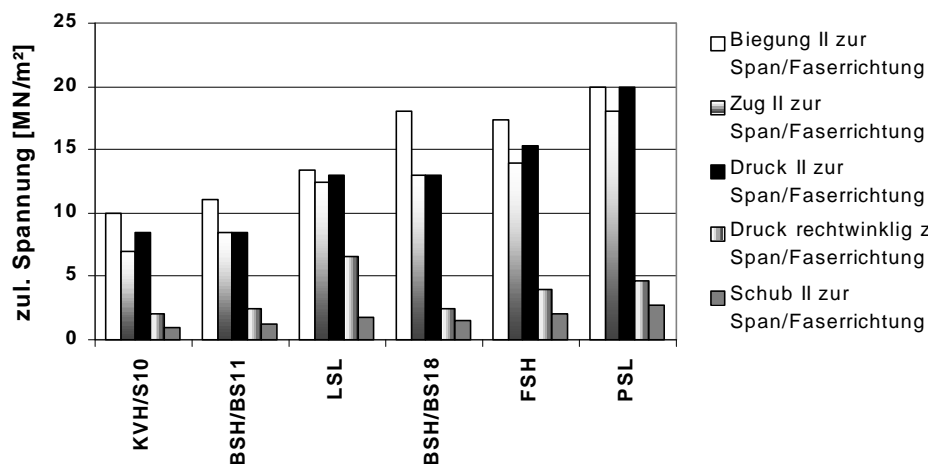
Diffusionsoffene MDF-Platten weisen geringe Wasserdampfdiffusionswiderstands- und Wärmeleitfähigkeiten auf. Diese Eigenschaften ermöglichen einerseits den diffusionsoffenen Wandaufbau andererseits verbessert die geringere Wärmeleitfähigkeit die Wärmedämmung. Diese Platten eignen sich somit besonders für Wand und Dachbeplankungen.

gen an der Außenseite von Gebäuden. Span- und OSB-Platten weisen höhere Wasserdampfdiffusionswiderstandszahlen auf und wirken somit dampfbremsend und sind aus diesem Grunde besser für den Einsatz als statisch wirksame innere Wand- oder Dachbeplankung geeignet. Hinsichtlich der Emissions- und Feuerwiderstandsklassen unterscheiden sich die neuen Holzwerkstoffe dieses Vergleichs nicht von den traditionellen Produkten.

5.3 Holzwerkstoffe für stabförmige Bauteile im Vergleich

In den Abbildungen 16 und 17 sind die verschiedenen mechanischen Eigenschaften stabförmiger Bauteile dargestellt. Um die zulässigen Spannungen und Rechenwerte für Elastizitäts- und Schubmoduln der neuen Holzwerkstoffe leichter einordnen zu können, werden die Eigenschaften der neuen Holzwerkstoffe LSL, PSL, FSH den Eigenschaften traditioneller, stabförmiger Bauteile wie z.B. BSH (Brettschichtholz) und KVH (Konstruktionsvollholz) gegenübergestellt. Die technischen Eigenschaften der Vollholzprodukte KVH und Brettschichtholz sind der DIN 1052, die Eigenschaften der neuen Holzwerkstoffe LSL, FSH, PSL und der Trägersysteme sind den jeweiligen bauaufsichtlichen Zulassungen entnommen. Die Trägersysteme werden in Abschnitt 5.3.2 anhand der Biegesteifigkeit mit den anderen Werkstoffen verglichen.

5.3.1 Zulässige Spannungen, Elastizitäts- und Schubmodule



alle Angaben in MN/m ²	KVH	BS11	LSL	BS18	FSH	PSL
Biegung II zur Span/Faserrichtung	10	11	13,4	18	17,3	20
Zug II zur Span/Faserrichtung	7	8,5	12,5	13	14	18
Druck II zur Span/Faserrichtung	8,5	8,5	13	13	15,3	20
Druck rechtwinklig zur Span/Faserrichtung	2	2,5	6,5	2,5	4	4,6
Schub II zur Span/Faserrichtung	0,9	1,2	1,8	1,5	2	2,8

Abbildung 16: Zulässige Spannungen stabförmiger Bauteile (Werte nach DIN bzw. Durchschnittswerte aus bauaufsichtlichen Zulassungen)

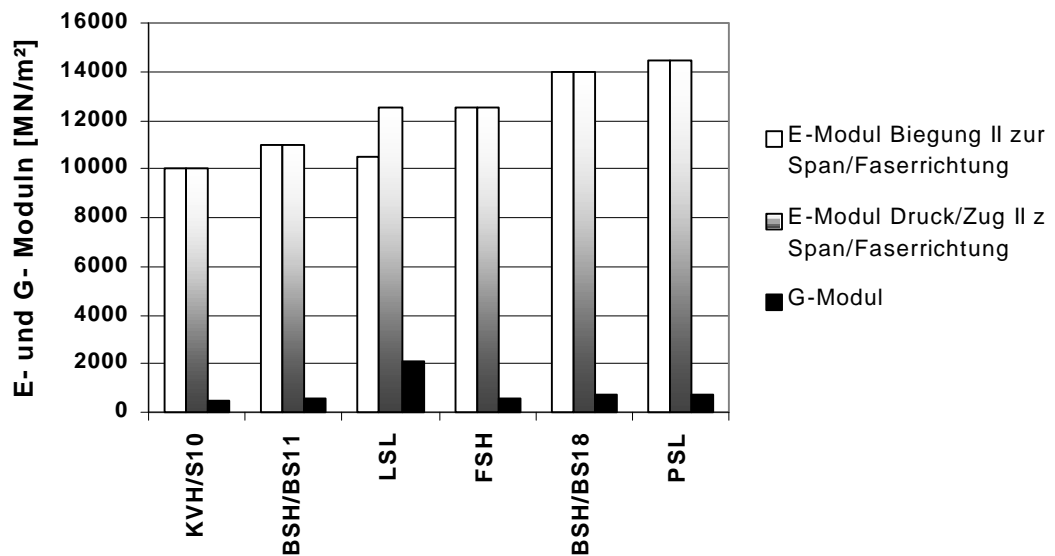
Die Spanne der in obiger Abbildung dargestellten zulässigen Biegespannungen reicht von 10 MN/m² für KVH bis 20 MN/m² für PSL. Die sechs Produkte, die hier verglichen werden lassen sich in zwei Gruppen unterteilen. Die Gruppe mit den niedrigeren zulässigen Spannungen beinhaltet die Werkstoffe KVH, BS11 und den neuen Holzwerkstoff LSL. Aufgrund der niedrigeren zulässigen Biege- und Schubspannungen ist das Einsatzgebiet dieser Produkte hauptsächlich der Ein- und Zweifamilienhausbau für den geringere Eigen- und Verkehrslasten anzunehmen sind. Die zweite Produktgruppe umfaßt das qualitativ hochwertigste Brettschichtholz BS18 sowie die neuen Holzwerkstoffe FSH und PSL. Durch die Auswahl fehlerfreier Komponenten (Lamellen, Furniere bzw. Furnierstreifen) sind Werkstoffe mit optimierten Festigkeitseigenschaften in einem geringen Streubereich entstanden. Die im Vergleich zu Konstruktionsvollholz höheren zulässigen Biege- und Schubspannungen erlauben höhere Lasten und größere Spannweiten. Hieraus ergibt sich als Einsatzgebiet dieser Werkstoffe z.B. der Biegeträger im Industriebau oder im öffentlichen Bau, für den höhere Verkehrs- und Eigenlasten angenommen werden müssen.

Hinsichtlich der zulässigen Druck- und Zugspannungen parallel zur Faser zeigt Abbildung 16, daß die neuen Holzwerkstoffe LSL, FSH und PSL ($\sigma_z=13 - 20$ MN/m²) höhere Spannungen erlauben als Vollholzprodukte ($\sigma_z=6 - 13$ MN/m²). Druck- und Zugspannungen treten bei Stützen/Ständern bzw. Streben auf. Somit sind PSL, FSH, und LSL vor allem für konstruktiv anspruchsvolle Aufgaben, z.B. als Stütze/Ständer oder Strebe im Industriebau mit hohen Verkehrslasten und großen Spannweiten, interessant.

Die hohen zulässigen Druckspannungen senkrecht zur Span/Faserrichtung machen LSL, PSL und FSH ($\sigma_d=4,6 - 6,5$ MN/m²) zum einem Material für hochbelastete Schwellen und Rähme, z.B. im mehrgeschossigen Bau.

Der Spannungsnachweis bei dem die tatsächlich in der Tragkonstruktion, z.B. einem Biegeträger, auftretenden Spannungen ermittelt werden, ist die Grundlage der Bemessung von Bauwerken nach DIN 1052. Werkstoffe mit hohen zulässigen Spannungen erlauben höhere tatsächliche Spannungen als Werkstoffe mit niedrigen zulässigen Spannungen. So sind bei Werkstoffen mit hohen zulässigen Spannungen schlankere Holzquerschnitte möglich um den Anforderungen des Spannungsnachweises zu entsprechen. Sind die Spannungen nachgewiesen erfolgt, der Nachweis der Gebrauchtauglichkeit. Elastizitäts- und Schubmoduln sind Berechnungsgrößen für den Nachweis der Gebrauchtauglichkeit und häufig noch vor den zulässigen Spannungen maßgebend für die Bemessung des erforderlichen Querschnittes (POHLMANN, R. 2000).

Die E- und G-Module neuer und traditioneller stabförmiger Bauteile aus Holz bzw. Holzwerkstoffen werden im folgenden dargestellt



alle Angaben in MN/m ²	KVH	BS11	LSL	FSH	BS18	PSL
E-Modul Biegung II zur Span/Faserrichtung	10000	11000	10500	12500	14000	14500
E-Modul Druck/Zug II zur Span/Faserrichtung	10000	11000	12500	12500	14000	14500
G-Modul	500	550	2100	580	700	750

Abbildung 17: Rechenwerte für E- und G- Moduln stabförmiger Bauteile (Werte nach DIN bzw. Durchschnittswerte aus bauaufsichtlichen Zulassungen)

Während durch moderne Prozeßtechnologien die zulässigen Spannungen der neuen Holzwerkstoffe im Vergleich zu Vollholzprodukten um bis zu 100% gestiegen sind (vgl. Abbildung 16, KVH 10 MN/m², PSL 20 MN/m²), konnte für die Rechenwerte der Elastizitätsmodule maximal um ca. 50% erhöht werden. Das kostengünstige Vollholzprodukt KVH markiert mit einem E-Modul von 10000 MN/m² die untere Grenze und der deutlich teurere neue Holzwerkstoff PSL, E-Modul 14500 MN/m² die obere Grenze dieses Vergleichs. Hier ermöglichen die hohen E-Module der neuen Holzwerkstoffe FSH und PSL eine Anwendung im gleichen Einsatzgebiet wie BSH/BS18. Der Biege-Elastizitätsmodul des Langspanholzes ist mit den Elastizitätsmodulen von KVH und BS11 vergleichbar. Der Einsatz von LSL als Biegeträger ist demnach nur im Ein- und Zweifamilienhausbau sinnvoll. Die höheren Druck und Zug E-Module sowie das höchste Schubmodul des Vergleiches machen LSL zu einem Produkt für Schwellen oder Stiele im Wandbereich, sowie für Randbohlen in Decken- und Dachkonstruktionen.

5.3.2 Vergleich der Biegesteifigkeiten

Multipliziert man das E-Modul des gewählten Werkstoffes mit dem Flächenträgheitsmoment des Querschnittes ergibt sich die Steifigkeit des Werkstoffes. Die Steifigkeit ist u.a. ein Wert, der bei der statischen Berechnung benötigt wird, um die Durchbiegung zu ermitteln.

Tabelle 9: Biegesteifigkeiten (EI_y) von Holz bzw. Doppel-T-Trägern vergleichbarer Dimension

Dimension 6/24 cm	T-Träger VH/HFH	T-Träger LVL/OSB	KVH S10	BSH BS11	BSH BS18	LSL	FSH	PSL
Steifigkeit [kN/m ²]	534	668	691,2	760,32	976,68	725,76	898,56	1002,24
Eigengewicht [kg/m]	4,5	4,3	7	7	7	10	7,4	11,9

Trägersysteme bzw. Doppel-T-Träger sind Kombinationen aus verschiedenen Werkstoffen, z.B. Vollholz oder LVL als Gurtmaterial und HFH oder OSB als Stegmaterial. Bei der statischen Berechnung dieser Produkte sind die unterschiedlichen Verhältnisse der zulässigen Spannungen und Elastizitäts- und Schubmodule der Gurt- und Stegmaterialien zu beachten. Der Vergleich der Trägersysteme mit den stabförmigen Holzwerkstoffen (Abbildung 16 und 17) erfolgt auf Basis der Biegesteifigkeiten EI_y , indem die Verhältnisse der Gurt- und Steg-E-Module berücksichtigt werden. In obiger Tabelle sind Biegesteifigkeiten für die Dimension 6x24 cm errechnet worden. Beim Vergleich der Biegesteifigkeiten wird deutlich, daß die Steifigkeit der Doppel-T-Träger mit Gurten aus FSH und Stegen aus OSB nur geringfügig kleiner ist als die Biegesteifigkeit von Konstruktionsvollholz (KVH). Somit können Trägersysteme und KVH vergleichbare konstruktive Aufgaben, z.B: Träger und Stiele im Ein- und Zweifamilienhausbau, erfüllen. Der Vorteil der T-Träger liegt vor allem im geringen Eigengewicht. Mit einem Gewicht von nur 4,3 Kg/m sind sie deutlich leichter als die Vollholzprodukte und andere Holzwerkstoffe. Das geringe Gewicht ermöglicht eine einfache Handhabung der T-Träger auf der Baustelle. Außerdem werden in Konstruktionen mit Trägersystemen bedingt durch die Querschnittsgeometrie (geringe Querschnittsfläche) Wärmebrücken reduziert. Damit kann die Dämmstoffstärke und folglich die Wandstärke gegenüber Wandaufbauten mit Vollholzprofilen reduziert werden. Diese Vorteile machen Trägersysteme insbesondere für Passivhauskonstruktionen interessant (EHRECKE 2000).

5.4 Verkaufspreise neuer Holzwerkstoffe

Neben den bisher dargestellten mechanischen und physikalischen Eigenschaften der Engineered Wood Products sind die unterschiedlichen Preise der einzelnen Werkstoffe eine wichtige Grundlage für die Entscheidung für oder gegen den Einsatz dieser Produkte. In diesem Kapitel werden Preisgrößenordnungen für die einzelnen Holzwerkstoffgruppen, OSB, LVL, PSL, LSL, mehrschichtige Massivholzplatten und Holzfasern angeben. Im folgenden Absatz 5.5 werden die Kubikmeterkosten der neuen Holzwerkstoffe auf zulässige Spannungen bzw. E- und G-Module bezogen, um so eine Entscheidungshilfe für einen Einsatz im Bauwesen zu schaffen.

Die Nettopreise (Stand November 2000) für OSB/3, die am häufigsten eingesetzte OSB-Qualität im Bauwesen betragen ca. 400-450 DM/m³. Sind die OSB-Platten allseitig mit Nut & Feder versehen, steigen die Kubikmeterkosten um ca. 50 DM/m³.

In Deutschland finden im wesentlichen Furnierschichtholzprodukte zweier Hersteller Anwendung. Kerto Q, S und T von Finnforest, sowie Microllam, ein von Trus Joist MacMillan. Die Preise für die verschiedenen Furnierschichthölzer bewegen sich in einem Rahmen von ca. 1500 DM/m³ für stabförmige Bauteile und ca. 1800 DM/m³ für plattenförmige Bauteile (Stand Oktober 2000). Eine Kesseldruckimprägnierung ist bei Kerto-Furnierschichtholz möglich und erhöht den Verkaufspreis um ca. 500 DM/m³.

Das einzige Furnierstreifenholz auf dem deutschen Holzwerkstoffmarkt ist Parallam der Firma Trus Joist MacMillan. Der empfohlene Verkaufspreis für dieses Produkt beträgt ca. 2100 DM/m³.

Für Langspanholz Timberstrand P oder S, ebenfalls ein TJM-Produkt, beträgt der empfohlene Verkaufspreis zur Zeit ca. 2000 DM/m³.

Die Preise für mehrschichtige Massivholzplatten aus Nadelholz variieren sehr stark. Sie sind abhängig von der verwendeten Holzart. Mehrschichtplatten aus Lärche für den Einsatz als Fassadenplatte im Außenbereich sind teurer als Platten aus Fichte für Anwendungen im Innenraum. Außerdem ist die Oberflächengüte ausschlaggebend für den Verkaufspreis. Je nach Oberflächenqualität, A/B, A/C oder B/C, C/C, u.a. beträgt der Kubikmeterpreis für mehrschichtige Massivholzplatten aus Fichte ca. 1000 DM (C/C-Qualität) bis 2000 DM (A/A-Qualität). Mehrschichtplatten aus anderen Nadelhölzern, z.B. Lärche kosten ca. 2000-3000 DM/m³, je nach gewünschter Oberflächengüte.

Ein weiteres Produkt für das Bauwesen ist die diffusionsoffene Faserplatte. Analog zur OSB-Platte werden auch die Faserplatten in Ausführungen mit und ohne Nut & Feder angeboten. Die Preise für die diffusionsoffenen Faserplatten betragen ca. 650 DM/m³ für Platten ohne Nut & Feder bis ca. 700 DM/m³ für Platten mit Nut & Feder (Stand November 2000).

Aufgrund der unterschiedlichen Konstruktionsweisen und Dimensionen der Trägersysteme sind die Verkaufspreise für einen Laufmeter eines Doppel-T-Trägers sehr unterschiedlich. Träger mit Gurten aus Vollholz und Stegen aus HFH sind am preisgünstigsten, ihre Verkaufspreise betragen ca. 9-15 DM/lfm, in Abhängigkeit von der Dimension. Die teureren und leistungsfähigeren Träger mit Gurten aus LVL und Stegen aus OSB kosten zur Zeit je nach Dimension ca. 11 - 43 DM/lfm.

5.5 Preis- Leistungsverhältnisse von Holzwerkstoffen im Bauwesen

Die Berechnung von Holzkonstruktionen erfolgt bei Anwendung der DIN 1052 auf der Basis verschiedener Nachweise, z.B. des Spannungs- und Durchbiegungsnachweises. Hierbei sind sowohl zulässige Spannungen als auch Elastizitäts- und Schubmoduln der Werkstoffe maßgebend für eine angemessene Dimensionierung. So sind zum einen die Eigenschaften (zul. Spannungen, E- und G-Module) und zum anderen der Preis der Produkte bzw. der Preis der für diese Eigenschaften bezahlt werden muß, wichtige Entscheidungskriterien für oder gegen den Einsatz von Holzwerkstoffen im Bauwesen. Anhand der in folgenden Tabellen errechneten Verhältnisse von Kosten zu E- und G-Modulen läßt sich beurteilen, wie wirtschaftlich der Einsatz der neuen Holzwerkstoffe im Vergleich zu traditionellen Holzwerkstoffen aus statischer Sicht ist.

5.5.1 Preis-Leistungsverhältnisse plattenförmiger Holzwerkstoffe

Die in Tabelle 10 dargestellten Verhältnisse beziehen sich auf die Durchschnittswerte der zulässigen Spannungen und auf die Rechenwerte der Elastizitäts- und Schubmodulen plattenförmiger Holzwerkstoffe lt. bauaufsichtlichen Zulassungen bzw. lt. DIN aus Kapitel 5.2 und auf die Verkaufspreise neuer Holzwerkstoffe aus Kapitel 5.4.

Tabelle 10: Preis/Leistungsverhältnisse neuer Holzwerkstoffe und traditioneller Werkstoffe (Angaben in DM/MN/m²)

Preis-Leistungs-Verhältnis	Einheit	diffusof. MDF	FPY	OSB/3	OSB/4	BFU	mehrs. Platten
durchs. VK-Preis	[DM]	650	350	450	550	900	1500
DM/zul. σ_b	[DM/MN/m ²]	191	77	85	79	64	107
DM/zul. σ_z	[DM/MN/m ²]	382	152	173	211	112	220
DM/zul. σ_d	[DM/MN/m ²]	361	127	155	122	112	153
DM/zul. τ	[DM/MN/m ²]	722	194	265	225	216	750
DM/E-Modul Biegung	[DM/MN/m ²]	0,34	0,13	0,09	0,08	0,16	0,16
DM/E-Modul Zug/Druck	[DM/MN/m ²]	0,46	0,18	0,13	0,14	0,2	k.A.
DM/G-Modul	[DM/MN/m ²]	0,92	0,35	0,53	0,5	1,8	2,5

In der obigen Tabelle werden die für statische Berechnung der Holzwerkstoffbeplanungen in Wand, Dach- oder Deckenscheiben wichtigen Eigenschaften auf den Durchschnittspreis der jeweiligen Holzwerkstoffgruppe bezogen. Ist das Preis-Leistungsverhältnis der neuen Holzwerkstoffe bezüglich der zulässigen Spannungen noch geringfügig schlechter als das der traditionellen Werkstoffe, so ergeben sich beim Vergleich der Preis-Leistungsverhältnisse der E- und G-Moduln neuer Holzwerkstoffe vor allem für OSB deutliche Preis-Leistungsvorteile.

Der Einsatz von diffusionsoffenen MDF-Platten erscheint, aufgrund der im Verhältnis zum Preis vergleichsweise niedrigen zulässigen Spannungen und E- und G-Module aus statischen Gesichtspunkten, zunächst nicht wirtschaftlich. Bei der Betrachtung einer Holzrahmenbauwand oder eines Dachaufbaus zeigt sich, daß diffusionsoffene MDF-Platten als Außenbeplankung in Verbindung mit einer aus statischer Sicht leistungsfähigeren Platte z.B. OSB auf der Wandinnenseite für den diffusionsoffenen Wandaufbau eingesetzt werden. Die diffusionsoffene MDF-Platte hat hierbei neben der statischen Aufgabe der Kipp- und Knickaussteifung der Wandrippen sowie der Aufnahme der Windlasten (siehe Kapitel 6.1), vor allem bauphysikalische Aufgaben, z.B. Verbesserung des Wärmeschutzes, der Winddichtigkeit, Verhinderung des Tauwasseranfalles innerhalb der Konstruktion durch den diffusionsoffenen Aufbau. Hinsichtlich dieser über statische Aspekte hinausgehenden Eigenschaften ist der Einsatz diffusionsoffener MDF-Platten interessant.

Spanplatten, Bau-Furniersperrholz sowie die neuen Holzwerkstoffe OSB und mehrschichtige Massivholzplatten werden im Bauwesen als aussteifende Wandbeplankung auf der Innenseite von Holzrahmenbauwänden eingesetzt. Der Tabelle 10 ist zu entnehmen, daß der neue Holzwerkstoff OSB ein bezüglich der Elastizitätsmoduln günstigeres Preis-Leistungsverhältnis bietet als die traditionellen Holzwerkstoffe Spanplatte und Bau-Furniersperrholz. Für den zunehmenden Einsatz von OSB-Platten im Bauwesen ist das günstige Preis-Leistungsverhältnis bezüglich der E- und G-Module eine wichtige Voraussetzung.

Das Verhältnis des Verkaufspreises zu den Elastizitäts- und Schubmodulen mehrschichtiger Massivholzplatten ist mit dem der Bau-Furniersperrholzplatten vergleichbar und schlechter als die Verhältnisse der OSB- und Spanplatten. Durch eine Senkung der Verkaufspreise um ca. 30% oder eine Optimierung der Festigkeitseigenschaften würde das Preis-Leistungsverhältnis der mehrschichtigen Massivholzplatten auf das Niveau der OSB-Platten gehoben und damit die Konkurrenzfähigkeit dieser Produkte verbessert.

5.5.2 Preis-Leistungsverhältnisse stabförmiger Bauteile

Die in Tabelle 11 dargestellten Verhältnisse beziehen sich auf die Durchschnittswerte der Rechenwerte der Elastizitäts- und Schubmodulen stabförmiger Bauteile aus Holzwerkstoffen lt. bauaufsichtlichen Zulassungen bzw. lt. DIN aus Kapitel 5.2 und auf die Verkaufspreise neuer Holzwerkstoffe aus Kapitel 5.4.

Tabelle 11: Preis/Leistungsverhältnisse stabförmiger Bauteile aus Holz bzw. Holzwerkstoffen (Angaben in DM/MN/m²)

Preis-Leistungs-Verhältnis	Einheit	KVH S10	BSH BS11	LSL	BSH BS18	FSH	PSL
durchs. VK-Preis	[DM]	600	900	2000	1200	1500	2100
DM/zul. sb	[DM/MN/m ²]	60	81	149	67	87	105
DM/zul. sz	[DM/MN/m ²]	85	105	160	92	107	116
DM/zul. sd	[DM/MN/m ²]	70	105	154	92	98	105
DM/zul. t	[DM/MN/m ²]	666	750	1111	800	750	750
E-Modul Biegung	[DM/MN/m ²]	0,06	0,08	0,19	0,09	0,12	0,14
E-Modul Zug/Druck	[DM/MN/m ²]	0,06	0,08	0,16	0,09	0,12	0,14
G-Modul	[DM/MN/m ²]	1,2	1,64	0,95	1,71	2,58	2,8

Beim Vergleich der Preis-Leistungsverhältnisse der Werkstoffe KVH, BS11, LSL, BS18, FSH und PSL aus Tabelle 15 wird deutlich, daß der Einsatz der neuen Holzwerkstoffe mit höheren Kosten verbunden ist und somit die Konkurrenzfähigkeit dieser Produkte gegenüber den traditionellen Produkten eingeschränkt ist. Durch die Anwendung hochentwickelter Prozeßtechnologien zur Herstellung neuer Holzwerkstoffe (insbesondere zur Herstellung von PSL und LSL) wurden neben der Optimierung der Produkteigenschaften leider auch die Produktionskosten erhöht. Die Verbesserung der Produkteigenschaften reicht bei der derzeitigen Preissituation noch nicht aus, um den Einsatz dieser neuen Holzwerkstoffe wirtschaftlich attraktiv zu machen. Um das Preis-Leistungsverhältnis der neuen Holzwerkstoffe PSL und FSH an das Niveau des leistungsmäßig vergleichbaren Brettschichtholz BS18 anzupassen, wären entweder Preissenkungen auf ca. 1.300 DM/m³ für PSL und auf ca. 1.100 DM/m³ für FSH nötig oder Steigerungen der Festigkeitseigenschaften z.B. der E-Module auf ca. 23.000 MN/m² für PSL bzw. ca. 16.500 MN/m² für FSH. Für LSL ergibt sich eine Preissenkung auf ca. 1.000 DM/m³ oder eine Steigerung des E-Moduls auf ca. 22.000 MN/m² bei konstantem Preis von ca. 2.000 DM/m³.

Tabelle 12: Steifigkeiten und Kosten stabförmiger Werkstoffe ähnlicher Dimensionen im Vergleich

Einheit	T-Träger VH/OSB 7x24cm	T-Träger FSH//OSB 6x24cm	KVH (NSI) 6x24cm
Steifigkeit EI _y [kNm ²]	623	668	691
Kosten/m [DM/lfd.m.]	ca.15	ca.14	ca.12

Doppel-T-Träger aus Holz bzw. Holzwerkstoffen und Konstruktionsvollholz bieten bei ähnlichen Dimensionen vergleichbare Biegesteifigkeiten. Trägersysteme und Konstruktionsvollholz konkurrieren um den Einsatz als Träger, Sparren oder Wandstiel im Holzhausbau. Um die Wirtschaftlichkeit der Trägersysteme mit der Wirtschaftlichkeit des Konstruktionsvollholzes zu vergleichen, wurden in der obigen Tabelle die Biegesteifigkeiten der verschiedenen Werkstoffe den Kosten pro laufenden Meter zugeordnet.

Die Tabelle macht deutlich, daß der Einsatz von Trägersystemen aus Holzwerkstoffen bei vergleichbarer Steifigkeit (Tragfähigkeit) zur Zeit noch um ca. 2-3 DM pro laufenden Meter teuer ist als der Einsatz von Konstruktionsvollholz. Berücksichtigt man zur Beurteilung des Preis/Leistungsverhältnisses zusätzlich die aus dem niedrigen Eigengewicht (ca. 4,5 kg/m, vgl. Tabelle 9) resultierende leichtere Montage und die bessere Dimensionsstabilität der Trägersysteme, so wird der Einsatz dieser Produkte zunehmend interessanter.

6 Einsatzgebiete neuer Holzwerkstoffe im Bauwesen

In den bauaufsichtlichen Zulassungen sind die möglichen Anwendungsbereiche der untersuchten neuen Holzwerkstoffe im Bauwesen wie folgt definiert:

- **OSB-Flachpressplatten** dürfen für alle Ausführungen verwendet werden, bei denen die Verwendung von Holzwerkstoffen der Holzwerkstoffklasse 20 und 100 nach DIN 68 800 Teil 2 in den technischen Baubestimmungen erlaubt ist. Bei der Anwendung sind die in den technischen Baubestimmungen für Spanplatten nach DIN 68 763 getroffenen Bestimmungen für Berechnung und Ausführung einzuhalten.
- **Diffusionsoffene MDF-Platten** dürfen für Wand- und Deckentafeln gemäß DIN 1052 Teil 1 bis 3 verwendet werden. Dabei dürfen sie jedoch nur zur Knick- oder Kippaussteifung der Rippen und als mittragende Beplankung nur zur Aufnahme von Windlasten verwendet werden. Sie dürfen nicht zur Aufnahme und Weiterleitung anderer Lasten in Rechnung gestellt werden. Sie dürfen für alle Ausführungen verwendet werden, bei denen die Verwendung von Holzwerkstoffen der Holzwerkstoffklasse 20 und 100 nach DIN 68 800 Teil 2 erlaubt ist. Im Anwendungsbereich der Holzwerkstoffklasse 100 darf jedoch abweichend von dieser Norm die Feuchte der Platten $u=15\%$ auf Dauer nicht übersteigen.
- **Mehrschichtige Massivholzplatten** dürfen als tragende und aussteifende Beplankung für die Herstellung von Holztafeln (Wand-, Decken- und Dachtafeln) gemäß DIN 1052 Teil 3 verwendet werden. Je nach Zulassung dürfen mehrschichtige Massivholzplatten darüber hinaus für alle Ausführungen verwendet werden, bei denen nach DIN 1052 Teil 1 der Einsatz von Bau-Furniersperrholz erlaubt ist. Die Verwendung mehrschichtiger Massivholzplatten für die Verstärkung von Durchbrüchen und Ausklinkungen ist nach DIN 1052 Teil 1, Abschnitt 8.2 nicht erlaubt. Mehrschichtige Massivholzplatten dürfen dort eingesetzt werden, wo die Verwendung von Platten der Holzwerkstoffklasse 20 und 100 und 100 G nach DIN 68800 Teil 2 erlaubt ist.
- **Furnierschichtholz** darf für alle Ausführungen verwendet werden, bei denen nach DIN 1052 Teil 1-3 die Verwendung von Brettschichtholz erlaubt ist. Weitere Bestimmungen sind den bauaufsichtlichen Zulassungen Z-9.1-100 (Kerto S/Q), Z-9.1-291 (Kerto T) und Z-9.1-245 (Microllam LVL) zu entnehmen.

- **Langspanholz** darf für alle Ausführungen verwendet werden, bei denen nach DIN 1052 Teil 1-3 die Verwendung von Brettschichtholz und Bau-Furniersperrholz erlaubt ist. Weitere Bestimmungen sind der bauaufsichtlichen Zulassung Z-9.1-323 (Timberstrand) zu entnehmen.
- **Furnierstreifenholz** darf für alle Ausführungen verwendet werden, bei denen nach DIN 1052 Teil 1-3 die Verwendung von Brettschichtholz erlaubt ist. Furnierstreifenholz darf nur für stabförmige Bauteile mit einem Querschnittsbereich von 40 mm h 483 mm und 40 mm b 280 mm verwendet werden.
- **Trägersysteme (Doppel-T-Balken)** mit den Zulassungsnummern Z-9.1-123 (Masonite Beams/Agepan), Z-9.1-277 (TJI-Balken und Stiele) und Z-9.1-395 (KIT Balken und Stiele) dürfen verwendet werden für Geschoßdecken, als Sparren von geneigten Dächern mit und ohne Wärmedämmung sowie für Flachdächer mit oberseitiger Wärmedämmung, sofern Brandschutzbestimmungen dem nicht entgegenstehen. Die Produkte mit den Zulassungsnummern Z-9.1-277 (TJI-Balken und Stiele) und Z-9.1-395 (KIT Balken und Stiele) dürfen ebenfalls als Pfetten eingesetzt werden, sofern Brandschutzbestimmungen dem nicht entgegenstehen. Doppel-T-Balken mit den Zulassungsnummern Z-9.1-140 (Masonite Beams/Agepan), Z-9.1-277 (TJI-Balken und Stiele) und Z-9.1-395 (KIT Balken und Stiele) dürfen innerhalb von beidseitig beplankten Wandtafeln für Holzhäuser in Tafelbauart gemäß DIN 1052 Teil 3 angewendet werden. Doppel-T-Balken mit der Zulassungsnummer Z-9.1-277 (TJI-Balken und Stiele) dürfen auch als Stiele innerhalb von einseitig beplankten Wandtafeln eingesetzt werden.

Die Anwendung der Doppel-T-Balken darf jeweils nur in Gebäuden mit vorwiegend ruhenden Verkehrslasten gemäß DIN 1055 Teil 3, Abschnitt 4 erfolgen.

Innerhalb dieses Anwendungsbereiches dürfen die Doppel-T-Balken in allen Fällen eingesetzt werden, in denen Holzwerkstoffe der Holzwerkstoffklasse 20 oder 100 nach DIN 68 800 Teil 2 zulässig sind.

Die möglichen Anwendungsbereiche der neuen Holzwerkstoffe im Bauwesen die in den bauaufsichtlichen Zulassungen vorgegeben werden orientieren sich an den Anwendungsbereichen der traditionellen Holzwerkstoffe im Bauwesen Spanplatte und Bau-Furniersperrholz sowie der Vollholzprodukte Konstruktionsvollholz und Brettschichtholz. Diese Werkstoffe werden in Deutschland vorwiegend im Holzrahmenbau bzw. Holztafelbau und auch im Skelettbau sowie im Objektbau für unterschiedliche konstruktive Anwendungen eingesetzt. Im folgenden Absatz werden die unterschiedlichen Konstruktionsarten im Holzhausbau erläutert und die Einsatzgebiete und Aufgaben der neuen Holzwerkstoffe in den verschiedenen Konstruktionen dargestellt.

6.1 Holzskelettbau

Die Holzskelettbauweise hat sich aus dem frühzeitlichlichem Pfahlbau entwickelt. Das Konstruktionsprinzip dieser Bauweise bestand darin, Holzpfähle senkrecht in die Erde einzugraben und diese mit horizontalen Hölzern zu einem tragenden Skelett zu verbinden. Die Zwischenwände wurden mit Flechtwerk und Lehmverputz ausgefüllt. Schwachpunkt dieser Bauweise waren die in den Boden eingegrabenen Stützen, da diese schnell verfaulten. Abhilfe versprach der Schwellenbau, bei dem das ganze Hausgerüst auf einem Schwellenkranz lagert und vor Feuchtigkeit geschützt wird. Die Weiterentwicklung dieser Bauweise führte schließlich zum Fachwerkbau, einer in Mitteleuropa vom Mittelalter bis ins 19. Jahrhundert vorherrschenden Bauweise.

Im Zuge der Industrialisierung begann man Herstellungsprozesse zu rationalisieren, um damit kostengünstiger zu bauen. Aus diesem Bestreben entwickelten sich die Holzrahmen- und Holzskelettbauweise. Im allgemeinen Sprachgebrauch wird der „Holzskelettbau“ oft als Sammelbegriff für Holzbauweisen benutzt, die eine offene Tragstruktur aufweisen. Unter Holzskelettbau ist jedoch eine eigenständige Bauweise mit charakteristischen Merkmalen zu verstehen (KOLB; KREUPL 1998).

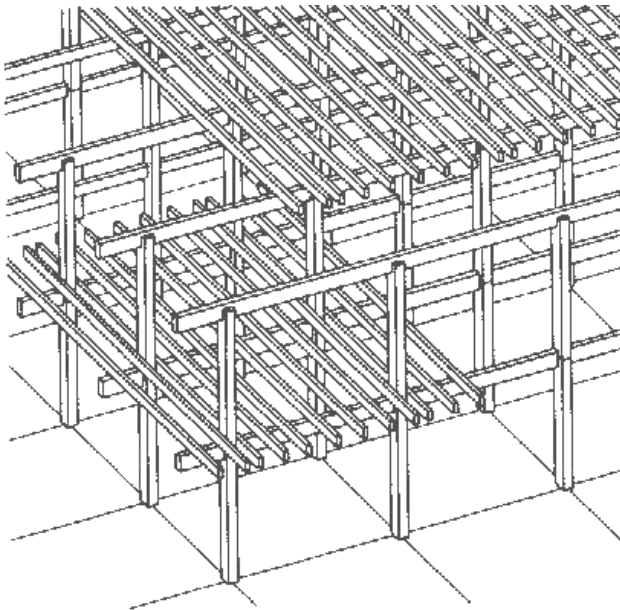


Abbildung 18: Konstruktion eines Holzskelettbaus (LEWITZKI 1991)

Beim Holzskelettbau werden Stützen und Träger in einem großen Rasterabstand angeordnet um so genügend Spielraum für Gestaltung und Nutzung zu schaffen. Weite Konstruktionsraster wurden erst durch die Entwicklung von neuen Holzwerkstoffen (Engineered Wood Products) möglich. Vor allem Brettschichtholz aber auch LVL, LSL und PSL, die zum einen in beliebigen Abmessungen lieferbar sind und zum anderen

aufgrund der besseren Festigkeitseigenschaften (z.B. gegenüber Bauholz) größere Stützweiten erlauben.

Sämtliche Lasten eines Holzskelettbaus werden über die das Skelett bildenden, stabförmigen Tragglieder (Stützen und Träger) abgetragen. Fassaden und Trennwände nehmen beim Holzskelettbau in der Regel keine vertikalen Lasten auf. Sie können aber zur Aussteifung miteinbezogen werden. Raumbildende Wände, oft Fertigelemente, werden meist als Holzständerwände oder als Glaselemente ausgebildet. Der Einsatz von Mauerwerk ist ebenfalls üblich.

Besondere Merkmale des Holzskelettbaus:

- Veränderbare Grundrißgestaltung durch leicht versetzbare Wände,
- Gestaltungsfreiheit auf Basis einer variablen Raster- und Modulordnung,
- Tragendes Skelett und hiervon unabhängige nichttragende Wände,
- Meist ablesbare Skelettstruktur,
- Hoher Vorfertigungsgrad,
- Selbstbau bei nicht tragenden Bauteilen möglich,
- Aussteifung meist über Deckenscheiben und Stahl- bzw. Holzdiagonalen oder Wandscheiben,
- Anwendung von Stahlteilverbindungen,
- häufig Objektbauten, Ingenieurholzbauten.

Die meisten Skelettbauten sind auf einem horizontalen und auch auf einem vertikalen Raster aufgebaut. Das Raster dient als Hilfsmittel für die Konstruktion und bestimmt gestalterische Ordnung und die Stellung der tragenden Stützen und Trägerlagen und damit die Stützweiten für Haupt und Nebentragrichtung.

Im Planungsvorgang wählt man sich ein Grundmodul, daraus resultiert dann, als vielfaches des Grundmoduls, das Raster. Die Größe des Grundmoduls wird durch die Ansprüche des Bauherren bestimmt. Eine heute übliche Modulgröße ist u.a. das Europamodul (DIN 8000) 10 cm. Als Rastermaße für den Holzskelettbau sind heute üblich:

- 120/120 cm
- 120/360 cm
- 125/125 cm
- 360/360 cm
- 480/480 cm

6.2 Holzrahmenbau

Während beim Skelettbau die Lasten über stabförmige Tragglieder abgetragen werden, handelt es sich beim Holzrahmenbau um eine Scheibenbauweise, bei der es keine Trennung zwischen tragenden und raumabschließenden Teilen gibt (FINK; JOCHER 1998). Der Begriff Holzrahmenbau leitet sich aus dem englischen „timber frame“ (Holzrahmen) ab. Dieses Bausystem wird in den USA seit ca. 150 Jahren praktiziert und hat sich als eine Bauweise mit hoher Planungsflexibilität und einfacher wirtschaftlicher Verarbeitung erwiesen. Aufgrund dieser Eigenschaften avancierte der Holzrahmenbau zu dem Bausystem für Wohnungs- und Gewerbebauten in den USA. Seit dem Ende der 70er Jahre ist der Holzrahmenbau auch in Europa anzutreffen. Mittlerweile werden Einzel-, Doppel- und Reihenhäuser, mehrgeschossiger Wohnungsbau, Büro- und Gewerbebauten sowie Schulen und Kindergärten in Holzrahmenbauweise errichtet.

Das feingliedrige Traggerippe, der „timber frame“, wird flächig mit Plattenwerkstoffen, in der Regel Holzwerkstoffe, beplankt und bildet so eine Scheibe. Um rationelle Fertigung zu erreichen verwendet man standardisierte Querschnitte und Beplankungsmaterialien, die mit einfachen Verbindungsmitteln wie Nägeln, Klammern und Schrauben verbunden werden. Die so entstandenen Wand-, Dach- und Deckenelemente werden in Holzbaubetrieben mit unterschiedlichen Vorfertigungsgraden hergestellt und auf der Baustelle zusammengefügt. Auf dem Bauplatz werden die Holzrahmenbauten in der Regel geschosswise aufgebaut („platform frame“). Gelegentlich werden auch gebäudehohe Elemente eingesetzt („balloon frame“).

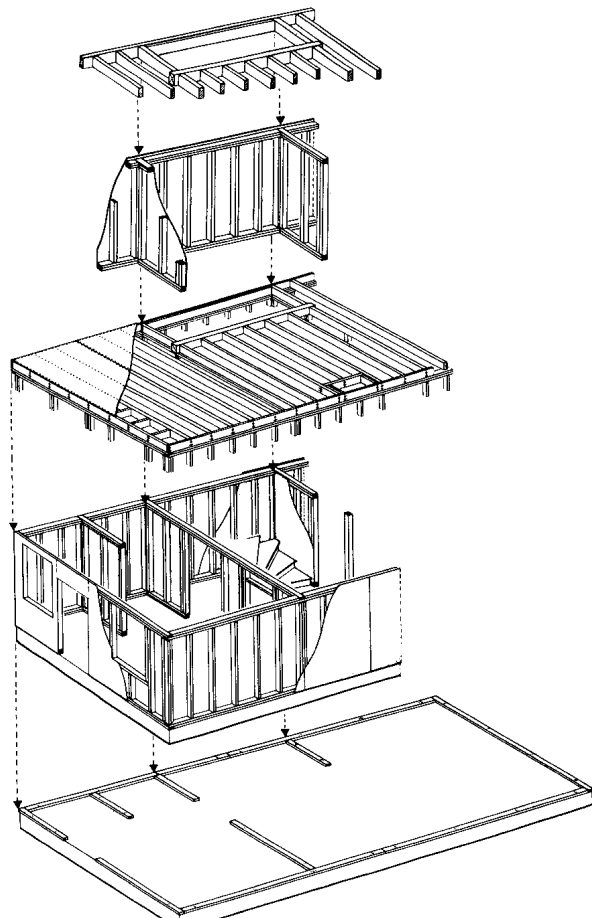


Abbildung 19: Konstruktionprinzip der Holzrahmenbauweise (LEWITZKI 1991)

6.2.1 Wandaufbauten

Die einzelnen Wandelemente werden als Verbundquerschnitte ausgeführt. Sie bestehen aus einem Traggerippe aus

vertikalen Ständern (Stielen) und horizontalen Rähmen. In der Regel verwendet man für Ständer und Schwelle bzw. Rähm Konstruktionsvollholz oder andere Vollholzprodukte. Problemlos möglich ist aber auch der Einsatz von neuen Holzwerkstoffen, z.B. die Verwendung von Trägersystemen Furnierschichtholz oder auch Langspanholz als Ständer und der Einsatz von Spanstreifenhölzern als Rähm. Das von Ständer und Rähm gebildete Tragwerk wird beidseitig mit Plattenwerkstoffen beplankt. Wandinnenseitig kommen häufig Werkstoffe wie z.B. Spanplatte, OSB oder mehrschichtige Massivholzplatten zum Einsatz. An der Wandaußenseite finden häufig weiche Holzfaserplatten oder diffusionsoffene MDF-Platten Anwendung, auf sie folgen dann die unterschiedlichen Fassadenkonstruktionen z.B. Holzfassade, Klinker, zementgebundene Spannplatte, Furnierschichtholz.

Die Ständer tragen die lotrechten Lasten aus Dach und Geschoßdecken, in Außenwänden zusätzlich die Windlasten senkrecht zur Wand ab. Sie können sehr schlank dimensioniert werden, da sie durch die Beplankung gegen ein Ausknicken gesichert sind. Die äußere Beplankung trägt im wesentlichen die horizontal wirkenden Windlasten und die Wind- und Aussteifungslasten in Scheibenrichtung ab (FINK; JOCHER 1998). Die Beplankung wird durch die Verbindung mit den Stielen ihrerseits gegen Ausbeulen gesichert (siehe Abbildung 20).

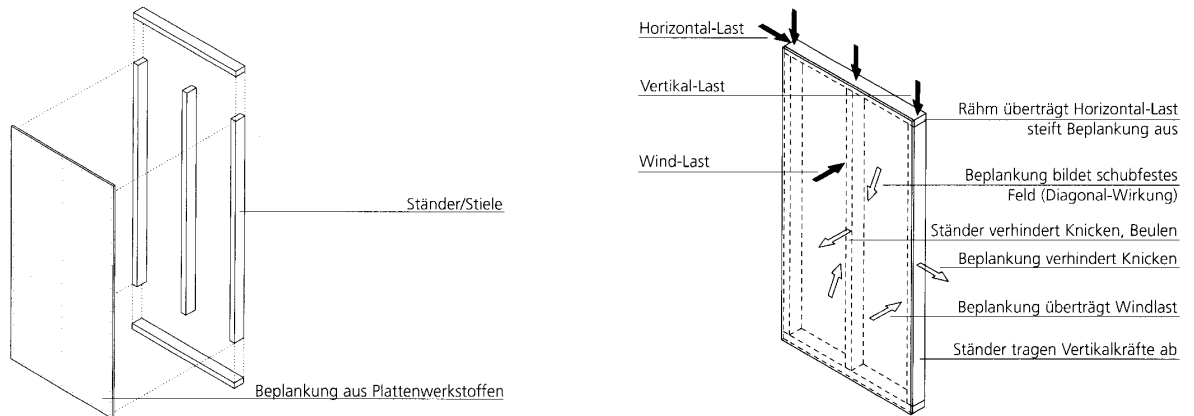


Abbildung 20: Systemaufbau und Kräfteverlauf in der Holzrahmenbauwand (JOCHER 1997)

In Abhängigkeit von den handelsüblichen Abmessungen der Holzwerkstoffplatten 1,25 m bzw. 2,5 m bis 5 m hat sich ein 62,5 cm Raster für die Anordnung der Ständer etabliert, um den Verschnitt zu minimieren. Dieses Raster kann beliebig verändert werden, z.B. der verkürzte Abstand von Ständer zu Ständer beim Ende einer Wand oder bei Öffnungen in der Wand (Türen, Fenster, Durchbrüche). Die nicht im Raster stehende Öffnung wird durch zusätzliche Ständer oder/und Stürze begrenzt (siehe Abbildung 21).

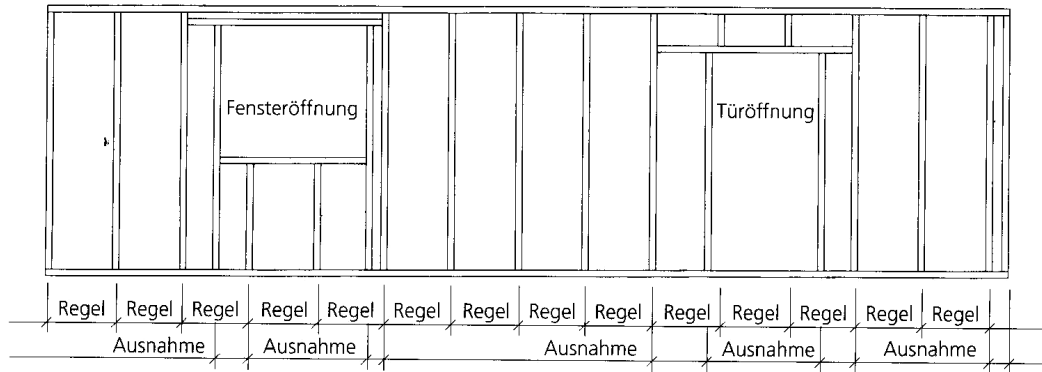


Abbildung 21: Holzrahmenbauwand mit Öffnungen (JOCHER 1997)

Die Gefache der einzelnen Wandelemente nehmen die aus schall-, wärme- und brandschutztechnischen Gründen erforderlichen Dämmstoffe auf. Zur Außenseite hin sind die Wände zum Schutz vor kalter Luft z.B. mit einem Windpapier winddicht ausgeführt. Um eine Konvektion feuchtwarmer Luft von innen nach außen zu verhindern und so eine Durchfeuchtung der Wand zu verhindern, wird an der Innenseite eine Dampfbremse aufgebracht. Diffusionsoffene Wandaufbauten sind ebenfalls möglich. Hierbei ist darauf zu achten, daß die Feuchtigkeit durch die Wand nach außen gelangt und dort, z.B. durch eine hinterlüftete Fassade, an die Umgebungsluft abgegeben werden kann. Realisiert werden solche Wandaufbauten häufig mit OSB-Platten als Dampfbremse auf der Wandinnenseite und diffusionsoffenen MDF-Platten auf der Wandaußenseite der Holzrahmenwand (siehe Abbildung 22).

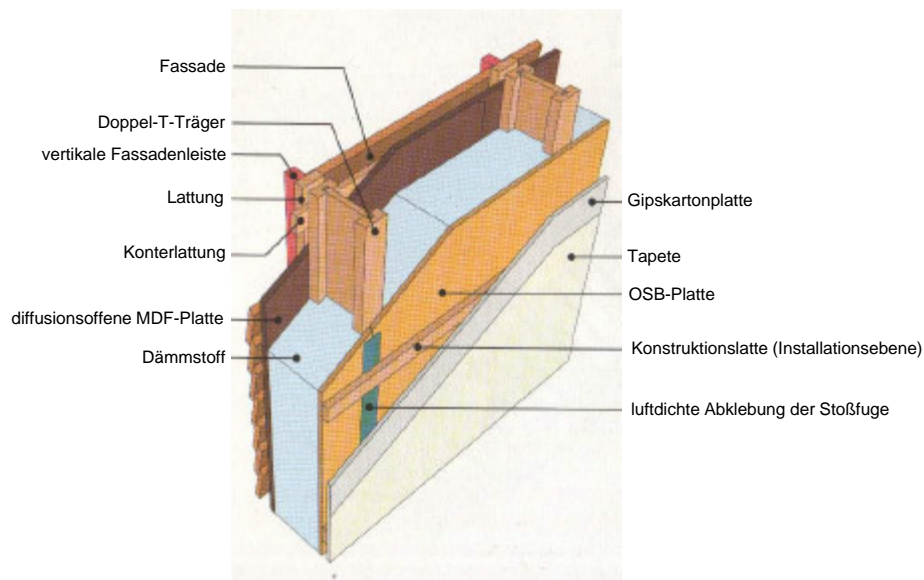


Abbildung 22: Diffusionsoffener Wandaufbau mit neuen Holzwerkstoffen (JOCHER 1997)

6.2.2 Deckenkonstruktionen

Die Deckenbalken werden direkt auf die Wandelemente aufgelegt, befestigt und anschließend mit Holzwerkstoffen beplankt. Als Material für Deckenbalken kommen häufig Bauholz, Konstruktionsvollholz oder auch Brettschichtholz zum Einsatz. Aus dem Bereich der neuen Holzwerkstoffe können z.B. Trägersysteme verwendet werden, die bessere Dimensionsstabilitäten und geringere Eigengewichte aufweisen. Ebenfalls denkbar ist der Einsatz von Langspanholz, Furnierstreifenholz oder Furnierschichtholz als Deckenbalken. Durch eine kraftschlüssige Verbindung von Beplankung und Deckenbalken entsteht eine starre Deckenscheibe, die Wind- und Aussteifungslasten aufnimmt sowie vertikale Lasten abträgt. Der weitere Fußbodenaufbau richtet sich nach bauphysikalischen und gestalterischen Ansprüchen. Sollen die Deckenbalken sichtbar bleiben, ist der Einsatz von Konstruktionsvollholz oder Brettschichtholz üblich. Verwendet man z.B. Trägersysteme werden die Deckenbalken in der Regel auch von der Unterseite verkleidet. Als Alternative zu den verschiedenen Balkenkonstruktionen können auch Brettstapelelemente für Decken eingesetzt werden. Brettstapel sind Massivholzelemente, die aus mechanisch miteinander verbundenen, hochkant gestellten Brettern bestehen.

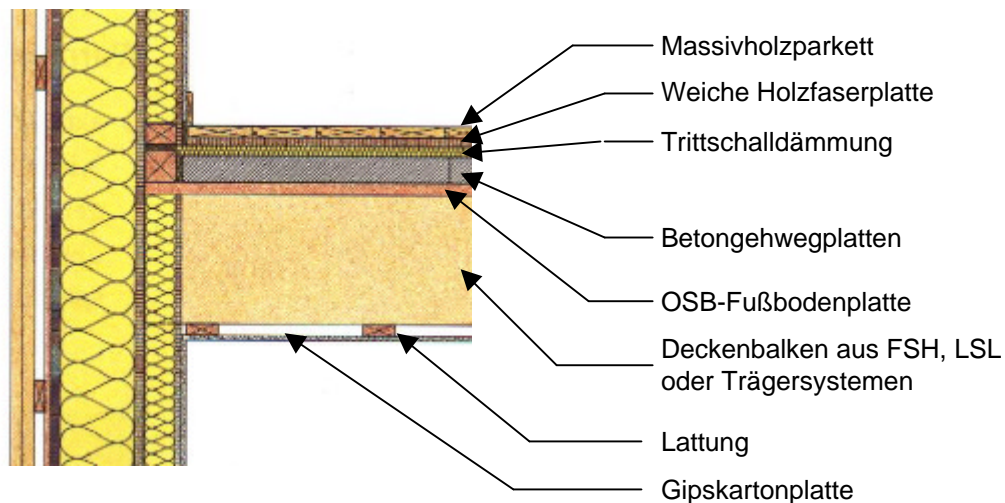


Abbildung 23: Deckenkonstruktion beim Holzrahmenbau (JOCHER 1997)

6.2.3 Dachkonstruktionen

Auf die Montage der obersten Decke folgt die Errichtung des Daches. Grundsätzlich unterscheidet man drei verschiedene Dachkonstruktionen, das Pfettendach, die Sparren- und Kehlbalckendächer und das Flachdach (LEWITSKI 1991). Pfetten- oder Sparrenkonstruktionen werden im allgemeinen konventionell auf der Baustelle errichtet.

Als Material für die Sparren wird traditionell Bauholz oder Konstruktionsvollholz eingesetzt. Aus dem Bereich der neuen Holzwerkstoffe können ebenfalls Trägersysteme als Sparren verwendet werden, die aufgrund ihres geringeren Eigengewichtes kürzere Montagezeiten erlauben. Als Material für Pfetten finden neben Konstruktionsvollholz und Brettschichtholz auch oder Furnierstreifenholz Anwendung z.B. als Firstpfette. Brettschichtholz und Furnierstreifenholz eignen sich besonders wenn hohe Anforderungen an Steifigkeit und Festigkeit gestellt werden z.B. für ingenieurmäßige Fachwerkkonstruktionen (Skelettbau).

Zur Beplankung der Dachsparren werden innenseitig Holzwerkstoffplatten z.B. Spanplatten oder OSB in Verbindung mit einer dampfbremsenden Folie aufgebracht, außenseitig ist hierbei eine Unterspannbahn erforderlich. Ist ein diffusionsoffener Dachaufbau erwünscht finden analog zum Aufbau der diffusionsoffenen Wandkonstruktion OSB-Platten innenseitig und diffusionsoffene MDF-Platten an der Außenseite Verwendung. Die preßblanke Oberfläche der MDF-Platten wirkt als wasserabweisende Schicht und macht eine Unterspannbahn nicht erforderlich. Sind die OSB und diffusionsoffenen MDF-Platten mit einem umlaufenden Nut- und Federprofil versehen, ist eine winddichte Dachbeplankung schnell und einfach möglich.

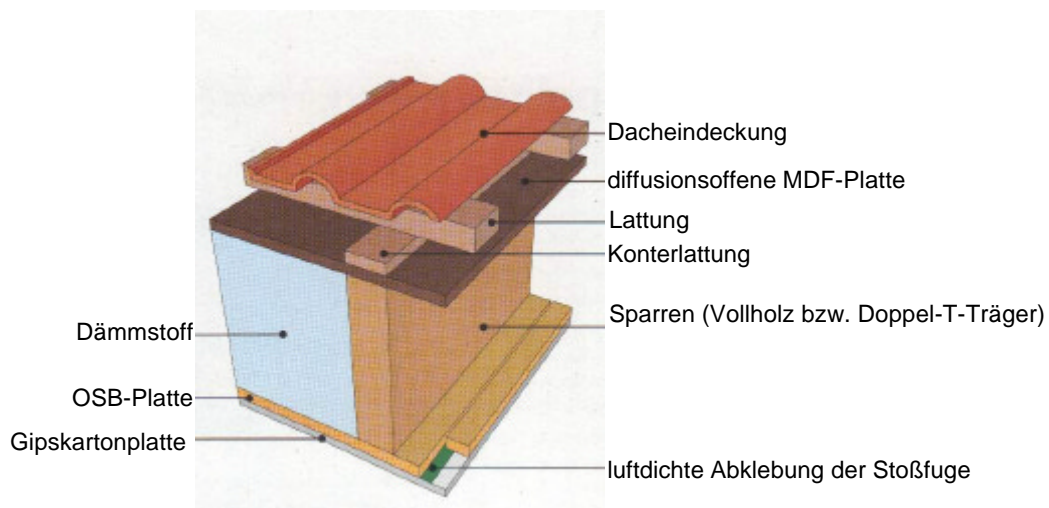


Abbildung 24: Dachkonstruktion mit neuen Holzwerkstoffen (JOCHER 1997)

6.3 Fassade

Mehrschichtige Massivholzplatten und Furnierschichtholz (Kerto Q) finden aufgrund ihrer guten Dimensionstabilität häufig als Platten für Fassaden Anwendung. Vorteile dieser Produkte für diesen Anwendungsbereich sind neben der Dimensionsstabilität zum einen die großen Dimensionen, die eine schnelle Montage ermöglichen und die Anzahl problematischer Stoßfugen gering halten, zum anderen die gute Imprägnierbarkeit (kesseldruckimprägniertes Furnierschichtholz) und damit erhöhte Dauerhaftigkeit dieser Produkte.

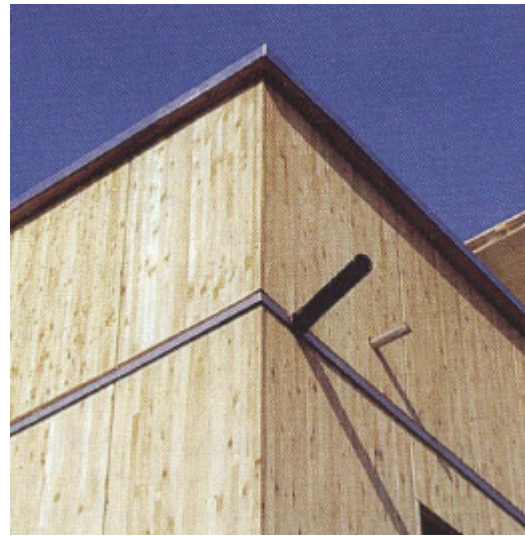


Abbildung 25: Fassade aus mehrschichtigen Massivholzplatten (EUWID 1999c)

6.4 Objektbau

Die Stärken der Engineered Wood Products Furnierstreifenholz und Furnierschichtholz liegen vor allem im Objektbau. Am Beispiel einer Abbundhalle mit einer Grundrißfläche von 30 x 60 m und einer Spannweite von 30 m in Reuthe, Österreich, wird das wichtigste Einsatzgebiet des Furnierstreifenholzes deutlich.

- Aufgrund der hohen zulässigen Zug- und Druckspannungen eignet sich Furnierstreifenholz besonders für aufgelöste Tragstrukturen wie Fachwerke, Sprengwerke, Raumfachwerke z.B. oder Stützen im Ingenieurholzbau mit großen Spannweiten und großen anzunehmenden Lasten, hier eine Schneelast von 380 kg/m² (MERZ 1993).
- Die hohen zulässigen Druckspannungen parallel und rechtwinklig zur Faser ermöglichen zudem einfache Anschlüsse mit Versätzen. Das Gewicht der Stahlteile und Verbindungsmittel wird dadurch gegenüber einer Brettschichtholzkonstruktion reduziert. Ebenso ist das Abbinden einfacher und weniger zeitaufwendig (KRAUS 1993).
- Die Bauhöhe der Furnierstreifenholzbinder wird bei gleicher statischer Höhe der Fachwerke ca. einen halben Meter kleiner als die von Brettschichtholzbindern (Materialeinsparung gegenüber Brettschichtholz). Die große Belastung und eine

Spannweite von 30 m hätten bei der Verwendung von Brettschichtholz einen Binder mit einer Höhe von 2,6 m erfordert. Die Herstellung von Bindern dieser Größenordnung ist in der Regel nur durch Verleimung zweier Teilquerschnitte möglich. Außerdem können durch nachträgliches Schwinden dieser großen Querschnitte und mangelnde Kenntnis über Spannungsverlauf und Volumeneffekt bei Querschnitten dieser Größe Probleme auftreten (KRAUS 1993).

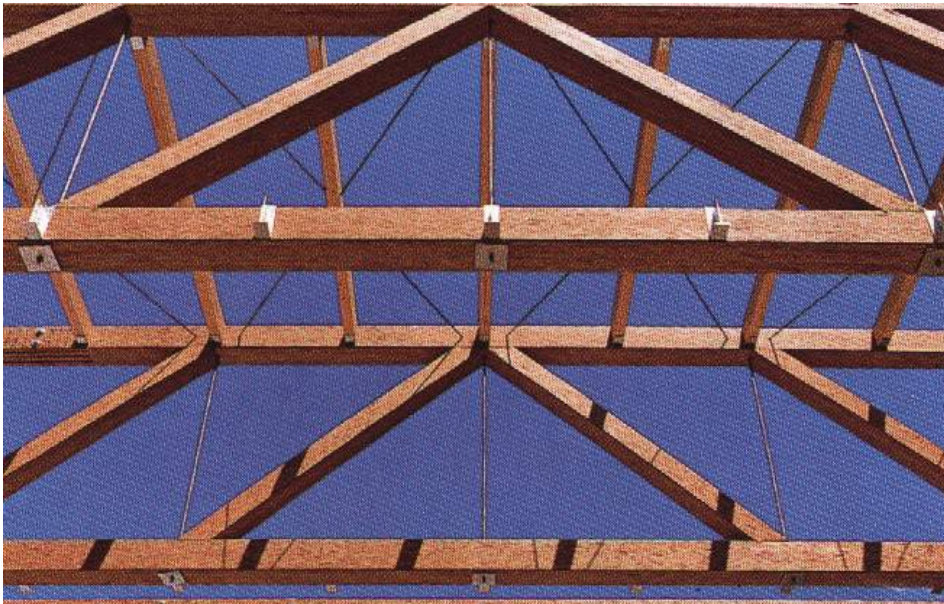


Abbildung 26: Fachwerkträger aus Furnierstreifenholz im Objektbau (JOCHER 1997)

Im Gegensatz zu Furnierstreifenholz, das nur als stabförmiges Bauteil eingesetzt wird, kann Furnierschichtholz im Objektbau als stabförmiges Bauteil und als plattenförmiges Bauteil verwendet werden.

- Stabförmiges Furnierschichtholz (z.B. Kerto S) ermöglicht aufgrund der mit PSL vergleichbaren zulässigen Spannungen und E-Modulen ebenfalls schlanke Konstruktionen mit großen Spannweiten wie sie im Industrieballenbau und öffentlichen Bau gefordert werden.
- Plattenförmiges Furnierschichtholz z.B. (Kerto Q) besitzt höhere zulässige Spannungen als andere plattenförmige Werkstoffe z.B. OSB oder BFU. Mit Furnierschichtholz als Dach oder Deckenplatten sind Trägerabstände von bis zu 3 m möglich und große Spannweiten und hohe Nutzlasten möglich. Die großen Abmessungen (bis 26 m Länge) erlauben statisch günstige Mehrfeldverlegungen (KERTO HANDBUCH 2000).



Abbildung 27: Furnierschichtholz im Objektbau (JOCHER 1997)

6.5 Brücken

Neben der Weiterentwicklung des Brettschichtholzes z.B. mit hohen Festigkeiten durch maschinelle Sortierung kommt als neuer Holzwerkstoff Furnierschichtholz auch im Brückenbau zum Einsatz. Zum einen kann es als eigenständiges Bauteil z.B. als Träger oder als Fahrbahntafel (MERZ 1993), zum anderen kann es auch mit Voll- oder Brettschichtholz kombiniert werden. Hierzu wird Furnierschichtholz durch mechanische Verbindungsmittel oder Verleimung z. B. mit BSH verbunden werden, um die Festigkeitseigenschaften zu verbessern. Dieser Verbundwerkstoff ermöglicht schlanke, wirtschaftliche Querschnitte für hoch belastete, knickgefährdete Diagonalstäbe in Auflagernähe von Fachwerkträgern. So bestehen zum Beispiel die Auflagerstreben der Brücke über die Simme bei Wimmis (Schweiz) bestehen aus BSH mit beidseitig angeordnetem Furnierschichtholz (NATTERER; HERZOG; VOLZ 1994).

7 Situation des Holzhausbaus in Deutschland

Die Marktsituation der Holzwerkstoffe für das Bauwesen ist abhängig von der Situation des deutschen Bausektors und hier insbesondere von der Situation des Holzhausbaus in Deutschland.

Innerhalb der letzten sechs Jahre nahm der Anteil des Holzbaus sowohl beim Ein- und Zweifamilienhausbau als auch beim Objektbau in Deutschland stetig zu

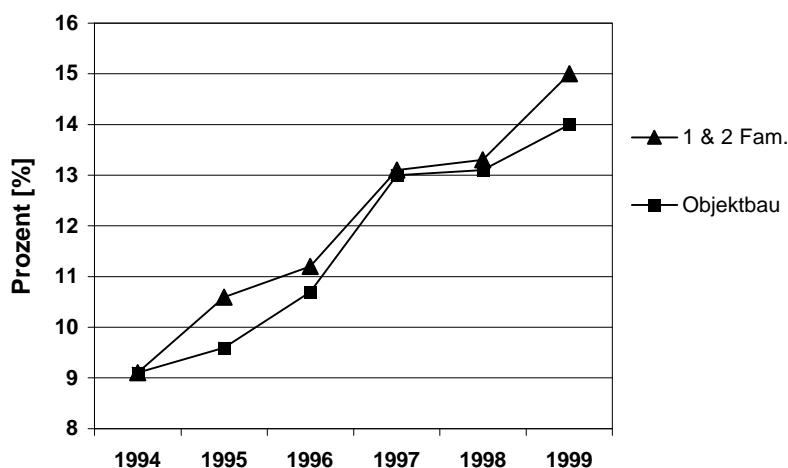


Abbildung 28: Entwicklung des Holzbaus in Deutschland (KLAAS 2000)

Angefangen mit einem Anteil von 9,1% am gesamten Ein- und Zweifamilienhausbau im Jahre 1994 konnte der Ein- und Zweifamilienhaus aus Holz seinen Marktanteil innerhalb von 6 Jahren um ca. 6% auf 15% ausbauen. Auch im Bereich des Objektbaus ist eine positive Entwicklung der Holzbau-Marktanteile festzustellen. Hier stiegen die Marktanteile des Holzbaus von ca. 9% 1994 auf ca. 14% im Jahr 1999.

Die absoluten Baugenehmigungszahlen für Ein- und Zweifamilienhäuser in Holzbauweise werden in der folgenden Tabelle dargestellt und in die Bereiche Industrie, Importe und Handwerk unterteilt.

Tabelle 13: Anzahl der Baugenehmigungen von Ein- und Zweifamilienhäusern in Holzbauweise aufgeschlüsselt nach Industrie und Handwerk (KLAAS 2000)

	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Fertighausindustrie	13.650	13.600	14.200	14.700	15.000	15.400
Importe	1.950	2.005	2.130	2.155	2.300	2.500
Zimmerer	2.442	2.217	3.777	8.625	10.161	11.000
Holzhausbau gesamt	18.042	17.822	20.107	25.480	27.461	28.900

Tabelle 13 zeigt, daß der deutsche Holzhausbau in den vergangenen sechs Jahren im Bereich des Ein- und Zweifamilienhausbaus von einem starken Wachstum geprägt ist.

Besonders hervorzuheben ist der starke Anstieg des Anteils der Holzhäuser die durch handwerkliche Betriebe errichtet werden. 1997 verdoppelte sich die Zahl der Baugenehmigungen innerhalb eines Jahres. Absolut stieg die Anzahl der Holzhäuser, die durch Zimmereibetriebe errichtet wurden, innerhalb der letzten sechs Jahre von 2.442 auf ca. 11.000 Bauten. Dies entspricht einer Wachstumsrate von ca. 450%. Im Vergleich dazu weisen klassische Holzfertigbauindustrie mit einer Wachstumsrate von 17,2% und Importe mit einer Wachstumsrate von 43,5% deutlich geringere Steigerungsraten auf. Der Großteil der Ein- und Zweifamilienhäuser in Holzbauweise wird jedoch immer noch von der deutschen Fertighausindustrie produziert. Zwar nahm der Anteil der Fertighausindustrie am gesamten Holzhausbau bedingt durch den starken Anstieg der handwerklich gefertigten Holzhäuser von 75% im Jahr 1994 auf ca. 53% im Jahr 1999 ab. Trotzdem bleibt die Fertighausindustrie die dominierende Gruppe im Bau von Ein- und Zweifamilienhäusern in Holzbauweise. Bezieht man neben dem Bau von Ein- und Zweifamilienhäusern die Errichtung von Drei- und Mehrfamilienhäusern sowie Anbauten, Ausbauten und Aufstockungen von bestehenden Gebäuden mit ein, zeigt sich, daß Zimmereibetriebe 1998 über 23.000 Maßnahmen im Holzwohnungsbau durchgeführt haben (SCHMITT 2000).

Die insgesamt positive Entwicklung des Holzhausbaus ist in Deutschland innerhalb der alten und neuen Bundesländer unterschiedlich. In den alten Bundesländern kletterte 1999 die Zahl der Baugenehmigungen für den gesamten Holzbaubereich beim Ein- und Zweifamilienhausbau um 6,3% auf 22.075, was einen Marktanteil von 12,9% ausmacht. Bemerkenswert ist hierbei, daß der prozentuale Zuwachs des Holzfertigbaus mit 6,3% größer ist, als der des gesamten Ein- und Zweifamilienhausbaus mit 3,7% bei 17.451 Baugenehmigungen.

In den neuen Bundesländern ging die Zahl der Baugenehmigungen im Holzbaubereich 1999 um 5,7% auf 9.891 Anträge zurück. Der Anteil des Holzhausbaus liegt mit 18,9% jedoch immer noch wesentlich höher als im alten Bundesgebiet (KLAAS 2000).

Die Entwicklung des gesamten deutschen Wohnungsbaus zeigt im Bereich des Ein- und Zweifamilienhausbaus seit April 2000 deutliche Einbrüche. Die Anzahl der Baugenehmigungen ging in den Monaten April und Mai um 21% zurück. Im Juni sackte die Zahl der Baugenehmigungen sogar um 27,8% ab (WEBER 2000). Auch der Holzhausbau blieb von dieser negativen Entwicklung nicht unberührt. Die Anzahl der Baugenehmigungen sank in den ersten Monaten dieses Jahres um 12%. Ein wichtiger Grund für diese Entwicklung ist nach (WEBER 2000) die jüngste Debatte um die höhere Bewertung der Immobilienvermögen, die potentielle Bauherren verunsichert.

8 Marktsituation neuer Holzwerkstoffe

Im Jahr 1998 hatte die Gesamtproduktion der Holzverarbeitenden Industrie in Europa einen Wert von 260 Mrd. DM, mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von ca. 5,2% (EUROPEAN PANEL FEDERATION, EPF; 2000). Die Gesamtproduktion teilt sich wie in der folgenden Abbildung dargestellt in folgende Bereiche auf.

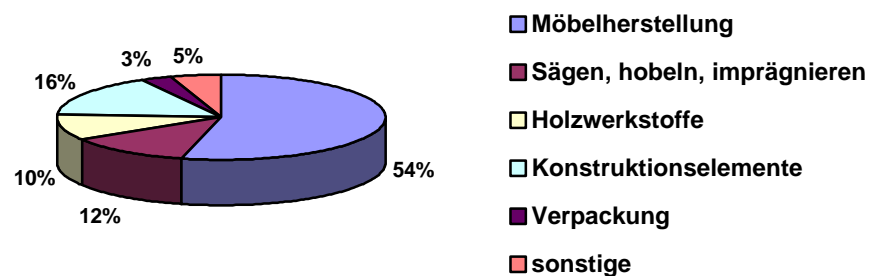


Abbildung 29: Anteile Produktionswert Holzverarbeitende Industrie (Quelle: EPF 2000)

Der Holzwerkstoffsektor liegt mit 10% an vierter Stelle der Gesamtproduktion. Dieser Sektor umfaßt die Produkte Spanplatten, Faserplatten (MDF, HFH, HFD), OSB und Sperrhölzer, die auch im Bauwesen eingesetzt werden. In der folgenden Tabelle 14 sind die Produktionsdaten der einzelnen Holzwerkstoffe für die Jahre 1995-1999 aufgeführt.

Tabelle 14: Produktion von Holzwerkstoffe in Europa in 1000 m³, 1995-1999

	1995	1996	1997	1998	1999
Spanplatte	28.800	29.000	31.600	32.200	32.900
MDF	3.800	4.500	5.400	6.300	7.100
Sperrholz	2.400	2.500	2.600	2.600	2.900
Sonst. Faserplatten	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700
OSB	300	400	700	800	1.000
Holzwerkstoffe gesamt	37.000	38.100	42.000	43.600	45.600

Bemerkenswert sind vor allem die deutlichen Zuwachsraten des neuen Holzwerkstoffes OSB. In den Jahren 1995 bis 1999 steigerte sich das Gesamtproduktionsvolumen von 0,3 Mio m³ 1995 auf 1,0 Mio m³ 1999, dieses entspricht einer jährlichen Zuwachsrate von ca. 25%. Die Produktion von MDF ist ebenfalls ansteigend, sie stieg im Verlauf der letzten 5 Jahre mit einer jährlichen Zuwachsrate von ca. 16% von 3,8 Mio m³ auf 7,1 Mio m³ kontinuierlich an. Wesentlich verhaltener, allerdings von deutlich höherer

ren Produktionszahlen ausgehend, sind die Zuwachsraten der traditionellen Holzwerkstoffe wie z.B. Spanplatte, Sperrholz und sonstige Faserplatten (Platten nach dem Naßverfahren produziert), wobei Spanplatten- und Sperrholzproduktion jährliche Zuwachsraten von ca. 2-3% aufweisen. Der absolute Zuwachs von ca. 700.000 m³ pro Jahr ist bei den traditionellen Holzwerkstoffen (z.B. Spanplatte) jedoch immer noch deutlich größer als bei den neuen Holzwerkstoffen. Die Produktionszahlen der Faserplatten nach dem Naßverfahren sind innerhalb der letzten Jahre konstant geblieben (EPF 2000).

1999 hat die Spanplattenherstellung mit ca. 72% den größten Anteil an der gesamten Holzwerkstoffproduktion (EPF 2000). Das entspricht einer jährlichen Produktionsmenge von ca. 32,9 Mio m³. Damit ist die Spanplattenproduktion der europaweit dominierende Produktionszweig der Holzwerkstoffindustrie und sei aus diesem Grunde, als traditioneller Holzwerkstoff, an dieser Stelle erwähnt.

8.1 OSB

Der Anteil des vergleichsweise neuen Holzwerkstoffes OSB an der Gesamtmenge fällt mit 2% und einer Menge von 1 Mio m³ 1999 noch relativ gering aus, wird aber aufgrund der zweistelligen Zuwachsraten in Verbindung mit dem Neuaufbau von Kapazitäten, vor allem in Deutschland, in den folgenden Jahren stark zunehmen. In Deutschland rechnet man für das Jahr 2000 mit einer Produktionskapazität an OSB von 0,36 Mio m³. Insgesamt ergibt sich dann für das derzeitige Jahr eine Gesamtproduktionskapazität für OSB von 1,8 Mio m³. Dies entspricht einer Steigerungsrate von 66% innerhalb eines Jahres. Der Grund für diese enorme Zunahme an Kapazität ist die Inbetriebnahme zweier OSB-Produktionen, einer in Frankreich zu Beginn des Jahres 2000 und einer neuen Anlage in Deutschland mit Produktionsbeginn im Sommer 2000.

In der folgenden Tabelle sind die einzelnen Kapazitäten der EPF- Partnerländer für das Jahr 2000 aufgeführt.

Tabelle 15: Produktionskapazitäten der wichtigsten OSB-produzierenden Länder Europas (EPF 2000)

Land	Kapazität in 1000m ³ (2000)
Frankreich	430
Deutschland	360
Irland	335
Polen	280
England	240
Luxembourg	150

Das Wachstum der europäischen OSB-Produktion ist als Teil der weltweiten Expansion von OSB zu sehen. Der weltweite Ausstoß von OSB stieg in den letzten zwanzig Jahren von nahezu null auf 19,7 Mio m³. Mit 18,7 Mio m³ ist Nordamerika der weltweit größte OSB-Produzent, wobei 93,5% des globalen Verbrauchs ebenfalls auf Nordamerika entfallen. Europa ist mit einem Anteil von 5,1% der zweitgrößte OSB-Verbraucher, gefolgt von Japan mit 1,1% des weltweiten Verbrauchs. Innerhalb Europas hat England mit einem Anteil von 30% am gesamten europäischen Verbrauch eine dominante Position (EPF 2000).

Die starke Zunahme des OSB-Marktes hängt zum einen von der positiven Entwicklung bestehender Märkte, wie z.B. konstruktiven Anwendungen (Wand/Dachbeplankungen), aber auch von der Erschließung neuer Anwendungsmöglichkeiten, z.B. Fußböden, Verpackungen und dekorativen Elementen, ab. In diesem Zusammenhang hat es der Werkstoff OSB geschafft, sich neben etablierten Holzwerkstoffen am Markt zu behaupten (EPF 2000).

Im Dezember 1999 wurden in Europa sechs OSB-Anlagen betrieben. Dabei handelt es sich um fünf Mehretagenanlagen mit Kapazitäten von 80.000-350.000 m³ pro Jahr und um eine Anlage mit einer kontinuierlichen Presse. Die Produktion auf kontinuierlichen Pressen wird sich vergleichbar der MDF-Produktion auch bei der OSB-Herstellung durchsetzen, denn alle in Europa zukünftig geplanten Anlagen basieren auf dieser Preßtechnologie (EUWID 1999a).

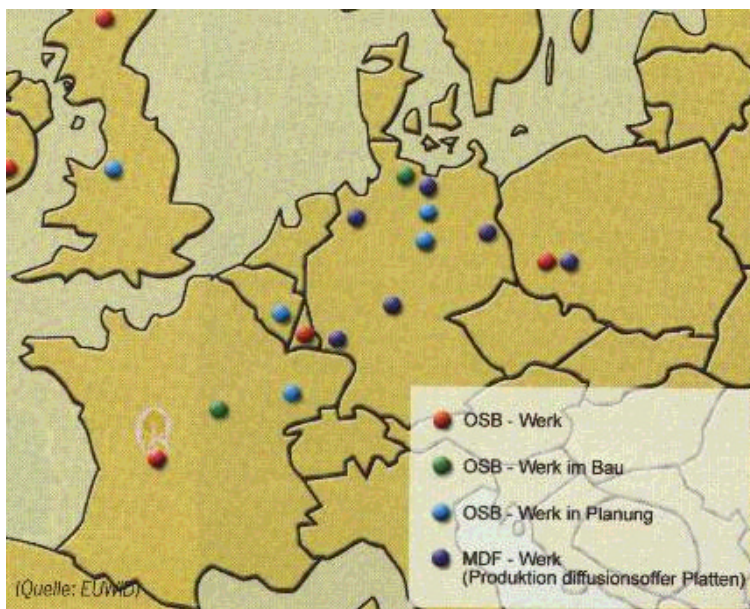


Abbildung 30: OSB & diffusionsoffene MDF Produktion in Europa (EUWID 1999c)

8.2 Sperrholz/Furnierschichtholz

Die europäische Sperrholzproduktion ist stark durch die dominante Position Finnlands geprägt (EFP 2000), da Finnland einen Anteil von 38% an der gesamten europäischen Sperrholzproduktion innehält und sich dadurch Produktionsschwankungen eines Landes signifikant auf die gesamteuropäische Produktion an Sperrholz auswirkt. Insgesamt liegt der Anteil der Sperrholzproduktion an der gesamten europäischen Holzwerkstoffherstellung bei ca. 6%, dies entspricht einer produzierten Menge im Jahr 1999 von 2,9 Mio m³ (EFP 2000).

Der einzige europäische Produzent von Furnierschichtholz ist Finnland. Eine erste Anlage wurde dort 1981 in Betrieb genommen und ihre Produktionskapazität 1986 auf 50.000 m³ erweitert (KAIRI 1993). Zur Zeit werden dort ca. 110.000 m³ Furnierschichtholz pro Jahr produziert (RWS 1999). Die Inbetriebnahme einer zweiten Produktionslinie für Furnierschichtholz in den nächsten Jahren ist geplant (KAIRI 1993). Laut Informationen des Asean Timber Technology Centres wurden 1990 ca. 15.000 m³ des in Finnland produzierten Furnierschichtholzes in andere europäische Länder exportiert (WING-HING 1991). Weitere Angaben über den Verbrauch von Furnierschichtholz in Deutschland gibt es jedoch zur Zeit nicht, werden jedoch anhand einer Fragebogenaktion im Rahmen dieser Arbeit in Kapitel 9 untersucht.

Weltweit sind die Vereinigten Staaten von Amerika der größte Produzent und auch Verbraucher von Furnierschichtholz mit einer jährlichen Produktion von zur Zeit 1,21 Mio m³ FSH. Ähnlich des großen Produktionszuwachses an OSB mit ca. 25% pro Jahr betragen auch hier die Wachstumsraten von Furnierschichtholz über 20%. In Amerika wird zwischen FSH für konstruktive Aufgaben und für nicht konstruktive Aufgaben unterschieden. Laut Angaben von RAUTE WOOD wird Europa FSH in der Regel für konstruktive Aufgaben eingesetzt, Asien, speziell Japan, ist mehr an FSH für nicht konstruktive Aufgaben interessiert (RWS-REPORT 1999). Die folgende Tabelle zeigt die Produktionsdaten der FSH produzierenden Länder.

Tabelle 16: Produktionsdaten der FSH produzierenden Länder der Welt, Angaben in 1000m³ (RWS DATENBANK 1999)

	1987	1992	1997	1998)
Nordamerika	260	490	1060	1210
Asien & Ozeanien	60	130	430	430
Europa	30	60	90	110
Sonstige	0	0	<5	<5
Gesamt	350	680	1565	1755

Großen Einfluß auf das starke Wachstum der Furnierschichtholzproduktion in Amerika hat die Herstellung von Trägersystemen mit Gurten aus FSH und Stegen aus OSB.

8.3 Trägersysteme

Trägersysteme sind eine Kombinationen aus Holzwerkstoffen untereinander z.B. LVL und OSB aber auch Kombinationen aus Vollholzprodukten und Holzwerkstoffen. Angaben für Produktion und Verbrauch in Deutschland und Europa liegen noch nicht vor, sind aber Thema dieser Arbeit und werden ebenfalls in Kapitel 9 untersucht.

In Amerika werden zur Zeit 55% der FSH-Produktion zur Herstellung von Gurten für die Trägersystemproduktion verwendet (ANONYMUS 1999). Trotz der höheren Preise dieser sog. I-beams im Vergleich zu Vollholz werden 80% der amerikanischen Trägersystemproduktion für Deckenkonstruktionen im Holzhausbau eingesetzt. Die Vorteile der Trägersysteme liegen nach Angaben von Guss 1995 in den niedrigeren Montagekosten bei gleichzeitig besseren statischen und physikalischen Eigenschaften der Deckenkonstruktionen.

Die folgende Abbildung zeigt die Produktionsentwicklung von Trägersystemen in den USA 1987-1998.

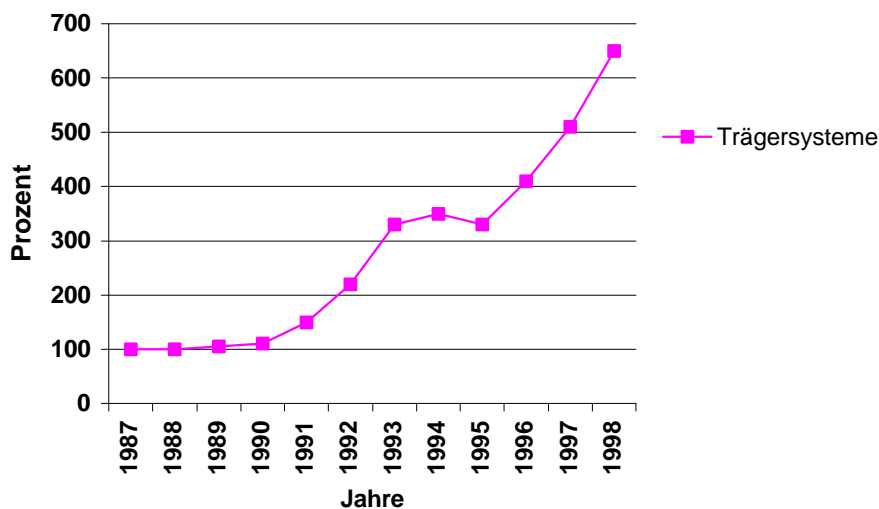


Abbildung 31: Produktionsindex von Trägersystemen in den USA (1987=100%) (ANONYMUS 1999)

Deutlich zu erkennen ist die starke Zunahme, ca. 650%, der I-beam-Produktion im Laufe der letzten 10 Jahre (ANONYMUS 1999).

8.4 Furnierstreifenholz

Die Produktion von Furnierstreifenholz begann im Jahre 1978 in einer kleinen Versuchsanlage in Nordamerika deren Produktionskapazität im Jahre 1988 auf 30.000 m³ ausgebaut wurde. Gleichzeitig begann man mit dem Neubau eines Werkes im Südosten der USA mit einer Jahreskapazität von 60.000 m³. 1993 wurde die Kapazität der beiden Produktionsstätten um 50% auf eine Gesamtkapazität von ca. 135.000m³ erhöht (MERZ; HEGNER 1993). 1996 erfolgte eine weitere Steigerung der Gesamtjahreskapazität auf 200.000 m³ pro Jahr. Genaue Angaben über den Verbrauch von Furnierstreifenholz in Deutschland gibt es nicht. Laut Schätzungen eines deutschen Anlagenherstellers wurden 1998 in Deutschland weniger als 2.000 m³ Furnierstreifenholz verbaut (SCHÖLER 1999).

8.5 Langspanholz

Langspanholz wird zur Zeit nur von einem amerikanischen Hersteller angeboten. Der Großteil der jährlichen Produktion von ca. 100.000m³ verbleibt in Amerika und wird dort vor allem für die Herstellung von Fensterkanteln und in der Türenindustrie eingesetzt (MERZ 1993). Wieviel Langspanholz jährlich nach Europa bzw. Deutschland exportiert wird ist nicht bekannt. Schätzungen zufolge wurden 1998 in Deutschland weniger als 2000 m³ LSL verbraucht (SCHÖLER 1999). Einen ersten Ansatz für eine LSL-Produktion im deutschsprachigen Raum gibt es schon seit längerer Zeit. In einem gemeinsamen Projekt eines deutschen Maschinenherstellers und eines Sägewerksunternehmens sollen die durch einen Profilerspanner hergestellten Strands nach Leimzugabe in einer benachbarten kontinuierlichen Presse zu LSL verpreßt werden (EUWID 1999c).

8.6 MDF

Mit einem deutlich geringeren Anteil von ca. 15,5% an der Gesamtproduktion steht die MDF-Produktion 1999 auf Platz zwei der europäischen Holzwerkstoffproduktion. Die Gesamtproduktionsmenge in Europa für das vergangene Jahr beträgt 7,1 Mio m³. Die einzelnen Produktionsdaten sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 17: Produktionskapazitäten und Verbrauch der wichtigsten MDF-produzierenden Länder Europas (EPF 2000)

Land	Verbrauch in 1000m ³ (1999)
Deutschland	1.780
Italien	690
England	900
Spanien	680

Auch für den MDF-Markt haben sich durch die zunehmende Verbreitung des Holzhausbaus neue Absatzperspektiven eröffnet. Bisher lagen die Hauptabsatzgebiete von MDF in der Möbelindustrie und im Innenausbau. Mit der Markteinführung der diffusiv-offenen MDF-Platten für den Baubereich Mitte der 90er Jahre zeichnet sich jetzt ein drittes Anwendungsgebiet ab. Zur Zeit ist dessen Marktvolumen noch gering. Das Volumen des deutschen Marktes im Jahr 1999 wird auf 65.000 m³ geschätzt (EUWID 1999c). Im Jahr 2000 soll das Marktvolumen auf ca. 80.000m³ steigen. Das entspricht einem Anteil am gesamten deutschen Verbrauch von ca. 5.% MDF.

Die Produktionsmengen von Holzfaserverfestigungs- und Holzfaserverweichungsplatten sind seit fünf Jahren konstant bei ca. 1,7 Mio m³. Dies entspricht einem Anteil an der europäischen Gesamtproduktion von 3%.

8.7 Massivholzplatten

Die günstige Lage auf dem Holzhausbaumarkt hat sich positiv auf die Produktionsauslastung und Absatzmenge mehrschichtiger Massivholzplatten (3S-Platten aus Nadelholz) ausgewirkt (EUWID 1998). Im Laufe des vergangenen Jahres stiegen die Absatzmengen merklich an. Gründe hierfür sind zum einen die gestiegene Nachfrage in Deutschland und Österreich, zum anderen gewinnen weitere Abnehmerländer an Bedeutung. Neben Europa stehen die USA und auch Asien verstärkt im Mittelpunkt neuer Lieferbeziehungen (EUWID 1999b).

Das Gesamtproduktionsvolumen für Leimholzplatten hat 1999 im deutschsprachigen Raum ein Volumen von ca. 800.000 m³ erreicht. Für das Jahr 2000 wird ein Produktionsvolumen von ca. 1 Mio m³ für möglich gehalten (EUWID 1999c). Der Anteil der mehrschichtigen Massivholzplatten, vor allem der 3S-Platten aus Nadelholz, an der gesamten Leimholzplattenproduktion beträgt ca. 40%. Dies entspricht einer Produktionsmenge von ca. 320.000 m³. Auch hier ist von einer steigenden Tendenz auszugehen. Insbesondere im ökologisch orientierten Hausbau bieten sich vielfältige Einsatzmöglichkeiten für Mehrschichtplatten. Konstruktive Platten der Qualität C/C werden vorwiegend als Wand- und Deckenbeplankung eingesetzt. A/C oder B/C- Qualitäten finden häufig Anwendung als Innenverkleidung (WIESNER 1991).

9 Befragung von Herstellern und Anwendern

9.1 Methode

Marktforschung ist die systematisch betriebene Erforschung der Märkte (Zusammentreffen von Angebot und Nachfrage), insbesondere die Analyse der Fähigkeit dieser Märkte, Umsätze hervorzubringen (MEFFERT 1986). Um Informationen über das Untersuchungsobjekt (Markt) zu bekommen gibt es verschiedene Instrumente, die Primär- und Sekundärforschung. Bei der Sekundärforschung ist das Material gegeben und dem Untersuchungszweck entsprechend auszuwerten. Kann man aus den vorhandenen Daten der Sekundärforschung nicht die erforderlichen Informationen gewinnen, müssen durch Primärerhebungen neue, bisher noch nicht erhobene Marktdaten ermittelt werden (WEIS 1999). Die durch Primär- und/oder Sekundärforschung gewonnenen Informationen werden mittels qualitativen (Motive, Präferenzen, Entscheidungen) oder quantitativen Verfahren (Häufigkeitsanalyse, Mittel- und Anteilswerte, Kreuzauswertungen) ausgewertet.

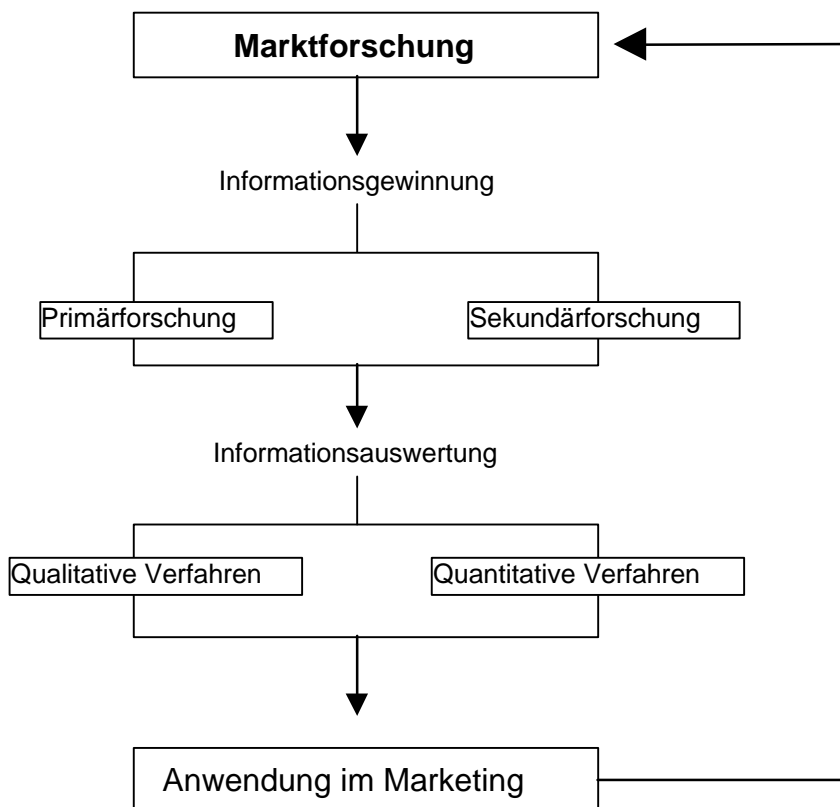


Abbildung 32: Elemente der Marktforschung (MANTAU 1996)

Um die durch Sekundärforschung erhaltenen Informationen zu vervollständigen, wurde zur Informationsgewinnung aus dem Gebiet der Primärforschung die Befragung gewählt.

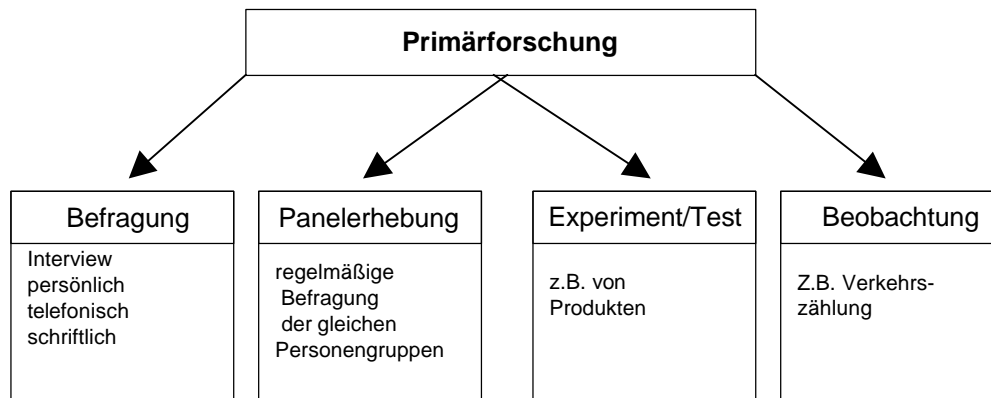


Abbildung 33: Methoden der Primärforschung (MANTAU 1996)

Um aktuelle Informationen über die Marktsituation neuer Holzwerkstoffe im Bauwesen zu erhalten, wurden Hersteller und Anwender dieser Produkte im ersten Schritt mit einem Fragebogen zu den in Kapitel 9.2 dargestellten Themen befragt. Im nächsten Schritt wurde die schriftliche Befragung durch persönliche Interviews mit Mitarbeitern einzelner Betriebe der Anwender und Hersteller ergänzt. Zur Informationsauswertung wurden quantitative (mathematische) Verfahren der beschreibenden Statistik benutzt.

9.2 Schriftliche Befragung

Ziel der Fragebogenaktion war es, den derzeitigen Status Quo der verschiedenen neuen Holzwerkstoffe im Bauwesen zu ermitteln. Die Befragung der Herstellerbetriebe neuer Holzwerkstoffe hatte folgende Zielsetzung:

- Produktion und Umsatz neuer Holzwerkstoffe,
- Bewertung der Produkteigenschaften neuer Holzwerkstoffe aus eigener Sicht und aus Sicht der Kunden,
- Vor- und Nachteile neuer Holzwerkstoffe gegenüber traditionellen Produkten,
- Ermittlung der Vertriebswege,
- Beurteilung der zukünftigen Marktsituation,
- Zukünftige Einsatzgebiete neuer Holzwerkstoffe,
- Anregungen zum Handlungsbedarf zur Etablierung neuer Holzwerkstoffe im Bauwesen.

Die Zielsetzung der Befragung der Anwender neuer Holzwerkstoffe (Fertighaus- und Zimmereibetriebe sowie Architektur- und Planungsbüros) sah wie folgt aus:

- Art, Größe und Bausumme des letzten Bauprojektes,
- Bekanntheitsgrad der verschiedenen neuen Holzwerkstoffe,
- Einsatzmengen neuer Holzwerkstoffe in den Betrieben,
- Bewertung der verschiedenen Produkteigenschaften neuer Holzwerkstoffe,
- Vor- und Nachteile neuer Holzwerkstoffe gegenüber traditionellen Produkten,
- Einsatzbereiche neuer Holzwerkstoffe im Bauwesen,
- Einsatz von Verbindungsmitteln,
- Beurteilung der zukünftigen Marktsituation,
- Zukünftige Einsatzgebiete neuer Holzwerkstoffe,
- Anregungen zum Handlungsbedarf zur Etablierung neuer Holzwerkstoffe im Bauwesen.

Um unterschiedliche Meinungen seitens der Anwender und Hersteller vergleichen zu können und gegebenenfalls Handlungsbedarf aufzuzeigen, wurden die Fragen zur Bewertung der Produkteigenschaften, zu den Vor- und Nachteilen neuer Holzwerkstoff sowie zur Beurteilung zukünftiger Marktentwicklungen und Anregungen zum Handlungsbedarf an beide Zielgruppen gerichtet.

Um eine Systematisierung der Antworten und eine einfache Beantwortung der Fragen zu ermöglichen, wurden viele Fragen als Einfachnennungen formuliert. Offene Fragen, die formlos zu beantworten waren ergänzten die Befragung.

Zur Erhöhung der Rücklaufquote wurde den Teilnehmern der Befragung als sog. Incentive (Anreiz) ein Studienbericht oder ein Seminar angeboten. Außerdem wurden alle Hersteller und einzelne Anwender neuer Holzwerkstoffe durch eine telefonische Vorankündigung auf die Fragebogenaktion hingewiesen.

9.2.1 Adressenerhebung

Die Adressenerhebung der Holzwerkstoffhersteller verlief unproblematisch, da die Anzahl der Produzenten neuer Holzwerkstoffe vergleichsweise gering ist (24 Hersteller) und in Fachzeitschriften häufig Übersichten über dieser Hersteller veröffentlicht werden.

Die Problematik der Adressenerhebung bestand in der Auswahl der zu befragenden Anwender neuer Holzwerkstoffe.

Die Anzahl der Baugenehmigungen für Ein- und Zweifamilienhäuser im Holzhausbau 1999 betrug ca. 28900 (BDF DATENBANK). Der größte Teil, ca.42% aller Fertighäuser in

Holzbauweise wurde von Unternehmen des Bundesverbandes Deutscher Fertigbau gebaut. Aus diesem Grunde lag es nahe, die 36 Mitgliedsbetriebe des BDF zu befragen (Stand Mai 2000). 11.000 Baugenehmigungen, das entspricht ca. 38%, entfielen auf Zimmereibetriebe. Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes von Juni 1999 gibt es in der Bundesrepublik Deutschland insgesamt 9.368 Zimmerei- und Ingenieurholzbaubetriebe. Da es im Rahmen der Untersuchungen nicht möglich war, alle diese Betriebe zu befragen, wurde eine Beschränkung auf alle Mitgliedsbetriebe des Zimmermeisterhaus (zur Zeit 69 Betriebe) und der Qualitätsgemeinschaft Holzbau und Ausbau e.V. (zur Zeit 48 Betriebe) vorgenommen.

9.2.2 Der Versand der Fragebögen

Am 29.03.2000 begann nach einer telefonischen Vorankündigung der Versand der 23 Herstellerfragebögen. Im Rahmen der telefonischen Vorankündigung wurden alle 23 Herstellerbetriebe neuer Holzwerkstoffe angerufen, zum einen um herauszufinden welcher Mitarbeiter des jeweiligen Unternehmens mit neuen Holzwerkstoffen Erfahrung hat und am ehesten in der Lage ist den Fragebogen sinnvoll zu bearbeiten, zum anderen um die Rücklaufquote der Befragung zu erhöhen.

Am 27.06.2000 wurden 159 Anwenderfragebögen verschickt. 123 Fragebögen wurden an Zimmereibetriebe der Qualitätsgemeinschaft Holzbau und Ausbau und des ZMH (ZimmerMeisterHaus) verschickt. Die verbleibenden 36 Fragebögen wurden an die Mitgliedsunternehmen des BDF (Bundesverband Deutscher Fertigbau e.V.) adressiert.

9.2.3 Der Rücklauf

Der Annahmeschluß der Rücksendungen wurde sowohl für Anwender- als auch für die Herstellerbefragung auf den 31.08.2000 festgelegt.

Von den 23 versandten Herstellerfragebögen wurden trotz telefonischer Vorankündigung und Nachfaßaktion nur 8 Fragebögen beantwortet zurückgeschickt. Dies entspricht einer Rücklaufquote von 34,7%.

Von den 123 verschickten Fragebögen an die Zimmereibetriebe wurde ein Rücklauf von 30 auswertbaren Fragebögen erreicht. Dies entspricht einer Rücklaufquote von 24%. Von den 36 angeschriebenen Mitgliedsunternehmen des BDF reagierten 5 auf die Befragung. Dies entspricht einer Rücklaufquote von 14%. Nicht alle Fragebögen wurden vollständig beantwortet. Eine Teilbeantwortung war auch möglich und wurde für die Auswertung zugelassen.

9.3 Persönliche Interviews

In persönlichen Interviews mit Vertretern der Hersteller- und Anwenderbetriebe neuer Holzwerkstoffe wurden die Fragestellungen aus den Fragebögen erweitert.

Die Herstellerbetriebe wurden in den Gesprächen zu zukünftigen Einsatzgebieten neuer Holzwerkstoffe und zu Weiterentwicklungen der Werkstoffe befragt.

Die Gespräche mit Mitarbeitern von Zimmereibetrieben und Ingenieurbüros hatten das Ziel, Informationen über Probleme, die bei der Anwendung neuer Holzwerkstoffe auftraten zu gewinnen und im weiteren gegebenenfalls Handlungsbedarf zur Optimierung bestimmter Produkteigenschaften bzw. der Verbesserung der Marktsituation neuer Holzwerkstoffe im Bauwesen aufzeigen zu können.

9.4 Ergebnisse der Herstellerbefragung

Insgesamt wurden 24 Fragebögen an die europäischen Hersteller neuer Holzwerkstoffe verschickt. Acht Fragebögen wurden bearbeitet zurückgesandt. Darunter waren drei Fragebögen, die von OSB-Herstellern beantwortet wurden, vier Fragebögen, die Massivholzplattenhersteller bearbeitet hatten und ein Fragebogen der von einem Furnierschichtholzproduzenten beantwortet wurde. Aufgrund dieser geringen Anzahl auswertbarer Fragebögen konnte der Markt für neue Holzwerkstoffe in Deutschland nur bedingt erfaßt werden. Eine Beurteilung der diffusionsoffenen MDF-Platten erfolgte durch die Hersteller nicht. Mit diesen Einschränkungen ist die folgende Darstellung der Befragung zu bewerten.

9.4.1 Produktion/Absatz

OSB

Die drei OSB-Hersteller, die auf die Befragung antworteten produzierten 1999 insgesamt 370.000 m³ OSB, das sind 37% der gesamten europäischen Produktion in 1999 von ca. 1 Mio m³ (siehe Kapitel 7.2). Angaben über den Umsatz in DM der einzelnen Hersteller wurden nicht beantwortet. Legt man die Produktionszahlen von 1999 aus Kapitel 7.2 zu Grunde, ergibt sich bei einem Preis von ca. 550 DM/m³ für OSB ein Gesamtumsatz von ca. 550 Mio DM in Europa.

Die Produktion von OSB-Platten begann in Europa 1986 in Schottland. 1996 nahm ein luxemburgischer Hersteller die Produktion auf und im Jahre 1997 wurde eine OSB-Linie in Polen in Betrieb genommen. Hieraus läßt sich schließen, daß die Nachfrage nach OSB-Platten ab Mitte der 90er Jahre stieg und aus diesem Grunde Investitionen in OSB-Linien ab diesem Zeitpunkt getätigt wurden.

Mehrschichtige Massivholzplatten

Die vier, an der Befragung beteiligten, Massivholzplattenhersteller produzierten 1999 zusammen 60.000 m³ Mehrschichtplatten. Dies entspricht einem Anteil von ca. 19% an der Gesamtproduktion von ca. 320.000 m³ im deutschsprachigen Raum (vgl. Kapitel 8). Der Umsatz der Massivholzplattenhersteller, die auf die Befragung reagiert haben, betrug 1999 ca. 63 Mio DM. Für den Gesamtumsatz der 1999 mit mehrschichtigen Massivholzplatten erzielt wurde ergibt sich hieraus eine Summe von ca. 340 Mio DM.

Die Produktion der Massivholzplatten begann in zwei europäischen Betrieben bereits im Jahr 1985. Die mehrschichtige Massivholzplatte ist hiermit das älteste Produkt dieser Erhebung. Ein Hersteller startete erst 1996 die Produktion von jährlich 8.500 m³ mehrschichtiger Massivholzplatten.

Diffusionsoffene MDF-Platten

Die Hersteller diffusionsoffener MDF-Platten für das Bauwesen haben nicht auf die Befragung geantwortet. Somit können hier keine Angaben über Produktion und Absatz gemacht werden. Der europäische Wirtschaftsdienst (EUWID 1999c) schätzt das Marktvolumen diffusionsoffener MDF-Platten im Jahr 1999 auf 65.000 m³. Bei einem Verkaufspreis von ca. 650 DM/m³ ergäbe sich 1999 für diffusionsoffene MDF-Platten ein geschätzter Gesamtumsatz von ca. 42 Mio DM.

Furnierschichtholz

Laut Angaben eines Herstellers wird Furnierschichtholz seit 1986 in Finnland hergestellt. Im Jahr 2000 wurden dort ca. 10.000 m³ Furnierschichtholz produziert. Bei einem Verkaufspreis von ca. 1.500 DM/m³ (vgl. Kapitel 5.4) errechnet sich ein Umsatz von ca. 150 Mio DM der europaweit mit Furnierschichtholz erzielt wird. Laut Herstellerangaben gelangen jährlich ca. 20.000 m³ Furnierschichtholz nach Deutschland, davon werden ca. 14.000 m³ im Bauwesen und 6.000 m³ in anderen Anwendungsbereichen (z.B. Messebau, Innenausbau) eingesetzt (DINGER 2000).

Furnierstreifen- und Langspanholz

Die Befragung ergab, daß jährlich nur ca. 400 m³ Furnierstreifenholz in Deutschland verbraucht werden (ORLOWSKI 2000). Der Verbrauch von Langspanholz ist ebenfalls sehr gering. 1999 gelangten ca. 2.000 m³ dieses Engineered Wood Products nach Deutschland. 1000 m³ wurden im Bauwesen eingesetzt. Die verbleibenden 1000 m³ wurden von der Türenindustrie nachgefragt (ORLOWSKI 2000).

Trägersysteme

Doppel-T-Träger aus Holz oder Holzwerkstoffen werden derzeit in Deutschland von drei Herstellern angeboten. Leider wurden nur von einem amerikanischen Hersteller (nach Auffassung verschiedener Hersteller Marktführer auf diesem Gebiet) Angaben zu Absatzmengen in Deutschland gemacht. So kann an dieser Stelle gesagt werden, daß mindestens 800.000 lfd.m. Trägersysteme im Bauwesen eingesetzt werden.

9.4.2 Bewertung der Produkteigenschaften

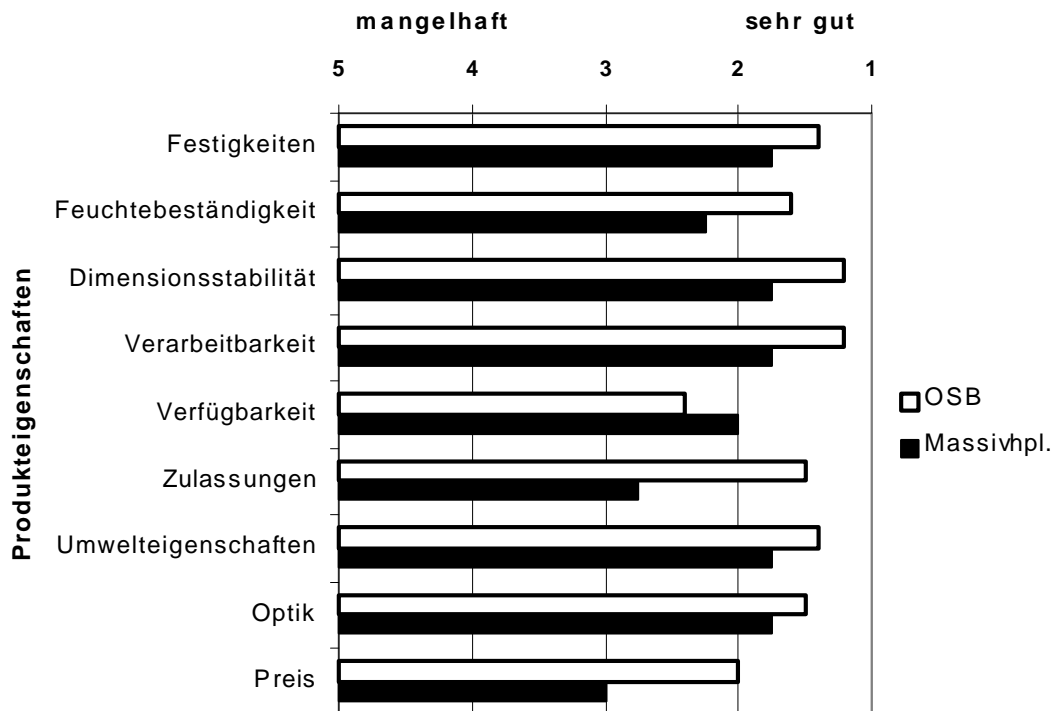


Abbildung 34: plattenförmige Holzwerkstoffe: Inwieweit erfüllen die neuen Holzwerkstoffe aus der Sicht Ihres Unternehmens die Anforderungen an die oben aufgeführten Produkteigenschaften? Welche Eigenschaften müssen verbessert werden?

(1)=sehr gut, (2)=gut, (3)=befriedigend, (4)=ausreichend (müssen optimiert werden), (5)=mangelhaft (müssen unbedingt optimiert werden)

Aus Abbildung 34 läßt sich ableiten, daß die Holzwerkstoffe OSB und mehrschichtige Massivholzplatten aus Sicht der Hersteller die Anforderungen an die verschiedenen Produkteigenschaften überwiegend gut erfüllen und das aus Sicht der Hersteller kein direkter Handlungsbedarf besteht, bestimmte Produkteigenschaften zu verbessern. Besonders positiv werden die Produkteigenschaften des Holzwerkstoffes OSB bewertet.

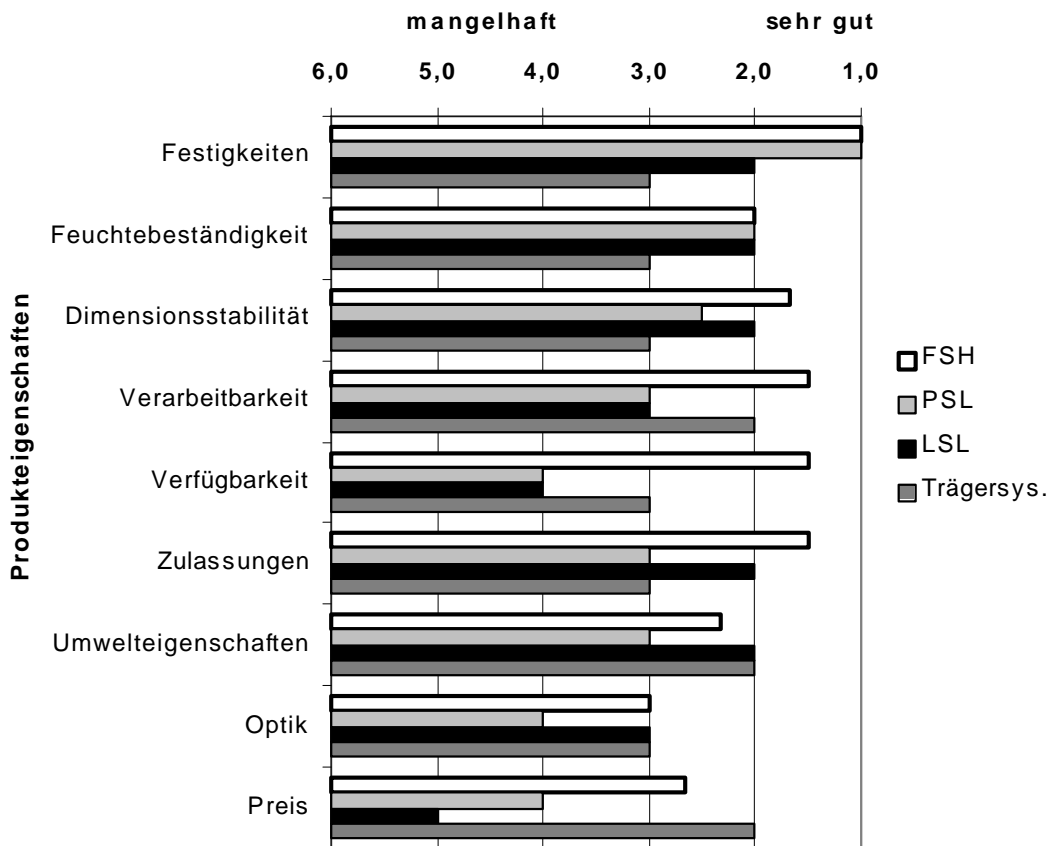


Abbildung 35: stabförmige Holzwerkstoffe: Inwieweit erfüllen die neuen Holzwerkstoffe aus der Sicht Ihres Unternehmens die Anforderungen an die oben aufgeführten Produkteigenschaften? Welche Eigenschaften müssen verbessert werden?

(1)=sehr gut, (2)=gut, (3)=befriedigend, (4)=ausreichend (müssen optimiert werden),
 (5)=mangelhaft (müssen unbedingt optimiert werden)

Bei der Betrachtung von Abbildung 35 fällt auf, daß vor allem die Festigkeitseigenschaften der Holzwerkstoffe FSH und PSL die Bestnoten (1.0) erreichen. Insgesamt werden die Produkteigenschaften der stabförmigen Holzwerkstoffe aber durchschnittlich eine Note schlechter bewertet als die entsprechenden Produkteigenschaften der plattenförmigen Holzwerkstoffe OSB und der mehrschichtigen Massivholzplatten. Verbessert werden müssen aus Sicht der Hersteller Preis und Verfügbarkeit der Holzwerkstoffe PSL und LSL.

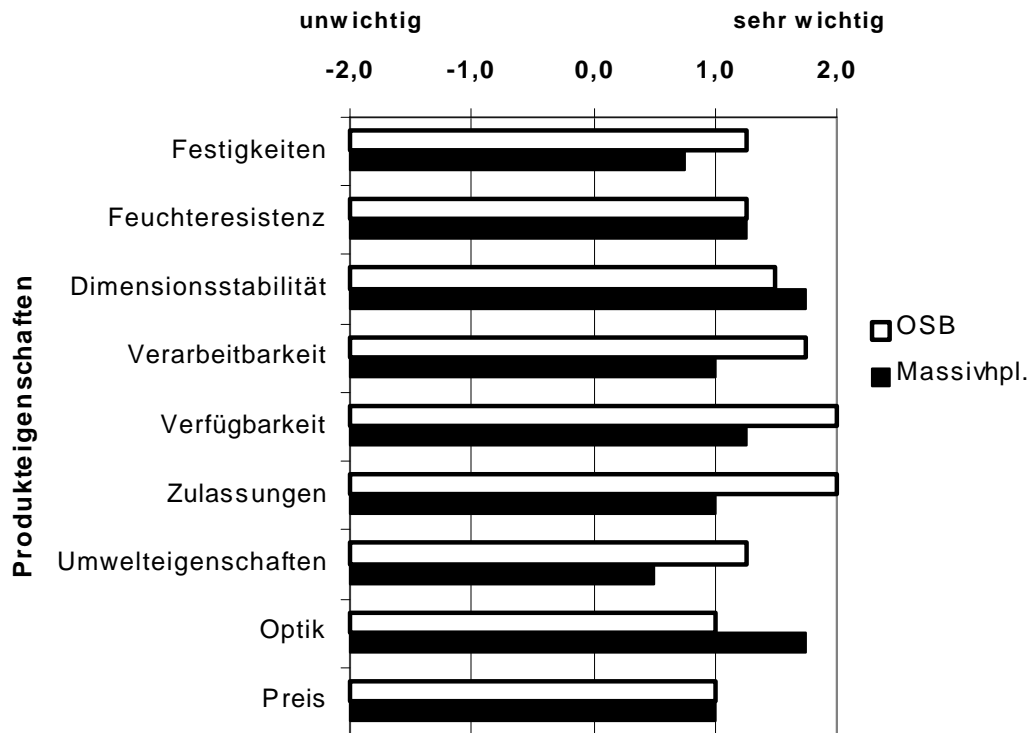


Abbildung 36: plattenförmige Holzwerkstoffe: Wie wichtig sind Ihren Kunden die Produkteigenschaften bei der Entscheidung für neue Holzwerkstoffe oder traditionelle Produkte (Spanplatte, Sperrholz, Brettschichtholz)

(2) = sehr wichtig, (1) = wichtig, (0) = neutral, (-1) = weniger wichtig, (-2) = unwichtig

Deutlich sind die hohen Anforderungen, die generell an plattenförmige Holzwerkstoffe gestellt werden zu erkennen. Wichtiger als der Preis sind den Kunden aus Sicht der Hersteller eine gute Verfügbarkeit, die Zulassungen und eine gute Verarbeitbarkeit. Dieses wird besonders bei der Entscheidung für OSB deutlich. Hier scheinen vor allem Verfügbarkeit und Verarbeitbarkeit sowie bauaufsichtliche Zulassungen für eine rationale statische Berechnung die wichtigsten Entscheidungskriterien für eine große Einsatzmenge zu sein.

Bei der Entscheidung für mehrschichtige Massivholzplatten sind in erster Linie die ansprechende Optik und die gute Dimensionsstabilität dieser Produkte ausschlaggebend, was auf einen überwiegend sichtbaren Einsatz dieses Produktes schließen lässt.

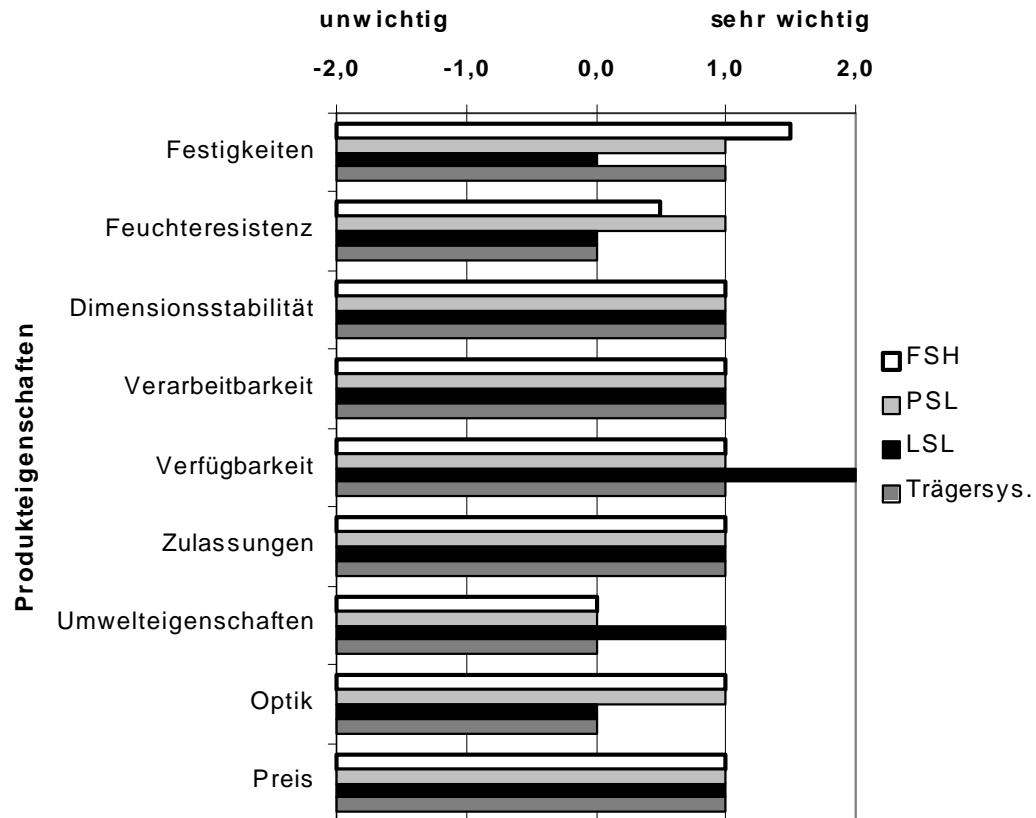


Abbildung 37: Wie wichtig sind Ihren Kunden die Produkteigenschaften bei der Entscheidung für neue Holzwerkstoffe oder traditionelle Produkte (Spanplatte, Sperrholz, Brettschichtholz)

(2) = sehr wichtig, (1) = wichtig, (0) = neutral, (-1) = weniger wichtig, (-2) = unwichtig

Abbildung 37 ist zu entnehmen, daß für stabförmige Bauteile die Produkteigenschaften Verfügbarkeit, Verarbeitbarkeit, Zulassungen, Dimensionsstabilität und Preis bei der Entscheidung des Kunden für diese Produkte von den Herstellern als wichtig erachtet werden. Umwelteigenschaften, wie z.B. der Energieverbrauch bei der Herstellung oder bauökologische Aspekte scheinen die Entscheidung der Kunden nicht zu beeinflussen. Die Produkteigenschaften Optik und Feuchteresistenz wirken sich nach Auffassung der Hersteller bei der Entscheidung für LSL oder Trägersysteme nicht aus. Hier läßt sich schlußfolgern, daß diese Produkte nach dem Einbau verkleidet werden und damit keine hohen Ansprüche an eine ansprechende Optik und eine hohe Witterungsbeständigkeit gestellt werden.

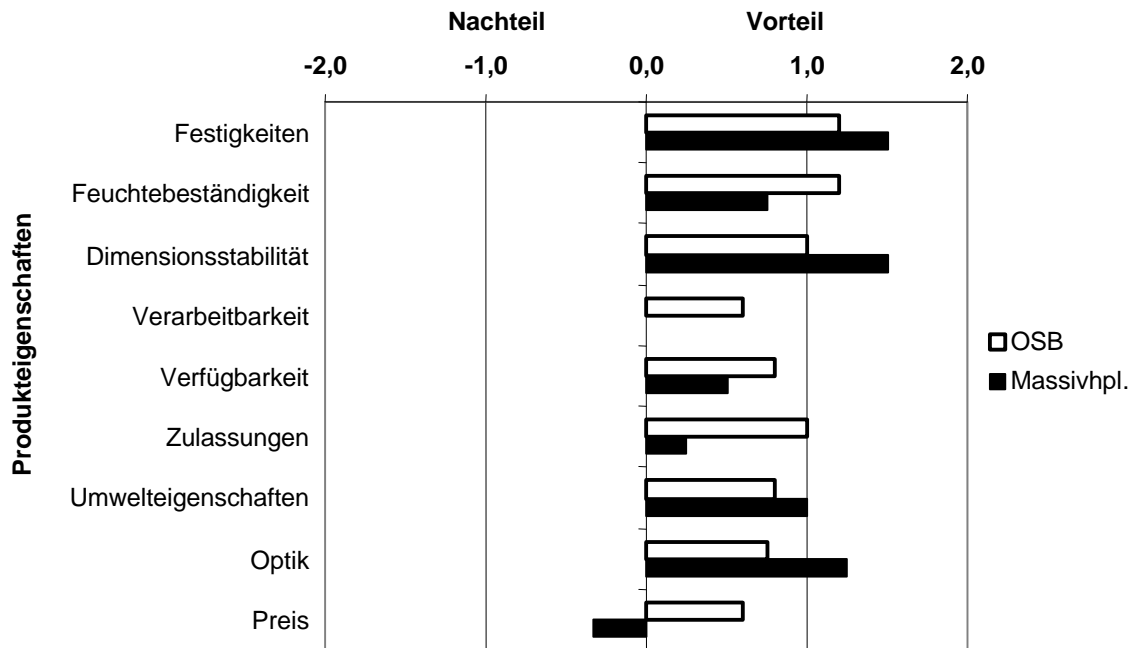


Abbildung 38: plattenförmige Holzwerkstoffe: Wo sehen Sie Vor- bzw. Nachteile der neuen Holzwerkstoffe gegenüber traditionellen Produkten?

(2)=großer Vorteil, (1)=Vorteil, (0)=neutral, (-1)=geringer Nachteil, (-2)=großer Nachteil

Nach Meinung der Herstellerbetriebe besitzen OSB und mehrschichtige Massivholzplatten fast nur Vorteile gegenüber traditionellen Produkten (Spanplatte, Sperrholz). Einzig der Preis mehrschichtiger Massivholzplatten wird als nachteilig beurteilt. In der Abbildung 38 lässt sich besonders deutlich das extrem positive Image von OSB erkennen.

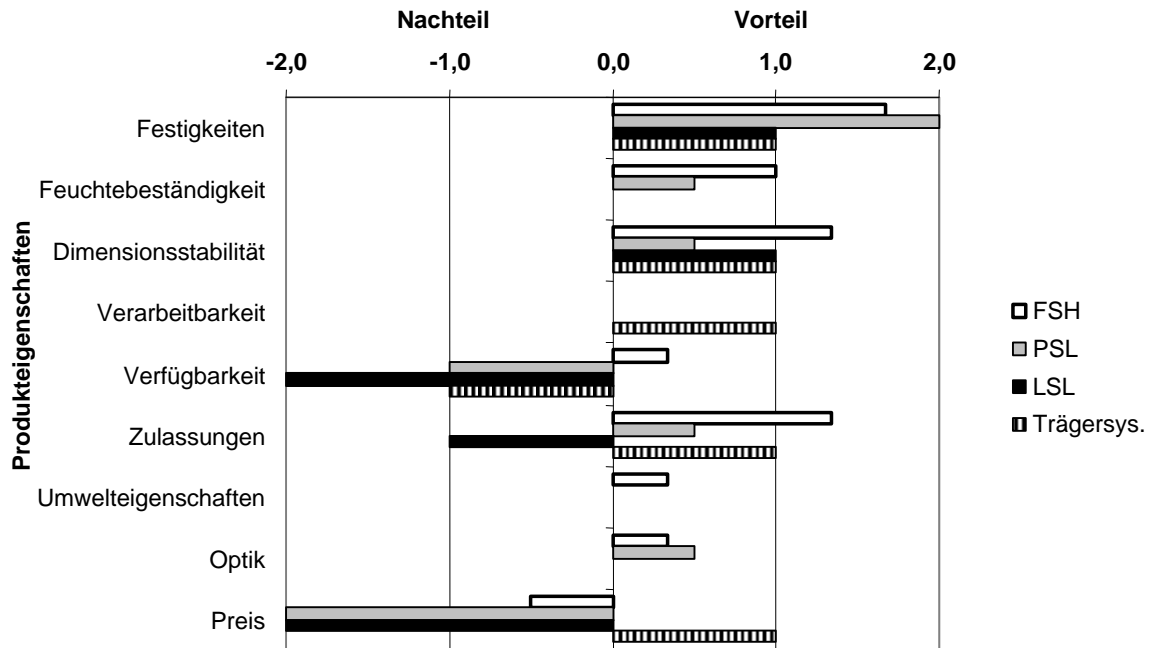


Abbildung 39: balkenförmige Holzwerkstoffe: Wo sehen Sie Vor- bzw. Nachteile der neuen Holzwerkstoffe gegenüber traditionellen Produkten?

(2)=großer Vorteil, (1)=Vorteil, (0)=neutral, (-1)=geringer Nachteil, (-2)=großer Nachteil

Deutlich ist zu erkennen, daß Festigkeitseigenschaften, Dimensionsstabilität und Verarbeitbarkeit der balkenförmigen Holzwerkstoffe FSH, PSL, LSL und Trägersysteme als Vorteile gegenüber traditionellen Produkten (Brettschichtholz, Konstruktionsvollholz) gesehen werden. Vor allem die Festigkeitseigenschaften von PSL und FSH werden als großer Vorteil bewertet. Als besonders nachteilig gegenüber BSH und KVH werden Verfügbarkeit und Preis der Produkte PSL und LSL eingestuft. Der ähnlich hohe Preis von FSH hingegen wird nur als geringer Nachteil gewertet und scheinbar von den Kunden akzeptiert. Während der Preis der Trägersysteme aus Sicht der Hersteller als Vorteil gegenüber BSH und KVH angesehen wird, haben Trägersysteme Nachteile bei der Verfügbarkeit.

9.4.3 Distribution

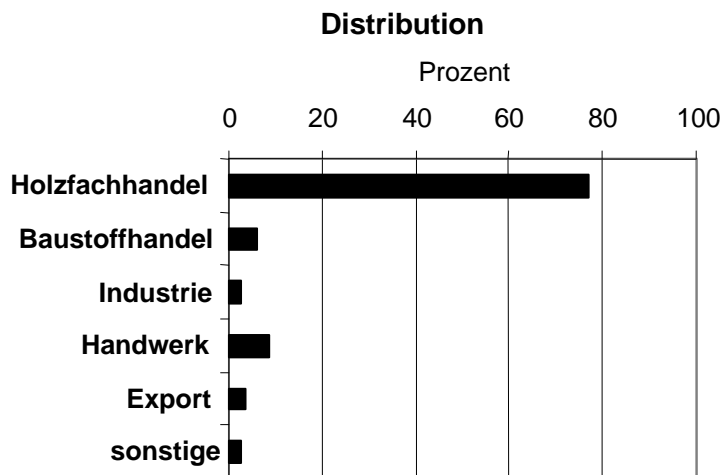


Abbildung 40: An wen verkaufen Sie Ihre neuen Holzwerkstoffe?

Die Befragung ergab, daß über 80% der neuen Holzwerkstoffe über Holzfachhandel und Baustoffhandel zum Verarbeiter gelangen. Nur ca. 10% der Gesamtmenge werden direkt an Handwerk oder Industrie vertrieben.

9.4.4 Handlungsbedarf

Um die Einsatzmengen neuer Holzwerkstoffe steigern zu können, zeigten die Herstellerbetriebe hinsichtlich der Produktinformation folgenden Handlungsbedarf auf. Zum einen sollte über die Staatsgrenzen hinaus dem negativen Image des „leichten, nicht dauerhaften Bauens mit Holz“ entgegengewirkt werden. Dafür ist nach Auffassung der Hersteller ein einheitliches Marketing für Verbraucher, Verarbeiter und Handel nötig. Verarbeitungshinweise für neue Holzwerkstoffe müssen mehr Details enthalten, um Probleme die bisher bei der Anwendung dieser Produkte aufgetreten sind, zu verhindern. Außerdem sollten Planer und Verarbeiter, die noch keine Erfahrungen mit den neuen Produkten haben, durch Schulungen zum Einsatz und zur Verarbeitung neuer Holzwerkstoffe, auf die Verwendung dieser Werkstoffe optimal vorbereitet werden.

In puncto Verfügbarkeit sind die Hersteller der Meinung, daß vor allem eine Verkürzung der Lieferzeiten für eine Zunahme der Einsatzmengen neuer Holzwerkstoffe wichtig ist. Die derzeitige Produktqualität der neuen Holzwerkstoffe ist nach Angaben der Hersteller gut und muß, um eine Steigerung der Einsatzmenge zu erreichen, nur für bestimmte Anwendungen, z.B. Außenanwendungen verbessert werden. Hier gehen die Hersteller davon aus, daß eine höhere Witterungsbeständigkeit der Werkstoffe die Einsatzmenge im Außenbereich vergrößert.

Die Anmerkungen der Hersteller zum sonstigen Handlungsbedarf zeigen sehr deutlich, daß die Aufnahme der neuen Holzwerkstoffe in Normen die derzeit wichtigste Voraussetzung für einen verstärkten Einsatz dieser Produkte ist.

9.4.5 Beurteilung zukünftiger Marktchancen und Einsatzgebiete

Die zukünftige Marktsituation der neuen Holzwerkstoffe wird von den Herstellern sehr positiv eingeschätzt. 75% aller Herstellerbetriebe erwarten, daß neue Holzwerkstoffe im Vergleich zu traditionellen Holzprodukten zukünftig sehr vielmehr eingesetzt werden.

Auch die Chancen neuer Holzwerkstoffe gegenüber Baustoffen wie Stein, Beton, Stahl und Aluminium werden von den Herstellerbetrieben als gut angesehen. Über die Hälfte (57%) der Betriebe gehen davon aus, daß neue Holzwerkstoffe in diesen Bereichen zukünftig mehr eingesetzt werden.

Der Grund für die positiven Zukunftsperspektiven neuer Holzwerkstoffe liegt nach Angaben der Herstellerbetriebe in der gesteigerten Nachfrage nach Häusern in Holzbauweise. Die zukünftigen Haupteinsatzgebiete neuer Holzwerkstoffe werden im kompletten Baukonstruktionsbereich gesehen. Hier vor allem im Ein- und Zweifamilienhausbau, aber auch im Industriehallenbau und im öffentlichem Bau.

Neben einem zunehmenden Einsatz im Bauwesen sehen die Hersteller mehrschichtiger Massivholzplatten zukünftige Einsatzpotentiale ihrer Produkte im Innenausbau, der Möbelindustrie und im Verpackungsbereich.

Für OSB erschließen aus Sicht der Hersteller weitere Einsatzgebiete in der Möbelindustrie und im Innenausbau z.B. als Paneele, im Verpackungsbereich als Ersatz für Sperrholz sowie im Fahrzeugbau.

9.5 Ergebnisse der Anwenderbefragung

Grundlage dieser Auswertung sind 30 Fragebögen, die von Zimmereibetrieben bearbeitet wurden und weitere fünf Fragebögen, die von Fertighausherstellern beantwortet wurden. Zusätzlich wurden in acht Zimmereibetrieben Interviews geführt, um Informationen über Probleme beim Einsatz neuer Holzwerkstoffe im Bauwesen zu erhalten.

9.5.1 Art des Betriebes, Art und Umfang des letzten Projektes in Holzbauweise

Die fünf Fertighaushersteller, die auf die Befragung reagierten, bauen ausschließlich ein- bis zweigeschossige Ein- und Zweifamilienhäuser in Holzbauweise mit einer durchschnittlichen Wohnfläche von ca. 130 m². Die durchschnittliche Bausumme der produzierten Häuser beträgt ca. 322.000 DM. Zusammen ergibt sich daraus ein Preis von ca. 2.500 DM pro m² Wohnfläche.

Ähnlich den Fertighausherstellern errichtet auch der Großteil (ca. 83%) der befragten Zimmereibetriebe ein- bis zweigeschossige Ein- und Zweifamilienhäuser in Holzbauweise. Nur ein kleiner Teil (ca. 17%) hat Erfahrung mit dem Bau von größeren Objekten wie z.B. Mehrfamilienhäusern, Industriehallen und öffentlichen Gebäuden. Die durchschnittlichen Bausummen der Ein- und Zweifamilienhäuser, die durch Zimmereibetriebe errichtet wurden, beträgt 312.000 DM und unterscheidet sich somit nur geringfügig von der mittleren Bausumme eines Fertighauses. Allerdings ist die durchschnittliche Wohnfläche der durch Zimmereibetriebe realisierten Häuser mit 160 m² deutlich höher. Aufgrund der größeren Wohnfläche ergibt sich für die durch Zimmereibetriebe errichteten Häuser mit ca. 2.000 DM/m² ein günstigeres Verhältnis von Bausumme zu Wohnfläche.

Mit dem Bau von Mehrfamilienhäusern und Bürogebäuden werden nach Angaben der Zimmereibetriebe, die in diesem Bereich Erfahrung haben, Bausummen/Nutzflächen-Verhältnisse von ca. 1.700 DM/m² realisiert.

9.5.2 Bekanntheitsgrad neuer Holzwerkstoffe

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß nahezu allen Fertighausproduzenten und Zimmereibetrieben die neuen Holzwerkstoffe OSB, FSH, PSL, LSL, mehrschichtige Massivholzplatten, Holzfaserplatten und Trägersysteme bekannt sind. Nur ein Fertighaushersteller und fünf Zimmereibetriebe geben an, PSL und LSL nicht zu kennen.

Auf die Frage, ob Sie diese Produkte schon verarbeitet haben, antworteten die Fertighaushersteller, daß neue Holzwerkstoffe hier nur in Einzelfällen Verwendung finden. Lediglich ein Fertighausproduzent setzt PSL und LSL regelmäßig ein.

Ein in naher Zukunft steigender Einsatz neuer Holzwerkstoffe in der Fertighausindustrie ist fraglich. Gründe hierfür sind die im Verhältnis zu Werkstoffen wie z.B. der Spanplatte höheren Preise und das Fehlen von Erfahrungen mit dem Einsatz von neuen Holzwerkstoffen. Außerdem besteht noch Aufklärungsbedarf hinsichtlich der Werkstoffeigenschaften, der Einsatzgebiete und den Vorteilen dieser Produkte gegenüber anderen Holzwerkstoffen.

Die Befragung der Zimmereibetriebe zeigt, daß diese Unternehmen OSB und diffusionsoffene MDF-Platten regelmäßig in ihren Bauvorhaben einsetzen. Mehrschichtige Massivholzplatten, Furnierschichtholz und Trägersysteme werden selten eingesetzt. LSL und PSL werden nur vereinzelt eingesetzt. Langfristig planen die Zimmereien den vermehrten Einsatz von mehrschichtigen Massivholzplatten, Trägersystemen, FSH, PSL und LSL.

9.5.3 Bewertung der Produkteigenschaften

In den folgenden Diagrammen sind die Beurteilungen der Produkteigenschaften neuer Holzwerkstoffe aus Sicht der Anwender zusammenfassend dargestellt.

Bis auf den Preis werden nahezu alle Produkteigenschaften der neuen, plattenförmigen Holzwerkstoffe mit gut bis zufriedenstellend bewertet (Abbildung 41), so daß aus Sicht der Verarbeiter bis auf Preissenkungen kein direkter Bedarf besteht, bestimmte Eigenschaften zu verbessern. OSB erhält auch bezüglich des Preises die besten Bewertungen. Hieraus läßt sich ableiten, daß OSB bei den Verarbeitern das beste Image der neuen plattenförmigen Holzwerkstoffe besitzt und allen Anforderungen an die Produkteigenschaften gerecht wird. Mehrschichtige Massivholzplatten werden von den Anwendern insgesamt geringfügig schlechter bewertet. Die besseren optischen Eigenschaften können den höheren Preis und die schlechtere Verfügbarkeit nicht aufwiegen. Diffusionsoffene MDF-Platten erfüllen die Anforderungen an Verfügbarkeit und Verarbeitbarkeit besonders gut, aber Festigkeitseigenschaften und Witterungsbeständigkeit genügen noch nicht ganz den Ansprüchen der Verarbeiter.

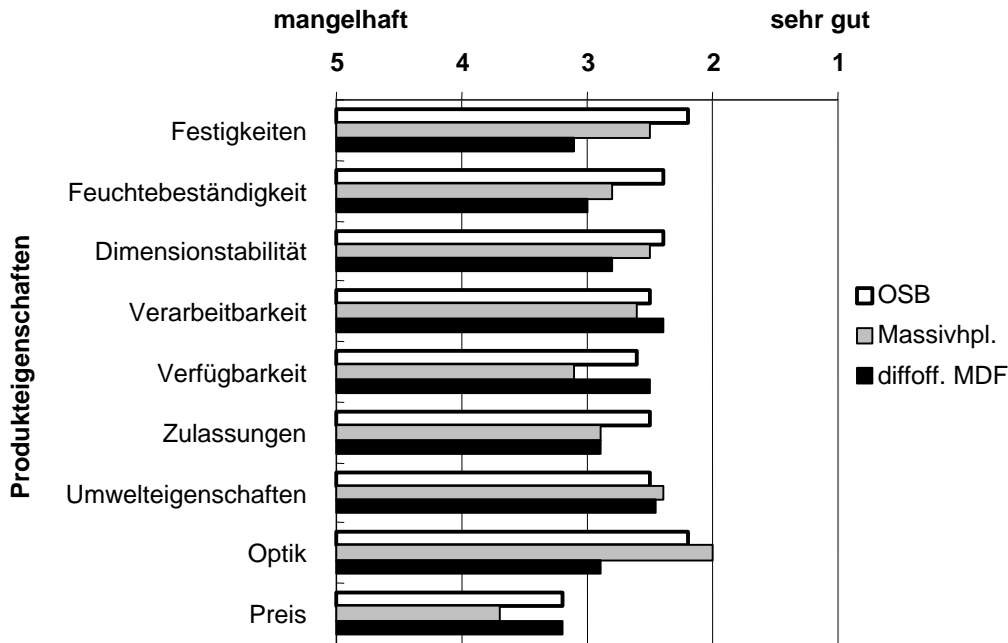


Abbildung 41: plattenförmige Holzwerkstoffe: Inwieweit erfüllen die neuen Holzwerkstoffe die Anforderungen an die aufgeführten Produkteigenschaften?

(1)= sehr gut, (2)= gut, (3)= befriedigend, (4)= ausreichend (müßten optimiert werden)
 (5)= mangelhaft (müssen unbedingt optimiert werden)

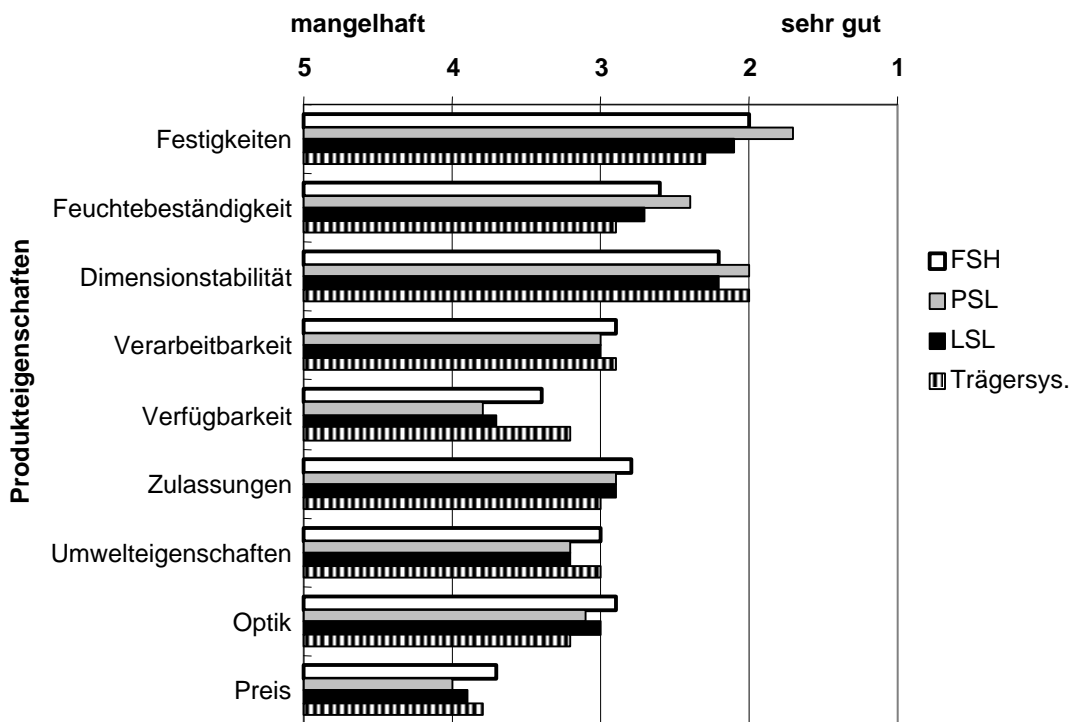


Abbildung 42: stabförmige Holzwerkstoffe: Inwieweit erfüllen die neuen Holzwerkstoffe die Anforderungen an die aufgeführten Produkteigenschaften?

(1)= sehr gut, (2)= gut, (3)= befriedigend, (4)= ausreichend (müßten optimiert werden)
 (5)= mangelhaft (müssen unbedingt optimiert werden)

Die Interpretation des obigen Szenarios läßt den Schluß zu, daß vor allem die Preise für die stabförmigen Holzwerkstoffe zu hoch sind und von den Verarbeitern nicht akzeptiert werden. Außerdem weisen die stabförmigen Holzwerkstoffe Defizite in puncto Verfügbarkeit auf. Vor allem PSL und LSL erhalten hier schlechte Bewertungen und werden den Anforderungen der Verarbeiter nicht gerecht. Die verbleibenden Produkteigenschaften Verarbeitbarkeit, Optik, Umwelteigenschaften und Zulassungen werden von den Verarbeitern durchschnittlich als befriedigend bewertet.

Gut bewertet werden von den Anwendern die Produkteigenschaften Festigkeit und Dimensionstabilität der Holzwerkstoffe FSH, PSL und der Trägersysteme.

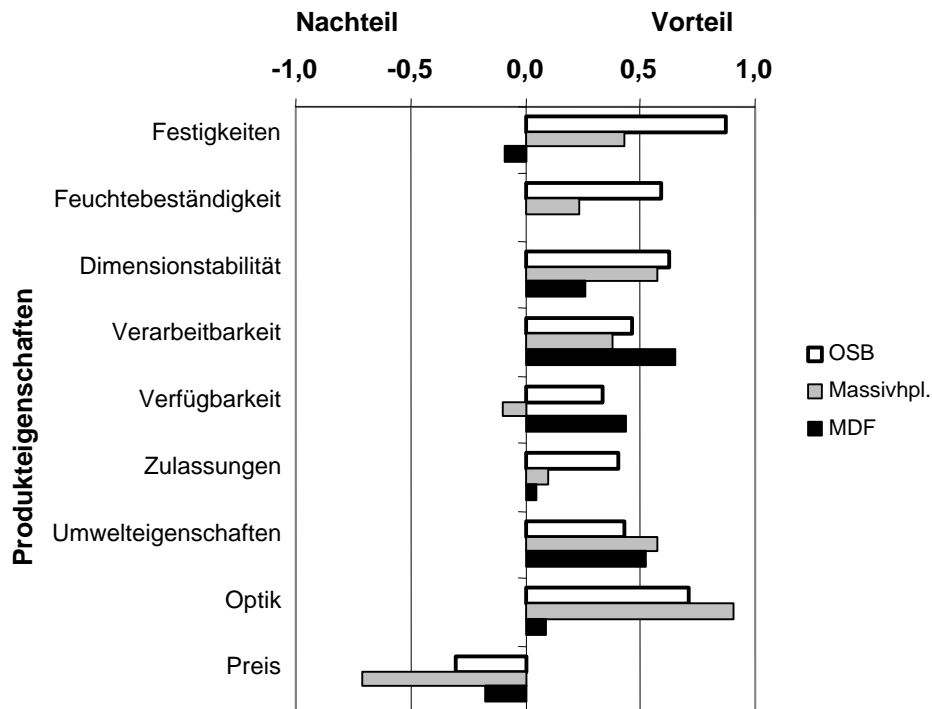


Abbildung 43: Wo sehen Sie Vor- bzw. Nachteile der neuen Holzwerkstoffe gegenüber traditionellen Produkten?

(2) = großer Vorteil; (1)= Vorteil; (0)= neutral; (-1) = geringer Nachteil; (-2)=großer Nachteil

Obiger Abbildung läßt sich entnehmen, daß nahezu alle Produkteigenschaften neuer plattenförmiger Holzwerkstoffe, besonders bei OSB und mehrschichtigen Massivholzplatten als vorteilhaft gegenüber denen der traditionellen Produkte wie Spanplatte und Sperrholz angesehen werden. Besonders deutlich wird dabei wieder das Positive Image des Holzwerkstoffes OSB. Diffusionsoffene MDF-Platten haben laut Angaben der Anwender bezüglich Dimensionstabilität, Verarbeitbarkeit und Verfügbarkeit Vor-

teile gegenüber traditionellen Produkten. Die im Vergleich zu z.B. Spanplatten höheren Preise der MDF- und OSB-Platten werden nur als geringer Nachteil bewertet. Die auch im Vergleich zu OSB höheren Preise der Massivholzplatten sind aus Verarbeitersicht der bedeutendste Nachteil dieser Holzwerkstoffe.

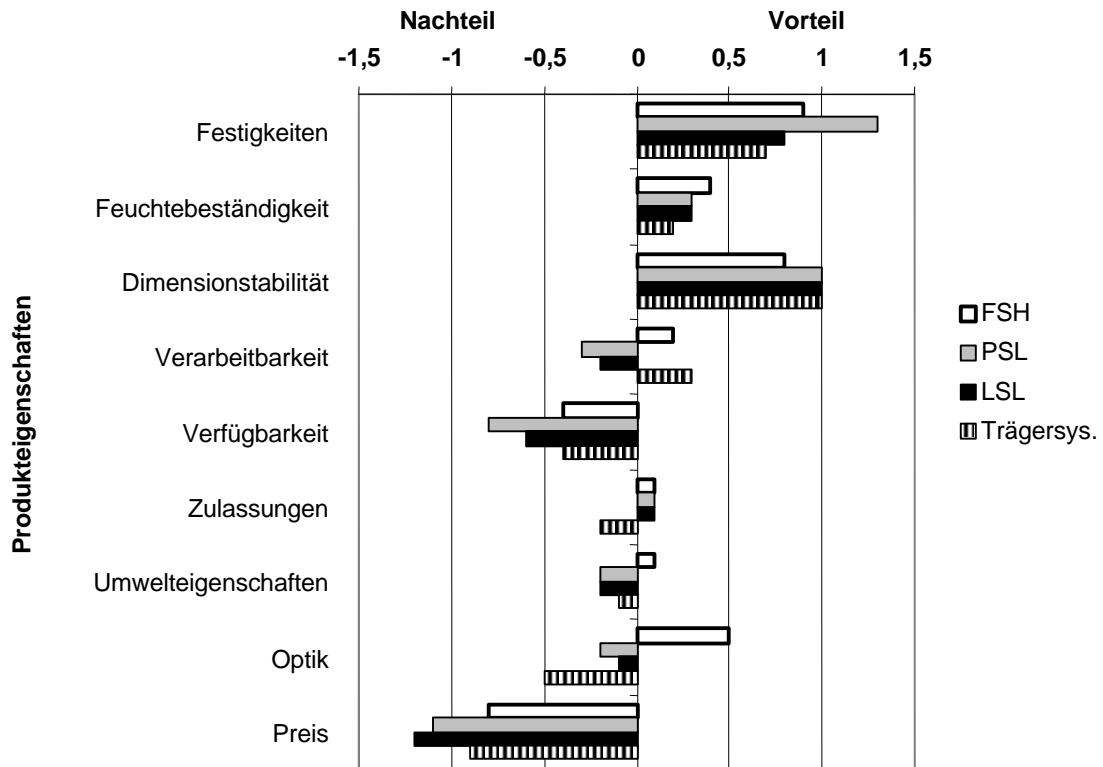


Abbildung 44: Wo sehen Sie Vor- bzw. Nachteile der neuen Holzwerkstoffe gegenüber traditionellen Produkten?

(2) = großer Vorteil; (1)= Vorteil; (0)= neutral; (-1) = geringer Nachteil; (-2)=großer Nachteil

Abbildung 44 zeigt, daß die Vorteile der neuen Holzwerkstoffe FSH, PSL, LSL, und Trägersysteme gegenüber Brettschichtholz und KVH in den Festigkeitseigenschaften und der Dimensionstabilität gesehen werden. Insbesondere die Festigkeitseigenschaften des Furnierstreifenholzes werden von den Verarbeitern als vorteilhaft bewertet. Die Preise der balkenförmigen Holzwerkstoffe im Vergleich zu traditionellen Produkten (Brettschichtholz, KVH) sind den Verarbeitern zu hoch und werden neben unzureichender Verfügbarkeit als deutlichster Nachteil dieser Holzwerkstoffe bewertet.

9.5.4 Einsatzmengen neuer Holzwerkstoffe

Für einen im Holzbau tätigen Zimmerei- bzw. Ingenieurholzbaubetrieb ergeben sich aus der Fragebogenauswertung folgende durchschnittlichen, jährlichen Einsatzmengen neuer Holzwerkstoffe (Angaben für 1999):

- OSB ca. 122 m³/a,
- Mehrschichtige Massivholzplatten ca. 9,1m³/a,
- Diffusionsoffene MDF-Platten ca. 4,9 m³/a,
- Furnierschichtholz ca. 5,4 m³/a,
- Furnierstreifenholz ca. 0,34 m³/a,
- Spanstreifenholz ca. 0,31m³/a,
- Trägersysteme ca. 178 lfd. m/a.

Laut neusten Angaben des statistischen Bundesamtes von Juni 1999 gibt es bundesweit insgesamt 9.765 Zimmerei- und Ingenieurholzbaubetriebe, die dem Bauhauptgewerbe zugeordnet werden. Für neue Holzwerkstoffe im Bauwesen lassen sich hiermit für das Jahr 1999 folgende Einsatzmengen berechnen:

- OSB 1.12 Mio m³,
- Mehrschichtige Massivholzplatten 85.250 m³,
- Diffusionsoffene MDF-Platten 47.770 m³,
- Furnierschichtholz 50.500 m³,
- Furnierstreifenholz 3.185 m³,
- Spanstreifenholz 2.900 m³,
- Trägersysteme 1,6 Mio lfd.m.

Vergleicht man die obigen Ergebnisse mit den Angaben zu Einsatzmengen aus der Literatur und der Herstellerbefragung, so ergeben sich deutliche Unterschiede. Die Einsatzmengen, die sich aus der Anwenderbefragung ergeben sind deutlich zu hoch und können nur erste Anhaltspunkte über Einsatzmengen neuer Holzwerkstoffe in Verarbeitungsbetrieben sein.

9.5.5 Einsatzbereiche neuer Holzwerkstoffe

In den folgenden Abbildungen sind die sich aus der Befragung resultierenden Einsatzbereiche neuer Holzwerkstoffe dargestellt.

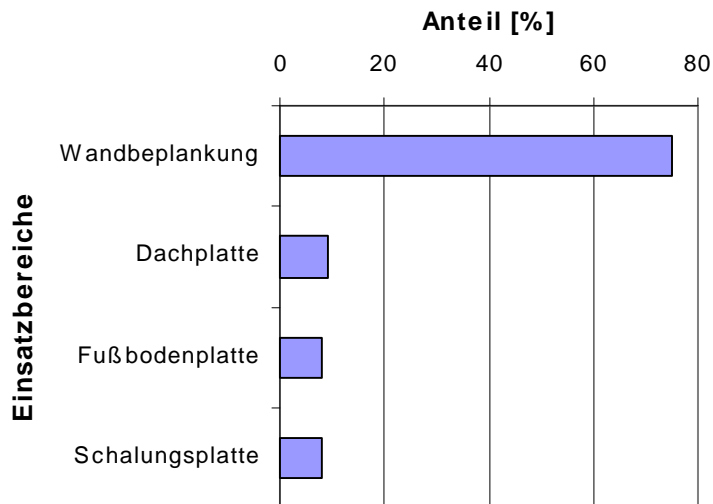


Abbildung 45: Verteilung des eingesetzten OSB auf die verschiedenen konstruktiven Bereiche

Die obige Abbildung zeigt sehr deutlich, daß der größte Teil (ca. 75%) des im Bauwesen eingesetzten OSB für die Aussteifung von Holzrahmenwänden verwendet wird. Der verbleibende Rest von ca. 25% wird zu jeweils gleichen Anteilen für Dachplatten, Fußbodenplatten und Schalungsplatten verwendet.

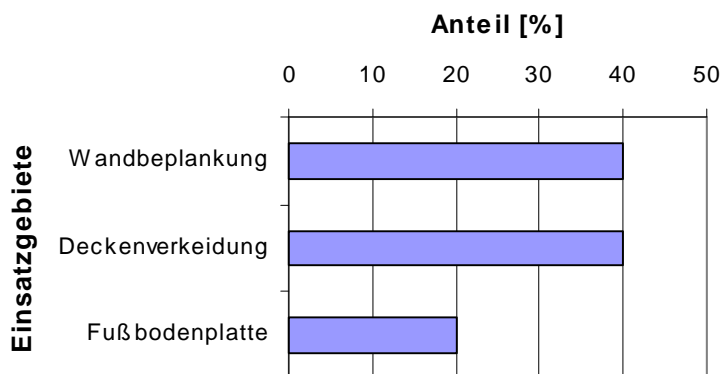


Abbildung 46: Verteilung der eingesetzten mehrschichtigen Massivholzplatten auf die verschiedenen konstruktiven Bereiche

Die Zimmereibetriebe und Fertighaushersteller gaben an, mehrschichtige Massivholzplatten zu jeweils gleichen Teilen (ca. 40%) als sichtbare Wandbeplankung oder als sichtbare Deckenverkleidung einzusetzen. Der Einsatz als Fußbodenplatte erreicht einen Anteil von ca. 20%.

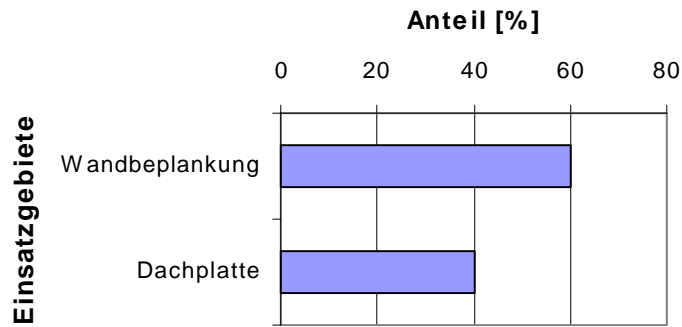


Abbildung 47: Verteilung der eingesetzten diffusionsoffenen MDF-Platten auf die verschiedenen konstruktiven Bereiche

In Abbildung 47 ist zu erkennen, daß MDF im Bauwesen ausschließlich als Wandbeplankung und als Dachplatte eingesetzt wird, wobei die Verwendung als äußere Wandbeplankung mit einem Anteil von ca. 60% überwiegt.

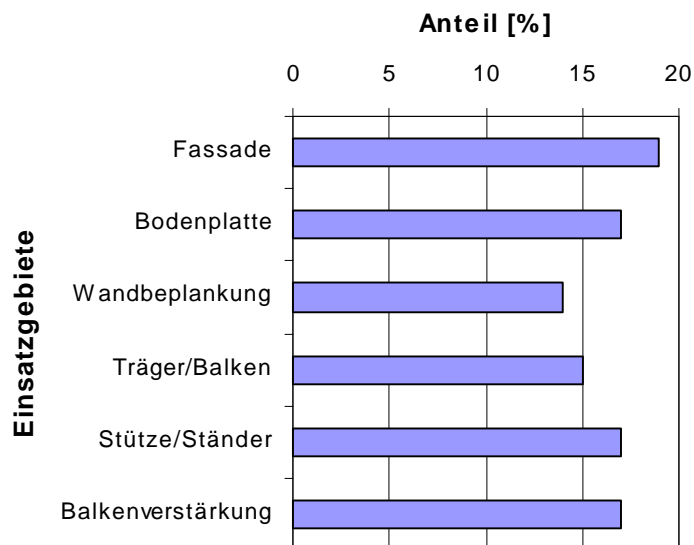


Abbildung 48: Verteilung des eingesetzten FSH auf die verschiedenen konstruktiven Bereiche

Läßt sich für OSB ein Haupteinsatzgebiet erkennen, so ist dies für FSH nicht möglich. Laut Angaben der Anwender sind die Verwendungsmöglichkeiten von FSH sehr vielseitig. Wie in Abbildung 47 deutlich wird, haben die Anteile der verschiedenen Einsatzgebiete am Gesamteinsatz von FSH eine ähnliche Größenordnung.

Neben den vorgegebenen Konstruktionsbereichen gaben Zimmerei- und Fertighausbetriebe an, FSH darüber hinaus für Trauf- und Ortgangüberstände sowie für Verkleidungen, Füllungen und Gaubenbalken zu verwenden.

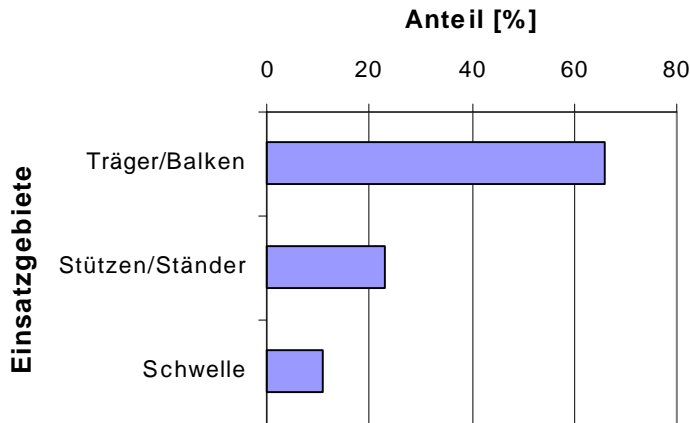


Abbildung 49: Verteilung des eingesetzten PSL auf die verschiedenen konstruktiven Bereiche

Aus Abbildung 49 lässt sich entnehmen, daß PSL den Verarbeitern ein schmaleres Anwendungsspektrum bietet als FSH. Als Haupteinsatzgebiet des PSL ,ca. 65% des verbauten PSL, läßt sich deutlich die Verwendung als Träger/ Balken bzw. Pfette erkennen. Der Einsatz von PSL als Stütze oder Ständer ist mit einem Anteil von ca. 23% die zweithäufigste Verwendungsart.

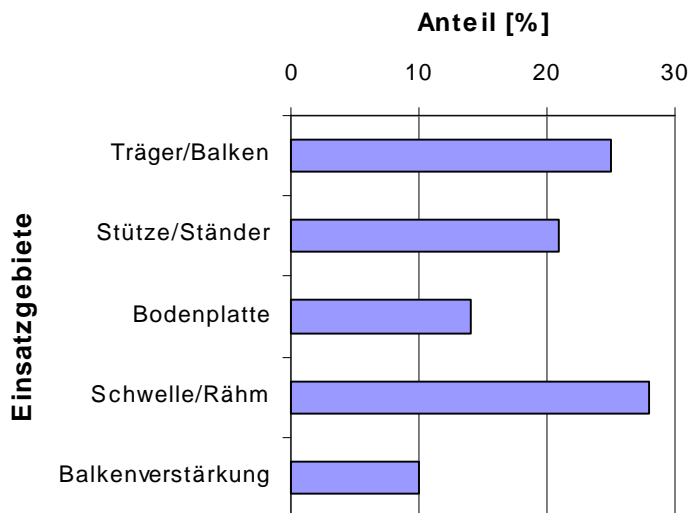


Abbildung 50: Verteilung des eingesetzten LSL auf die verschiedenen konstruktiven Bereiche

Abbildung 50 zeigt, daß LSL hauptsächlich als Schwelle/Rähm (28%), als Träger/Balken (23%) und als Stütze/Ständer (21%) eingesetzt wird.

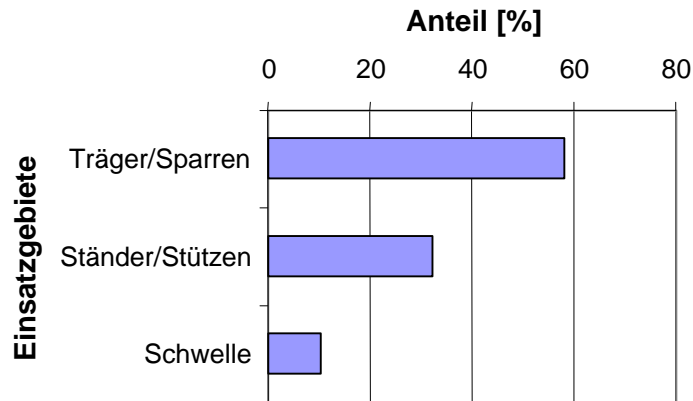


Abbildung 51: Verteilung der eingesetzten Trägersysteme auf die verschiedenen konstruktiven Bereiche

Das Haupteinsatzgebiet für Trägersysteme ist nach Angaben der Anwender der Einsatz als Träger/Sparren (ca.58%). Neben dieser Einsatzmöglichkeit erfahren Trägersysteme darüber hinaus einen Einsatz als Ständer/Stütze in Höhe von 32%. Ein Einsatz als Schwelle ist mit ca. 10% eher selten.

9.5.6 Verbindungsmittel

Die Auswertung der Frage, welche Verbindungsmittel für die neuen Holzwerkstoffe eingesetzt werden, ergab, daß für den Großteil der verwendeten OSB-Platten (ca. 50%) Klammern als Verbindungsmittel Verwendung finden. Nägel und Schrauben werden für OSB-Platten zwar eingesetzt, mit jeweils ca. 25% jedoch in deutlich geringeren Anteilen.

Analog zu den OSB-Platten wird auch der Großteil (über 50%) der diffusionsoffenen MDF-Platten mit Klammern auf dem Holzrahmen befestigt. Nägel sind mit einem Anteil von 30% ein weiteres wichtiges Verbindungsmittel für diesen Holzwerkstofftyp. Schrauben werden nach Angaben der Anwender nur in 16% der Fälle zur Befestigung diffusionsoffener MDF-Platten eingesetzt.

Im Unterschied zu OSB und diffusionsoffenen MDF-Platten werden mehrschichtige Massivholzplatten zu über 50% verschraubt. Klammern werden in 29% der Fälle zur Befestigung eingesetzt. Die Verwendung von Nägeln zur Befestigung ist mit einem Anteil von 17% weniger häufig.

Die vielfältigen Einsatzgebiete des Furnierschichtholzes, die in Abbildung 47 deutlich wurden, spiegeln sich auch im Einsatz verschiedenster Verbindungsmittel wieder. Zwar überwiegt der Anteil von Nägeln (17%), Klammern (11%) und Schrauben (25%), darüber hinaus werden aber weitere Verbindungsmittel und Verbinder wie Stab- und Ein-

laßdübel sowie Paßbolzen und Balkenschuhe mit Anteilen von jeweils ca.10% für Furnierschichtholz verwendet.

Um PSL, das in der Regel als Träger oder Stütze verwendet wird, an angrenzende Konstruktionselemente anzuschließen werden laut Angaben der Verarbeiter vor allem Stabdübel, Balkenschuhe und Schrauben (jeweils zu ca. 20%) eingesetzt. Verbindungsmittel wie Einlaßdübel, Paßbolzen und Nägel werden bei diesem Holzwerkstoff in geringerem Maße (jeweils ca. 10%) verwendet.

Als Befestigungsmittel für den Holzwerkstoff LSL setzen die befragten Unternehmen hauptsächlich (44%) Schrauben ein. Ein weiteres wichtiges Verbindungsmittel für LSL ist der Stabdübel, der mit einem Anteil von 33% regelmäßig zum Anschluß von LSL an andere Bauteile benutzt wird.

Um Trägersysteme mit anderen Bauteilen statisch wirksam zu verbinden, werden laut Anwenderangaben Balkenschuhe benutzt. Diese werden in der Regel mit Schrauben oder Nägeln, selten mit Klammern, befestigt.

9.5.7 Distribution

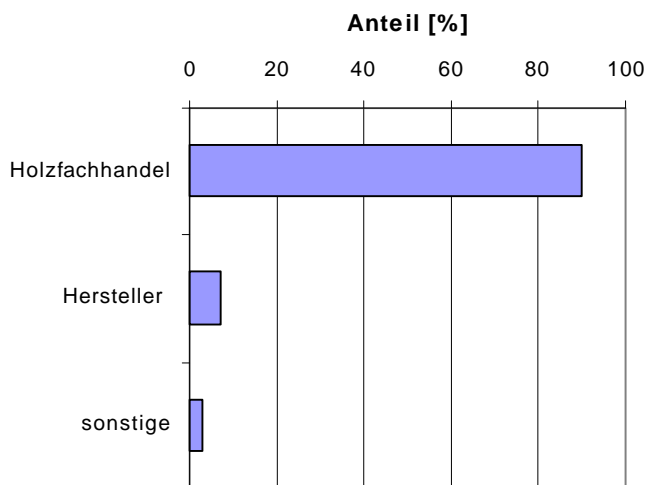


Abbildung 52: Einkaufsverhalten der Zimmereiunternehmen?

Die Auswertung der Frage, woher die Anwender die neuen Holzwerkstoffe beziehen, zeigt, daß die Zimmereibetriebe ihre Werkstoffe zu ca. 90% über den Holzfachhandel beziehen. Nur ein geringer Teil (ca. 7%) der Engineered Wood Products wird direkt beim Hersteller eingekauft. Hieraus läßt sich entnehmen, daß die Zimmereibetriebe kleine Mengen abnehmen für die der Einkauf direkt beim Hersteller nicht sinnvoll ist.

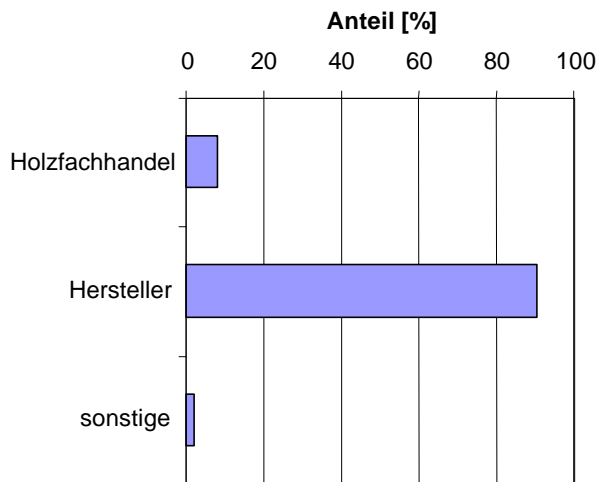


Abbildung 53: Einkaufsverhalten der Fertighausindustrie

Genau entgegengesetzt ist das Einkaufsverhalten der Fertighaushersteller. Hier ist festzustellen, daß die Fertighausproduzenten 90% ihrer Holzwerkstoffe direkt beim Hersteller einkaufen. Der Anteil der Holzwerkstoffe, die über den Holzfachhandel bezogen werden beträgt hier lediglich ca. 8%.

9.5.8 Beurteilung zukünftiger Marktchancen und Einsatzgebiete

Ähnlich wie die Hersteller neuer Holzwerkstoffe beurteilen auch Zimmerei- und Fertighausbetriebe die zukünftigen Marktchancen dieser Produkte positiv. 85% der Anwender gehen davon aus, daß neue Holzwerkstoffe im Vergleich zu traditionellen Produkten, wie Spanplatte, Sperrholz, Brettschichtholz und Konstruktionsvollholz, in Zukunft mehr bis sehr vielmehr eingesetzt werden. Nur 14% der befragten Unternehmen sind der Meinung, daß der Anteil der neuen Holzwerkstoffe im Bauwesen zukünftig sinken wird.

Auch die Chancen der neuen Holzwerkstoffe gegenüber Baustoffen wie Stahl, Beton und Aluminium werden von den Zimmerei- und Fertighausbetrieben positiv gesehen. Hier sind 77% der Auffassung, daß neue Holzwerkstoffe sich zukünftig gegenüber Baustoffen wie Stahl, Beton und Aluminium behaupten können und auch diesen gegenüber verstärkt eingesetzt werden. Die verbleibenden 23 % der Befragten sind der Meinung, daß neue Holzwerkstoffe ihre Marktanteile gegenüber den oben genannten Baustoffen nicht weiter steigern können.

9.5.9 Handlungsbedarf

Die Auswertung der Frage zum Handlungsbedarf zeigt, daß es besonders auf dem Gebiet der Produktinformationen für neue Holzwerkstoffe große Defizite gibt. Nahezu alle Zimmerei- und Fertighausbetriebe merken an, daß die Produktinformationen, die es für neue Holzwerkstoffe gibt, verbessert werden müssen. Hier wünschen sich die

Anwender detailliertere Verarbeitungshinweise und Kataloge über Anschlußmöglichkeiten sowie mehr Detailausbildungen und Einsatzbeispiele. Zudem sollten sich nach Auffassung der Zimmereibetriebe vor allem Architekten und Ingenieure intensiver mit den neuen Holzwerkstoffen auseinandersetzen. Hier besteht aus Sicht der befragten Betriebe noch großer Aufklärungsbedarf. Außerdem verlangen die Zimmereibetriebe mehr Informationen zu der Frage, welche Konstruktionen mit neuen Holzwerkstoffen möglich und vor allem wirtschaftlich sind.

Ein besseres Marketing sowie eine gemeinsame Lobby der Hersteller neuer Holzwerkstoffe, z.B. durch einen Verband für neue Holzwerkstoffe im Bauwesen, ist aus Sicht der Verarbeiter nötig, um den Marktanteil dieser Produkte zu erhöhen.

Auch in puncto Produktverfügbarkeit besteht noch Handlungsbedarf. Vor allem wird hier der Ruf nach kürzeren Lieferzeiten laut. Bei Importprodukten wünschen sich die Verarbeiter zudem ein breiteres Angebot hinsichtlich der lieferbaren Dimensionen speziell der Längen um den Verschnittanteil minimieren zu können.

Mit der Produktqualität der neuen Holzwerkstoffe sind die Zimmerei- und Fertighausbetriebe überwiegend zufrieden. Handlungsbedarf besteht aus Sicht einiger Zimmereibetriebe dahingehend, daß die Witterungsbeständigkeit und Festigkeitseigenschaften der Holzfaserplatten verbessert werden müßte. Darüber hinaus verlangen einige Anwender die Verbesserung der Quellungseigenschaften der OSB-Platten (GEHRMANN 2000).

Auf die Frage nach dem sonstigen Handlungsbedarf antworteten die befragten Unternehmen, daß für einen vermehrten Einsatz neuer Holzwerkstoffe im Bauwesen eine stärkere Gleichrichtung von Zulassungen und Normen wichtig ist, um so die Einsatzgebiete für neue Holzwerkstoffe zu erweitern.

Wichtigste Voraussetzung für eine Zunahme des Marktanteils neuer Holzwerkstoffe ist die Senkung der Preise, die nach Meinung einzelner Verarbeiter durch größere Lagermengen realisiert werden könnte.

10 Schlußfolgerungen

10.1 Status Quo neuer Holzwerkstoffe im Bauwesen Deutschlands

Die Befragung ergab, daß allen befragten Unternehmen (Zimmereien, Fertighaushersteller) die neuen Holzwerkstoffe bekannt sind. Verbaut werden diese Produkte zur Zeit hauptsächlich von Zimmereibetrieben. Die Hersteller von Fertighäusern setzen neue Holzwerkstoffe zur Zeit seltener ein, da die höheren Preise dieser Produkte einem wirtschaftlichen Einsatz entgegenstehen und diese nur für spezielle Konstruktionen ‚Sinn machen‘. Darüber hinaus besteht Aufklärungsbedarf hinsichtlich der Produkteigenschaften und der Verwendungsmöglichkeiten. Insbesondere der OSB-Platte stehen die Fertighaushersteller zur Zeit noch zurückhaltend gegenüber, da vor allem neben dem verglichen mit der Spanplatte höherer Preis anscheinend aber auch flüchtige organischen Verbindungen (VOC´s) wie α -Pinen und δ -3-Caren aus den Kiefern-Strands der OSB-Platten, die schon in geringen Konzentrationen allergene Reaktionen auslösen können, großen Einsatzmengen entgegenstehen (GAYK 2000). Insgesamt fehlt es aus Sicht der Fertighaushersteller an langfristigen Erfahrungen mit den neuen Holzwerkstoffen, so daß ein industrieller Einsatz dieser Produkte derzeit noch mit zu großen Risiken verbunden ist.

Zimmereibetriebe stehen dem Einsatz neuer Holzwerkstoffe aufgeschlossen gegenüber. Hier zeigt sich, daß vor allem OSB den Anforderungen der Zimmereibetriebe entspricht und sich als Beplankungsmaterial in Wand-, Decken und Dachkonstruktionen im Holzhausbau etabliert hat. Die großen Einsatzmengen und die guten Bewertungen der Produkteigenschaften zeigen, daß OSB innerhalb des Holzbauhandwerks ein deutlich positives Image genießt. Bei einer durchschnittlichen Einsatzmenge von ca. 8,5 m³ je Modellwohnhaus (KROTH; KOLLERT; FILIPPI 1991) und einer Anzahl von ca. 30.000 Baugenehmigungen (ohne Fertighaushersteller) für den Ein- und Zweifamilienhausbau sowie An- und Umbauten aus Holz ergibt sich eine Einsatzmenge im deutschen Bauwesen von ca. 260.000m³ OSB/Jahr.

Europaweit wurden 1999 nach Angaben der Hersteller ca. 85% aller produzierten OSB-Platten (ca. 850.000 m³) im Bauwesen eingesetzt..

Auch diffusionsoffene MDF-Platten etablieren sich zunehmend im Holzbau. OSB und diffusionsoffene MDF-Platten ergänzen sich aus Sicht der Zimmereibetriebe sehr gut und bilden bei der Kombination von OSB als innere und MDF als äußere Beplankung

des Rahmens den immer häufiger gewünschten diffusionsoffenen Wandaufbau. Außerdem ist es aufgrund der bauaufsichtlichen Zulassung der diffusionsoffenen MDF-Platten möglich, diese zur Kipp- und Knickaussteifung von Wandrippen und Rahmen sowie zur Aufnahme von Windlasten einzusetzen. Aus diesem Grunde gehen die Herstellerbetriebe davon aus, daß der Anteil diffusionsoffener Platten im Bauwesen weiter zunehmen wird. 1999 wurden ca. 65.000 m³ diffusionsoffene MDF-Platten als äußere Wand- und Dachbeplankung im Bauwesen eingesetzt. Eine Steigerung auf 80.000 m³ für das Jahr 2000 wird erwartet (EUWID 1999c).

Mehrschichtige Massivholzplatten werden nach Angaben der Verarbeiter meistens dort eingesetzt, wo besondere Anforderungen an optische Eigenschaften gestellt werden. In der Regel ist dies eine Verwendung als sichtbare Wandbeplankung, Deckenverkleidung oder der Einsatz als Gesimsbrett oder Ortgangverkleidung. Auch wenn die Festigkeitseigenschaften der mehrschichtigen Massivholzplatten besser zu bewerten sind als die der OSB-Platten, sind den Verarbeitern die Preise der mehrschichtigen Massivholzplatten zu hoch. 1999 wurden im deutschsprachigem Raum ca. 800.000 m³ Massivholzplatten produziert. Der Anteil der mehrschichtigen Massivholzplatten an der Gesamtproduktion beträgt ca. 40%. Dies entspricht einer Produktionsmenge von ca. 300.000 m³. Im Bauwesen wurden im vergangenen Jahr ca. 90.000 m³ mehrschichtige Massivholzplatten für Wand- Decken- und Dachbeplankungen sowie für Fassaden eingesetzt. Im Verpackungs- und Schalungsbereich wurden 1999 ca. 200.000 m³ mehrschichtiger Massivholzplatten verbraucht.

Furnierschichtholz (FSH) hat aus Sicht der Anwender das breiteste Anwendungsspektrum und wird sowohl als Platte (Fassade im Außenbereich, Wand- und Deckenbeplankung) sowie als Träger und Ständer eingesetzt. Die Verwendung von Furnierschichtholz als stabförmiges Bauteil überwiegt. FSH wurde in den befragten Zimmereibetrieben im Vergleich zu Brettschichtholz oder Konstruktionsvollholz nur selten eingesetzt, da der höhere Preis die besseren Produkteigenschaften (Festigkeiten, Dimensionsstabilität) überwiegt. Außerdem ist das günstigere Konstruktionsvollholz für übliche Konstruktionen im Ein- und Zweifamilienhausbau mit Holz völlig ausreichend. Etablieren konnte sich Furnierschichtholz nach Angaben der Verarbeiter vor allem im Objektbau mit großen Spannweiten. Hier substituiert Furnierschichtholz vor allem Brettschichtholz.

Von der finnischen Firma Finnforest wurden 1999 ca. 20.000 m³ FSH nach Deutschland exportiert. 14.000 m³ FSH wurden im Bauwesen eingesetzt, 6.000 m³ entfielen auf andere Einsatzbereiche wie z.B. Messebau und Innenausbau (DINGER 2000). Nach

Angaben von ORLOWSKI (2000) wurde in den letzten Jahren kein amerikanisches Furnierschichtholz (Microllam) nach Deutschland exportiert, um dort im Bauwesen eingesetzt zu werden. Microllam erreicht Deutschland lediglich als Gurtmaterial in Doppel-T-Trägern (TJI-Träger).

Vergleichbar dem Furnierschichtholz finden auch Furnierstreifen- und Langspanholz als stabförmige Bauteile (Schwellen, Träger und Ständer) im Ein- und Zweifamilienhausbau nur in Ausnahmefällen Anwendung. Aufgrund der hohen zulässigen Spannungen und E-Module sowie der hohen Preise des Furnierstreifenholzes ist das Haupteinsatzgebiet dieses Engineered Wood Products ebenfalls der Objektbau. Hier wird es ausschließlich als stabförmiges Bauteil für statisch hoch beanspruchte Konstruktionen verwendet. Die sehr geringen durchschnittlichen Einsatzmengen an Furnierstreifen- und Langspanholz in deutschen Zimmereibetrieben zeigen, daß es sich bei diesen Werkstoffen um Nischenprodukte handelt, für die zur Zeit nur eine geringe Nachfrage besteht. Gründe hierfür sind zum einen die verglichen mit Konkurrenzprodukten (BS18, FSH) deutlich höheren Preise und eine nach Angaben der Zimmereibetriebe vergleichsweise schwierige Liefersituation. Laut Herstellerangaben wurden 1999 ca. 400 m³ Furnierstreifenholz und 2.000 m³ Langspanholz nach Deutschland exportiert (ORLOWSKI 2000).

Von den ca. 2.000 m³ Langspanholz die jährlich nach Deutschland exportiert werden, wird etwa die Hälfte (ca. 1.000 m³) im Bausektor als Stürze, Schwellen, Randbohlen und als Dach- sowie Deckenscheiben verwendet. Die andere Hälfte wird in der Türenindustrie zur Herstellung von Türblättern eingesetzt.

Trägersysteme werden in erster Linie als Deckenträger und Sparren eingesetzt. Die Verwendung als Ständer in der Holzrahmenbauwand ist zur Zeit noch eine Ausnahme, wird aber für Passivhauskonstruktionen interessant (MEYER 2000). Der Vorteil dieser Produkte liegt nach Angaben der Zimmereibetriebe und Hersteller in ihrem geringen Eigengewicht. Deshalb lassen sich Trägersysteme einfacher und schneller verarbeiten als z.B. das schwerere Konstruktionsvollholz oder Brettschichtholz. Die schnelle und einfache Verarbeitung der Doppel-T-Träger wirkt sich günstig auf die Lohnkosten aus. Darüber hinaus ist die Dimensionsstabilität der Träger deutlich besser als die von Vollholzprodukten und macht Träger vor allem für große Querschnittabmessungen interessant (MEYER 2000). Da nur ein Hersteller, nach Einschätzung anderer Anbieter zur Zeit der Marktführer, Angaben zu Einsatzmengen von Doppel-T-Trägern im Bauwesen machte, kann an dieser Stelle lediglich festgestellt werden, daß 1999 in Deutschland mindestens 800.000 lfd.m. Trägersysteme verarbeitet wurden.

10.2 Handlungsbedarf

Die Produkteigenschaften der neuen Holzwerkstoffe wurden sowohl von Herstellern als auch von Verarbeitern (Zimmereibetriebe, Fertighausindustrie) bewertet. Der Vergleich der beiden Gruppen ergibt, daß die Hersteller ihre Produkte nur geringfügig besser bewerten als die Anwender. Tendenziell stimmen die Bewertungen der Produkteigenschaften überein. Den Holzwerkstoffhersteller sind somit die Anforderungen der Anwender im Bauwesen bekannt

10.2.1 Handlungsbedarf zur Verbesserung der Produkteigenschaften

Handlungsbedarf zur Optimierung bestimmter Produkteigenschaften neuer Holzwerkstoffe besteht aus Sicht der Hersteller und Anwender in folgenden Punkten:

- Die Preise der neuen Holzwerkstoffe Furnierschichtholz, Furnierstreifenholz, Langspanholz, mehrschichtige Massivholzplatten und Trägersysteme müssen weiter gesenkt werden, damit der Einsatz dieser Produkte im Ein- und Zweifamilienhausbau wirtschaftlicher wird.
- Die Lieferzeiten von Furnierstreifen- und Langspanholz müssen optimiert werden.
- Das Lieferspektrum hinsichtlich der Querschnittsabmessungen und vor allem der lieferbaren Längen stabförmiger Holzwerkstoffe muß erweitert werden.
- Festigkeitseigenschaften und Witterungsbeständigkeit der diffusionsoffenen MDF-Platten sollten verbessert werden (MEYER 2000).
- Quellungseigenschaften der OSB-Platten müssen verbessert werden (HASCH u. POHLMANN, R. 2000).

10.2.2 Handlungsbedarf zur Verbesserung der Marktsituation

Um die Einsatzmengen neuer Holzwerkstoffe im Bauwesen deutlich zu steigern, reicht aus Sicht der Hersteller und Verarbeiter eine Optimierung der oben genannten Produkteigenschaften nicht aus. Hersteller und Anwender sind der Meinung, daß über die Optimierung bestimmter Produkteigenschaften hinaus auch Handlungsbedarf zur Verbesserung der Marktsituation in folgenden Punkten besteht:

- Schnelle Aufnahme der neuen Produkte in Normen, um die Anwendbarkeit dieser Produkte zu erleichtern. Nach Angaben von Ingenieurbüros ist der Zeitaufwand bei der statischen Berechnung nach den bauaufsichtlichen Zulassungen für neue Holzwerkstoffe vor allem für Doppel-T-Träger höher als bei den nach DIN geregelten Werkstoffen (LEUTERS U. POHLMANN, R. 2000).
- Die Produktinformationen, die zu den verschiedenen neuen Holzwerkstoffen erhältlich sind, müssen überarbeitet werden und mehr Details zur Verarbeitung und Berechnung enthalten.

- Planer, die über den Einsatz der neuen Holzwerkstoffe im Bauwesen entscheiden z.B. Architekten, sollten schon während der Ausbildung intensiv über neue Holzwerkstoffe im Bauwesen unterrichtet werden.
- Handel und Verarbeiter sollten durch Schulungen verstärkt auf Einsatzgebiete und Verarbeitung neuer Holzwerkstoffe vorbereitet werden.
- Ein einheitliches Marketing für Hersteller, Handel und Verbraucher ist notwendig, um dem schlechten Image des Holzhausbau ("Barackenimage") entgegenzuwirken und um die Positiven Eigenschaften des ökologischen Hausbaus mit Holz aufzuzeigen.

10.3 Zukunftsaussichten neuer Holzwerkstoffe

Weltweit wird in den nächsten Jahren mit einem steigenden Verbrauch der Engineered Wood Products im konstruktiven Bereich gerechnet (EUWID 2000e). Dies trifft laut Angaben des UN/ECE Timber Committee, Genf, insbesondere für Furnierschichtholz, Doppel-T-Träger und Brettschichtholz zu. Gründe für diese Entwicklungen liegen in der großen Nachfrage nach effizienten, qualitativ hochwertigen Bauprodukten und Bautechniken und im Bedarf nach kostengünstigem und flexiblem Wohnraum.

Besonders Nordamerika dominiert bei der Verwendung von Furnierschichtholz, Furnierstreifenholz, Langspanholz, Doppel-T-Trägern und OSB-Platten. 1999 wurden dort ca. 1,44 Mio m³ FSH, 0,5 Mio m³ PSL und ca. 2 Mio m³ I-Beams verbraucht. Zur Zeit werden in Nordamerika ca. 40% der Boden- und Deckenelemente mit Doppel-T-Trägern realisiert. Es wird erwartet, daß der Anteil innerhalb der nächsten zehn Jahre auf ca. 80% ansteigt und somit der weltweite Verbrauch von I-Beams deutlich zunehmen wird (EUWID 2000e).

Für den neuen Holzwerkstoff OSB rechnet die American Plywood Association aufgrund der zunehmenden Substitution des Sperrholz im Baubereich mit einer Verdopplung des OSB-Verbrauchs bis zum Jahre 2005 (ANONYMUS 2000).

10.3.1 Zukünftige Marktsituation neuer Holzwerkstoffe in Deutschland/Europa

Auch in Deutschland sind die zukünftigen Einsatzmengen neuer Holzwerkstoffe im Bauwesen stark von der Entwicklung des Holzbaus abhängig. Anders als in Amerika dominieren in Europa immer noch Stahl und Beton das derzeitige Baugeschehen (EUWID 2000a). Dennoch steigt nach Angaben der Holzwerkstoffindustrie und der Verarbeiter auch hier die Nachfrage nach kostengünstigen, energiesparenden und flexiblen Bautechniken. Insbesondere der hohe Vorfertigungsgrad, kurze Bauzeiten und

niedrige Energiekosten während der Nutzung sind nach Ansicht der Verarbeiter die Vorteile des Holzrahmenbaus bzw. des Holztafelbaus mit neuen Holzwerkstoffen.

Mit Inkrafttreten der neuen Wärmeschutz- und der Energieeinsparverordnung im Jahre 2001 werden hinsichtlich der Wärmedämmung und Winddichtigkeit höhere Anforderungen an Gebäudekonstruktionen gestellt. Größere Wanddicken, die viel Raum für Isolationsmaterialien lassen, sind die Folge. Hier sehen Anwender Einsatzpotentiale für Trägersysteme und Furnierschichtholz (Kerto T), die im Vergleich zu traditionellen Produkten, wie z.B. das im Holzrahmenbau vorherrschende Konstruktionsvollholz, bessere Dimensionsstabilität bieten und schlankere Querschnitte ermöglichen. Hierdurch entstehen winddichtere Konstruktionen und weniger Wärmebrücken (MEYER 2000).

Für Trägersysteme entstehen nach Auffassung eines amerikanischen Herstellers im Holzbau zukünftige Einsatzpotentiale durch zunehmende Substitution des Konstruktionsvollholzes. In den letzten Jahren ist der Verbrauch von Doppel-T-Trägern im deutschsprachigen Raum so stark angestiegen, daß die Transportkapazitäten des amerikanischen Herstellers nicht mehr ausreichen und die Errichtung einer Produktionsstätte für Doppel-T-Träger mit integrierter FSH-Produktion auf dem europäischen Kontinent geplant ist (ORLOWSKI 2000). Auch das finnische Unternehmen Finnforest OYI, Espoo, plant den Bau einer Produktionsstätte für Doppel-T-Träger in Europa (Bremen) (EUWID 2000g). Die Produktionskapazität dieser Anlage soll ca. 5 Mio lfm/Jahr betragen und damit rund 50% des europäischen Marktes für Doppel-T-Träger aus Holz bzw. Holzwerkstoffen decken. Das Gesamtvolumen dieses Marktes wird auf ca. 10 Mio lfm/Jahr geschätzt. Die ab September 2001 in Bremen produzierten Träger sollen vorwiegend in Deutschland, Frankreich und Großbritannien abgesetzt werden. Hieraus läßt sich schlußfolgern, daß Bewegung in den Markt für Trägermaterialien kommen wird und sich Trägersysteme zunehmend im Baubereich etablieren werden.

Die zukünftigen Einsatzmengen von Furnierstreifenholz und Furnierschichtholz sind an die Entwicklung des Objektbaus mit Holz gekoppelt. Es ist jedoch anzunehmen, daß die dominierende Marktsituation des Brettschichtholzes (BSH) im Objektbau Deutschlands (Einsatzmenge im Jahr 1999: BSH ca. 500.000 m³, FSH ca. 14.000 m³ und PSL ca. 400 m³) aufgrund günstigerer Preise und der guten Erfahrungen mit diesem Produkt auch zukünftig bestehen bleibt und damit der Marktanteil der Engineered Wood Products PSL und FSH in Deutschland nicht übermäßig ansteigen wird (ORLOWSKI 2000). Um die Konkurrenzfähigkeit des Furnierschichtholzes gegenüber Brettschichtholz und Konstruktionsvollholz zu verbessern, plant ein finnischer Hersteller das Spektrum der lieferbaren Abmessungen zu erweitern (DINGER 2000).

Die Hersteller diffusionsoffener MDF-Platten gehen für die Zukunft davon aus, daß diffusionsoffene MDF-Platten herkömmliche Holzfaserverplatten sowie Massivholz- und Sperrholzverschalungen zunehmend substituieren werden (EUWID 1999c). Weiterhin werden die diffusionsoffenen MDF-Platten von steigenden Anforderungen an Energieeffizienz im Bauwesen und dem Verzicht auf chemischen Holzschutz im Holzbau profitieren (SANDER 2000). Für das Jahr 2001 gehen Hersteller von einer Steigerung des Marktvolumens diffusionsoffener MDF-Platten um ca. 20% auf ca. 80.000 m³ aus (EUWID 1999c).

Für das Jahr 2001 erwarten die Massivholzplattenhersteller eine Zunahme der Produktion um ca. 30% auf ca. 1,2 Mio m³. Besonders im ökologisch orientierten Holzhausbau, im Renovierungs- und Ausbaubereich sowie im Fassadenbereich gehen die Hersteller von einer steigenden Nachfrage nach mehrschichtigen Massivholzplatten aus. Bei Fassadenanwendungen werden zukünftig neben kesseldruckimprägnierten Massivholzplatten, Platten aus Holzarten wie Lärche und Douglasie an Bedeutung gewinnen (EUWID 2000e).

Die OSB-Produzenten haben im Jahr 2000 erstmalig feststellen müssen, daß der Markt für OSB-Platten im europäischen Holzhausbau mit einer Menge von max. 1 Mio m³ annähernd gesättigt ist (HASCH 2000). Steigende Produktionsmengen, die durch neue Anlagen und Erweiterungen bestehender Anlagen im Verlauf dieses Jahres aufgebaut wurden, haben zu einem erheblich größeren OSB-Angebot geführt. Derzeit übersteigt das OSB-Angebot die aktuelle Nachfragesituation bei weitem (EUWID 2000b). Dazu blieb die Nachfrage aus dem Baubereich weit hinter den Erwartungen zurück und andere Absatzbereiche, die in den vergangenen zwei Jahren relativ wenig bearbeitet wurden, werden in Zukunft deutlich an Bedeutung gewinnen. Neben einer Diversifikation der OSB-Qualitäten für den Einsatz in anderen Anwendungsbereichen kommt es zur Zeit auch zu einer Ausweitung der Formatpalette mit sog. "Oversized OSB" (Abmessungen bis zu 11,5 m x 2,8 m) für den Einsatz im Baubereich sowie im Fahrzeugbau.

Das Überangebot hat dazu geführt, daß die Preise zunehmend unter Druck geraten sind und daß es trotz des bereits eingetretenen Preisverfalls zu weiteren Preisunterbietungen kommt (EUWID 2000f). Innerhalb eines Jahres ist der OSB-Preis um ca. 30% von ca. 550 DM/m³ am Jahresanfang auf ca. 400 DM/m³ am Ende dieses Jahres gesunken. Wenn der Preisverfall für OSB-Platten auch zukünftig anhält wird der OSB-Preis das Preisniveau der Spanplatten für das Bauwesen erreichen. Hierdurch gewinnt die OSB-Platte für Fertighaushersteller an Attraktivität und könnte die Spanplatte im

Fertighausbereich substituieren. Für die OSB-Platte könnte sich hieraus ein zukünftiges Einsatzpotential ergeben, das mit den Einsatzmengen im handwerklichen Holzhausbau (ca.260.000 m³/Jahr) vergleichbar wäre.

Generell wird die Lieferung von aufeinander abgestimmten Holzwerkstoffen für den Baubereich, z.B. OSB und diffusionsoffene MDF-Platten aus einer Hand zukünftig zum Standard werden um den Kunden komplette Systeme für den konstruktiven Holzbau anzubieten. Schon jetzt bieten einige Hersteller, wie z.B. die Kronogruppe und Egger beide Holzwerkstofftypen aus einem Produktionsstandort an.

10.3.2 Zukünftige Einsatzgebiete neuer Holzwerkstoffe

Die Produktionskapazität der OSB-Industrie in Europa wird bis zum Ende 2000 durch die Inbetriebnahme zweier OSB-Werke in Frankreich und Deutschland auf ca. 1,9 Mio m³/Jahr gestiegen sein (EUWID 1999c). Bis zum Jahre 2003/4 rechnet man bei Realisierung aller projektierten Anlagen mit einem Anstieg der jährlichen Kapazität auf ca. 2,5 Mio m³ (EUWID 2000c). Die Steigerung der Produktionskapazitäten macht die Erschließung neuer Marktsegmente nötig, da der europäische Holzhausbau als alleiniger Absatzmarkt für OSB-Platten nicht mehr ausreicht. Zukünftige Marktsegmente für OSB-Platten sehen die Hersteller in folgenden Bereichen:

- Export von OSB nach Asien (Japan). Das japanische Bauwesen bietet mit jährlich ca.500.000 Baugenehmigungen für Holzbauten (EUWID 1999b) ein großes Absatzpotential für OSB-Platten. Allerdings muß OSB dazu zu 100% mit PMDI verklebt sein, um den Anforderungen an asiatische Quellungs- und Festigkeitswerte zu entsprechen.
- OSB für die Verpackungsindustrie als Konkurrenz zu Sperrholz. Ein nach Herstellerangaben hart umkämpfter Markt mit großem Volumen aber weniger Ansprüchen an Qualität. In diesem Marktsegment besteht nach Auffassung der Hersteller neben einer verstärkten Exportorientierung das größte Absatzpotential (EUWID 2000e).
- Absatz von OSB-Platten an Heimwerker über DIY-/Baumärkte. Dies ist ebenfalls ein Markt mit großem Volumen, auf dem aber ebenfalls ein hoher Konkurrenzdruck, insbesondere gegenüber Verpackungssperrholz, zu erwarten ist.
- Durch vollständige Verleimung mit PMDI und anschließende Beschichtung der Platten mit Phenolharzpapieren soll zukünftig der Betonschalungsbereich erschlossen werden (BÖHME 1998).
- OSB für den Einsatz im Gestellbau als hochwertiger Werkstoff zur Herstellung dekorativer Möbel, aber auch zur Dicken- und Gewichtsreduzierung von Möbelteilen.
- OSB im Messe- und Ladenbau sowohl konstruktiv als auch als dekoratives Element.

- OSB im Innenausbau als Diele mit umlaufender Nut und Feder im Fußbodenbereich
- Die Verwendung von OSB als Stegmaterial für Doppel-T-Träger ist ein weiteres zukünftiges Einsatzgebiet, daß in Zukunft an Bedeutung gewinnen wird. Bei einer zu erwartenden Marktgröße von 10 Mio lfm an Doppel-T-Trägern (vgl. 10.3.1) in Europa ergibt sich ein zukünftiges Einsatzpotential für OSB als Stegmaterial bei einer durchschnittlichen Steghöhe von ca. 0,3 m und einer mittleren Stegdicke von 0,01 m der Träger von ca. 30.000 m³/Jahr.

Mehrschichtige Massivholzplatten sind kein reines Produkt für konstruktive Aufgaben im Holzhausbau. Die Hersteller sehen weitere Einsatzmöglichkeiten für diese Produkte:

- als Möbelplatte (A/C oder B/C Qualität),
- als Treppenstufen,
- als sichtbare Innenverkleidung (z.B. im Dachausbau)
- sowie der Einsatz als 3-Schicht-Diele mit umlaufender Nut und Feder im Fußbodenbereich,
- als Betonschalungsplatte (C/C Qualität).

Für den neuen Holzwerkstoff Langspanholz (LSL) gibt es neben dem konstruktiven Einsatz im Holzhausbau noch weitere Verwendungsmöglichkeiten. Langspanholz wird z.B. in Amerika in der Fenster- und Türenindustrie eingesetzt. Auch in Deutschland werden jährlich ca. 1.000 m³ Langspanholz als Rahmenmaterial für Türblätter verwendet.

Furnierschichthölzer haben sich neben der Anwendung im Holzhausbau, im Objektbau und im Brückenbau auch in anderen Einsatzgebieten z.B. als Gerüstbohle, als Schalungsträger, in Arbeitsbühnen, in Regallagern und als Unterkonstruktion im Fahrzeugbau bewährt (BÖHME 1998).

10.3.3 Produkt- bzw. Weiterentwicklungen

Der Entwicklungsschwerpunkt der europäischen OSB-Industrie liegt derzeit sowohl in der weiteren Optimierung der Roh-OSB-Platten für Anwendungen im Bauwesen als auch in der Suche nach Veredelungsmöglichkeiten für OSB-Platten, um diese in anderen Einsatzbereichen (vgl. Kapitel 10.3.2) einsetzen zu können (EUWID 2000e).

- Die wichtigste Weiterentwicklung der OSB-Industrie ist die vollständige Verklebung der Platten mit PMDI. Durch PMDI-Klebstoffe lassen sich Festigkeits- und Quel-

lungseigenschaften der Platten deutlich verbessern. Diese Weiterentwicklung ist Voraussetzung für die Erschließung der Marktsegmente Export und Schalungsbau (vgl. Kapitel 10.3.2). Derzeit gibt es zwei Hersteller, die in der Lage sind, OSB-Platten vollständig mit PMDI zu verkleben (HASCH 2000).

- Ein weiterer Holzwerkstoffhersteller versucht sich durch das Angebot heller OSB-Platten mit verbesserter Orientierung der Strands sowie durch größere Abmessungen der Platten („Oversized OSB“, 11,5 m x 2,8 m) von der Konkurrenz abzusetzen.
- Seit längerem im Gespräch ist die filmbeschichtete OSB-Platte für den Gerüst- und Schalungsbau. Problematisch bei der Entwicklung filmbeschichteter OSB-Platten sind die unebenen Oberflächen der OSB-Platten, welche zur Zeit noch die Beschichtungsmaterialien, wie z.B. phenolharzgetränkte Papiere brechen lassen und das Eindringen von Feuchtigkeit in die Platte ermöglichen (HASCH 2000).
- Weiterhin gibt es Bestrebungen dicke OSB-Platten zu produzieren die als Wandstiele für nichttragende Wände im Holzrahmenbau eingesetzt werden können.
- Um die Einsatzmöglichkeiten im dekorativen Bereich zu erweitern, versuchen Holzwerkstoffhersteller die Oberflächen der OSB-Platten durch den Einsatz von Lackfolien und durch die Aufbringung beidseitiger HDF-Decks (HDF = High Density Fibreboard) für diesen Anwendungsbereich attraktiv zu machen (EUWID 2000a).

Auf dem Gebiet der Langspanhölzer (Laminated Strand Lumber) planen zwei deutsche Anlagenbauer zusammen mit einem Sägewerksunternehmen schon seit einiger Zeit die Produktion von sog. Continuous Strand Lumber (CSL). Hierbei werden die Strands beim Einschnitt durch Profilerspanner aus der Seitenware (Kuppelprodukt) hergestellt und nach Leimzugabe in einer benachbarten kontinuierlichen Presse zu CSL verpreßt. Die CSL-Balken weisen im Vergleich zu Timberstrand LSL deutlich bessere Festigkeitseigenschaften auf (Biegefestigkeit ca. 18 MN/m², E-Modul bis 15400 MN/m²). Da für diese Produkte die Importkosten entfallen, ist anzunehmen, daß CSL gegenüber Timberstrand LSL günstiger angeboten werden kann. Das Einsatzgebiet der CSL-Balken liegt im Holzhausbau als Substitutionsprodukt für Bauschnittholz bzw. Konstruktionsvollholz. Die Hersteller gehen davon aus, daß jährlich ca. 50.000 bis 60.000 m³ CSL im Holzbau als Träger, Stütze oder Schwelle eingesetzt werden können (SCHÖLER 1998).

Im Bereich der MDF-Platten für den Baubereich befinden sich zur Zeit zwei neue Produkte im Zulassungsverfahren:

- Dickere (ca. 30-40 mm), PMDI-verleimte MDF-Platten mit geringer Rohdichte (ca. 350 kg/m³) für Anwendungen im Außenbereich als Wärmedämmung sowie im Innenbereich als Trittschalldämmung (HASCH 2000).
- PMDI-verklebte MDF-Platten, ca. 13mm stark, mit normaler Rohdichte zum Einsatz als Innenwandplatte im Bauwesen. Mit dieser Platte ist möglich Holzhäuser vollständig aus Holz bzw. Holzwerkstoffen zu fertigen, ohne auf den Einsatz von Nichtholzprodukten, wie z.B. Gipskarton- oder Gipsfaserplatten angewiesen zu sein (SANDER 2000).

Langfristig wird die Entwicklung von Wärmedämmverbundsystemen mit Holzfaserplatten als Dämmstoff und Putzträger angestrebt. Problematisch ist hierbei zur Zeit noch die Wasseraufnahme der MDF-Platten, die bei kleinen Rissen im Putz zur Quellung der MDF-Platte führt und somit den Putz fortlaufend schädigt (SANDER ; HASCH 2000).

Auf dem Gebiet der mehrschichtigen Massivholzplatten gibt es zur Zeit folgende Entwicklungen:

- Die Entwicklung einer Massivholzplatte mit verbesserten Brandschutzeigenschaften durch Imprägnierung der Lamellen mit Brandschutzmitteln.
- Die Weiterentwicklung von Massivholzplatten für den Fassadenbereich durch zusätzliche Imprägnierung der Lamellen mit Fungiziden sowie eine Verklebung mit heißhärtenden MUF- und PRF-Leimen um die Feuchtebeständigkeit der Klebefugen zu erhöhen. Hierbei gibt es zur Zeit noch das Problem, daß die Lamellen nach der Kesseldruckimprägnierung für die Verleimung getrocknet und die Klebflächen zur Erhöhung der Benetzbarkeit aufgeraut werden müssen.
- Die Entwicklung einer Massivholzplatte für den Schalungsbereich mit einem werkseitig aufgebrauchten Schutzanstrich.
- Die Entwicklung einer mehrschichtigen Massivholzplatte mit erhöhter Tragfähigkeit. Die Erhöhung der Tragfähigkeit soll durch Keilzinkung und Verleimung mehrerer Platten in Plattenebene erreicht werden.

Neuerungen im Furnierschichtholzbereich befassen sich mit:

- Dem Ausbau der Serviceleistungen für bestehende Produkte. Dies umfaßt die Erweiterung des Angebotes hinsichtlich der lieferbaren Abmessungen. Zukünftig wird stabförmiges Furnierschichtholz in stärkeren Dimensionen angeboten, um die Konkurrenzfähigkeit gegenüber Brettschichtholz zu erhöhen.
- Ein amerikanischer Hersteller plant den Bau einer Produktionsstätte für Trägersysteme mit integrierter Furnierschichtholzproduktion (für das Gurtmaterial) in Eu-

ropa. Als Rohstoff für die Furnierproduktion sollen hochwertigste Nadelholzsortimente dienen. Zur Herstellung des Furnierschichtholzes werden die Furniere in der Art sortiert, daß die Furniere mit den besten Festigkeitseigenschaften die Deckschichten der Platten bilden und später als hochfestes Gurtmaterial höhere zulässige Spannungen der Doppel-T-Träger erlauben.

11 Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht werden Eigenschaften, Einsatzgebiete und Einsatzpotentiale neuer Holzwerkstoffe im Bauwesen untersucht und vorgestellt.

Zunächst werden die Entwicklungsgeschichten und Herstellungsprozesse neuer Holzwerkstoffe (z.B. OSB, diffusionsoffene MDF-Platten, mehrschichtige Massivholzplatten, Furnierschichtholz, Spanstreifenholz, Furnierstreifenholz und Trägersysteme) dargestellt. Anschließend wird auf relevante rechtliche Aspekte für neue Holzwerkstoffe im Bauwesen eingegangen (DIN 1052, Eurocode 5, weitere).

Der Vergleich technischer Eigenschaften sowie durch Gegenüberstellung der Preis-Leistungsverhältnisse neuer Holzwerkstoffe mit traditionellen Produkten (z.B. Spanplatte, Baufurniersperrholz, Brettschichtholz) wird die Konkurrenzsituation neuer und traditioneller Werkstoffe für das Bauwesen aufgezeigt. Hierbei ist festzustellen, daß die Preis-Leistungsverhältnisse neuer Holzwerkstoffe (z.B. Furnierstreifenholz, Langspanholz) vielfach ungünstiger ausfallen als die traditioneller Produkte (z.B. Konstruktionsvollholz, Brettschichtholz) wofür vorrangig die derzeit hohen Verkaufspreise ursächlich sind. Lediglich OSB zeigt deutliche Vorteile gegenüber Konkurrenzprodukten wie z.B. Baufurniersperrholz.

In einer schriftlichen Befragung von Herstellern (Holzwerkstoffindustrie) und Verwendern (Zimmereibetriebe, Fertighausindustrie, Architekten, Bauingenieure) neuer Holzwerkstoffe im Bauwesen sowie in vertiefenden Interviews mit Vertretern dieser Gruppen wurden detaillierte Erkenntnisse über Einsatzgebiete, Einsatzmengen und das Image der untersuchten Holzwerkstoffe gewonnen. Die Untersuchung ergab, daß sich OSB im Bauwesen bereits etabliert hat und vor allem in handwerklichen Betrieben einen sehr guten Ruf genießt. Die sich aus den Preis-Leistungsverhältnissen ergebenden Nachteile der *Engineered Wood Products* Furnierstreifenholz und Langspanholz wurden in der Befragung sowohl von Zimmereibetrieben als auch von der Fertighausindustrie bestätigt. Demnach besteht Handlungsbedarf, neben der Verfügbarkeit vor allem die Preissituation dieser Produkte zu verbessern. Die befragten Gruppen kamen übereinstimmend zu dem Schluß, daß die alleinige Verbesserung bestimmter Produkteigenschaften, des Preises oder der Verfügbarkeit der Werkstoffe nicht ausreicht, um die Einsatzmengen der untersuchten Baustoffe zu steigern. Für eine deutliche Steigerung der Einsatzmengen neuer Holzwerkstoffe im Bauwesen ist es notwendig, das Image des Holzhausbaus in Deutschland grundsätzlich zu verbessern. Insbesondere die Planer (Architekten) als Schnittstelle zum Bauherren müssen verstärkt über

die Eigenschaften und Einsatzgebiete der neuen Produkte informiert werden. Gleichzeitig müssen die neuen Holzwerkstoffe in die zur Zeit geltenden Normen für den Holzbau aufgenommen werden, um den Einsatz dieser Produkte zu erleichtern. In diesem Zusammenhang wird großes Augenmerk auf die Überarbeitung der bestehenden DIN 1052 gerichtet.

Die Befragung der Hersteller und Anwender zeigte zudem, daß der Holzbau auch bei steigenden Marktanteilen nicht in der Lage ist, zusätzliche Produktionskapazitäten, vor allem von OSB-Platten, aufzunehmen. Innerhalb des Marktes für Wandbeplankungen sind bereits Sättigungerscheinungen zu erkennen, was durch den Preisrückgang für OSB-Platten in den letzten Monaten deutlich unerstrichen wird. Aus diesen Gründen sind Holzwerkstoffhersteller bestrebt, mit weiter- und neu entwickelten Produkten neue Einsatzgebiete innerhalb des Bauwesens (z.B. eine neu entwickelte MDF-Innenwandplatte als Ersatz für Gipsfaser- und Gipskartonplatten) und auch Einsatzgebiete im baunahen Bereich (z.B. oberflächenveredelte OSB-Platten für den Gerüst- und Beton-schalungsbau) zu erschließen. Zusätzlich wird verstärkt versucht, Anwendungsgebiete außerhalb des Bauwesens, insbesondere in der Verpackungsindustrie, im DIY-Bereich und im dekorativen Innenausbau zu erschließen.

Die überwiegende Zahl der untersuchten Holzwerkstoffe befindet sich noch in einer relativ frühen Phase ihres Produktlebenszyklus. Vielfach sind durch Produkt-Diversifikation neue Einsatzgebiete möglich. Eine reine Substitution bestehender Holzprodukte wird nur durch geringere Preise zu erzielen sein. Um größere Anteile am Bau-Markt zu erschließen bedarf es insbesondere massiver Bemühungen das Image des Holzbaus (zumindest in Deutschland) zu verbessern, eine Vereinfachung und Standardisierung durch Normen und Bauvorschriften zu erreichen sowie Planer verstärkt mit den Vorteilen des Holzbaus vertraut zu machen.

12 Literaturverzeichnis

ANONYMUS (1999): A New Millennium Perspective on LVL, Raute Wood Ltd. Kanada, 5 S.

ANONYMUS (2000): OSB weltweit auf dem Vormarsch, Holz und Kunststoff, Ausgabe 4/2000, S. 73.

BALMER, N. (1998): Was ist ein geregeltes Bauprodukt?, Bauen mit Holz und Holzwerkstoffen: Stand der Technik und Entwicklungstendenzen, Fraunhofer-Institut für Holzforschung Wilhelm-Klauditz-Institut (WKI), Bericht Nr.33, 24 S.

BEHRENS, S. (1999): Wichtige Branchendaten der deutschen Holz-, Möbel- und Kunststoffindustrie 1998/99, Hauptverband der Deutschen Holz und Kunststoffe verarbeitenden Industrie und verwandter Industriezweige e.V.; Verband der Deutschen Möbelindustrie e.V. , 88 S.

BERTHOLD, K. (1966): Lexikon der Holztechnik, Werkstoffe aus Holz, zweite Auflage, VEB Fachbuchverlag Holz, Leipzig, S. 815.

BÖHME, C. (1998): OSB in Europa – große Chancen in naher Zukunft, Holz-Zentralblatt Nr. 124/1998, S. 2125, 2127.

BRICKENSTEIN, R. (1998): Holz ein traditioneller Werkstoff mit Zukunft, Fraunhofer-Institut für Holzforschung, Wilhelm- Klauditz- Institut (WKI), Bericht Nr.33.

BRINKMANN, E. (1979): OSB-Platten, ihre Eigenschaften, Verwendung und Herstellungstechnologie, Holz als Roh- und Werkstoff 37, Springer Verlag, Berlin, S. 139-142.

BRÜNINGHOFF, H. et al. (1996): Beuth Kommentare, Holzbauwerke, Eine ausführliche Erläuterung zu DIN 1052 Teil1 bis Teil 3 mit Änderungen A1 Ausgabe Oktober 1996, 2. Auflage 1997, Beuth Verlag GmbH, Berlin, 249 S.

CHERET, P.; HEIM, F.; RADOVIC B. (1997): Informationsdienst Holz, Bauen mit Holzwerkstoffen, Holzbau Handbuch, Reihe 1, Entwurf + Konstruktion, Teil 1, Folge 3 Bauen mit Holzwerkstoffen, Arbeitsgemeinschaft Holz e.V., Düsseldorf in Zusammenarbeit mit Bundesverband Deutscher Holzhandel e.V., Wiesbaden, 26 S.

DEPPE; H.-J.; HASCH, J. (1989): Zur Anwendung von Mischharzverleimungen bei der Herstellung von Oriented Structural Board (OSB), Holz als Roh- und Werkstoff 47, Springer Verlag, Berlin, S. 453-465.

DINGER, B. (2000): Telefonat vom 19. 10. 2000.

EDLAG, H. (1997): „Engineered Woodproducts“, Definitionen und Verfahrenstechniken, Holz-Zentralblatt, Stuttgart, Nummer 110, S. 1577.

EDLAG, H. (1997): Engineered Woodproducts“ Definitionen und Verfahrenstechniken, Holz-Zentralblatt, Stuttgart, Nummer 113, S.1644,1645.

EHLBECK, J.; GÖRLACHER, R. (1994): Eurocode 5: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken, Bauen mit Holz Nr. 12/94, S. 957-978.

EPF (2000): Europaen Panel Federation (Europäischer Holzwerkstoffverband), Annual Report 1999-2000, Brüssel, Belgien , 224 S.

EUWID (1998):Dreischichtige Leimholzplatte profitiert von Fertighausbau, Qualitätsansprüche bei Nadelholzplatten deutlich gesunken, EUWID Holz Nr. 10/1998 vom 9.3.1998, S.9.

EUWID (1999a): Verdoppelung der OSB-Kapazitäten erwartet, EUWID Holz Nr. 46/1999 vom 19.11.1999, S.7.

EUWID (1999b): Internationale Holzmärkte, Japan, EUWID Holz Nr. 49/1999 vom 10.12.1999, S.5.

- EUWID (1999c):** Holz special: Bau & Innenausbau, EUWID Holz
Sondernummer vom 14.12.1999, 74 S.
- EUWID (2000a):** Neue OSB-Kapazitäten haben zu Preisstabilisierung beigetragen,
Zunehmendes Angebot erfordert Ausweitung der Vertriebsaktivitäten,
EUWID Holz Nr. 19/2000 vom 12.5.2000, S.8.
- EUWID (2000b):** Stabilisierung der OSB-Preise auf dem erreichten niedrigen Niveau,
EUWID Holz Nr. 31/2000 vom 4.8.2000, S.13-14.
- EUWID (2000c):** Neu-/Erweiterungsinvestitionen bei Holzwerkstoffen in Europa 2000-2004,
EUWID Holz Nr. 32/2000 vom 11.8.2000, S.11.
- EUWID (2000d):** Rund 400 Mrd. Euro fließen in den Wohnungsbau,
EUWID Holz Nr. 34/2000 vom 25.8.2000, S.7.
- EUWID (2000e):** Engineered Wood Products befinden sich auf dem Vormarsch,
EUWID Holz Nr. 36/2000 vom 8.9.2000, S.9-10.
- EUWID (2000f):** Rückgang der OSB-Preise konnte bislang noch nicht gestoppt werden,
EUWID Holz Nr. 45/2000 vom 10.11.2000, S.14.
- EUWID (2000g):** Finnforest investiert in neue Produktbereiche,
EUWID Holz Nr. 45/2000 vom 10.11.2000, S.20.
- FENDLEY, R. (1995):** Unravelling the Anacronyms, Timber Trades Journal,
9/1995, S.10-12.
- FINK; JOCHER (1998):** Holzrahmenbau, Informationsdienst Holz,
Holzbau Handbuch, Reihe 1, Entwurf + Konstruktion, Teil 3, Folge 4,
Arbeitsgemeinschaft Holz e.V., Düsseldorf in Zusammenarbeit mit
Bundesverband Deutscher Holzhandel e.V., Wiesbaden, 26 S.
- FINNFOREST GmbH (1999):** Kerto-Handbuch 2000, 1. Auflage, 176 S.
- GAYK, B. (2000):** Interview vom 18. 10. 2000.

- GEHRI, E. (1993):** Entwicklungsmöglichkeiten von Holzwerkstoffen auf Furnierbasis, in Holzwerkstoffe auf Furnierbasis, Schicht- und Sperrhölzer für den statischen Einsatz, Schweizer Arbeitsgemeinschaft für Holzforschung SAH, 25. Fortbildungskurs, S.247- 248.
- GEHRMANN, H. (2000):** Interview vom 25. 7. 2000.
- GÖTZ, K.-H.; HOOR, D.; MÖHLER, K.; NATTERER, J. (1978):** Holzbauatlas, Institut für Internationale Architektur-Dokumentation GmbH, München, S. 175-190.
- GUSS, L. D. (1995):** Engineered Wood Products, the Future is bright, Forest Products Journal, Vol. 45 No. 7/8, S. 17-24.
- HASCH, J. (2000):** Interview vom 5. 10. 2000.
- HOLZLEXIKON (1993):** Nachschlagewerk für die Holz- und Forstwirtschaft, bearbeitet von R. Mombächer, Band I & II, 3. Auflage, DRW- Verlag Stuttgart, 604 S.
- JENSEN, U.; KRUG, D. (1999):** Vergleich von Holzwerkstoffen für den Bau, Holz-Zentralblatt, Stuttgart, Nummer 374, S. 30.
- KAIRI, M. (1993):** Kerto- Furnierschichtholz, in Holzwerkstoffe auf Furnierbasis, Schicht- und Sperrhölzer für den statischen Einsatz, Schweizer Arbeitsgemeinschaft für Holzforschung SAH, 25. Fortbildungskurs, S. 137- 145.
- KLAAS, D.-U. (2000):** Fertigbauindustrie behauptet Marktanteil von 15 Prozent – Positive Erwartung für 2000, <http://www.bdf-ev.de/Leistungen/PR/Presseservice/AktuellePresse/110400marktanteil/110400marktanteil.html>, Zugriff: 12.10.2000.
- KOLB, F. X; KREUPL, F. X. (1998):** Holzskelettbau, Informationsdienst Holz, Holzbau Handbuch, Reihe 1, Entwurf + Konstruktion, Teil 3, Folge 6, Arbeitsgemeinschaft Holz e.V., Düsseldorf in Zusammenarbeit mit Bundesverband Deutscher Holzhandel e.V., Wiesbaden, 26 S.

- KRAUS, S. (1993):** Parallam Anwendungsbeispiel aus Europa, Holzwerkstoffe auf Furnierbasis, Schweizer Arbeitsgemeinschaft für Holzforschung SAH, 25.Fortbildungskurs, S. 241- 246.
- KROTH, W.; KOLLERT, W.; FILIPPI, M. (1991):** Analyse und Quantifizierung der Holzverwendung im Bauwesen, Forschungsbericht T 2350/1991, IRA-Verlag Stuttgart, S.32-91.
- KRUG, D; TOBISCH, S; FAUST, E. (1999):** Massivholzplatten für konstruktive Anwendungen, Holz-Zentralblatt Nr. 94/1999, S. 1282-1283.
- KRUSE, K. (2000):** mündliche Mitteilung vom 5. 9. 2000.
- LEUTERS, B. (2000):** Interview vom 6. 7. 2000.
- LEWITZKI, W. (1991):** Wohnhäuser aus Holz, Die kostengünstige Alternative, zweite Auflage, Callwey Verlag, München, 160 S.
- MANTAU, U. (1996):** Vorlesung Struktur und Entwicklung der Forst und Holzwirtschaft, Manuskript zur Vorlesung, Hamburg.
- MEFFERT, H. (1986):** Marketing – Grundlagen der Absatzpolitik, siebte Auflage, Gabler Lehrbuch, Wiesbaden, S. 177-216.
- MERZ, K. (1993a):** Bögen sparen Knotenverbindungen, Bauen mit Holz Nr.10/93, Bruderverlag, Karlsruhe, S.807-810.
- MERZ, K. (1993b):** LSL ein neuer, vielseitiger Holzwerkstoff, Holz-Zentralblatt, Stuttgart, Nummer 55, S.880-882.
- MERZ, K.; HEGNER, S. (1993):** Parallam Furnierstreifenholz, in Holzwerkstoffe auf Furnierbasis, Schicht- und Sperrhölzer für den statischen Einsatz, Schweizer Arbeitsgemeinschaft für Holzforschung SAH, 25. Fortbildungskurs, S.145-161.
- MEYER, H.-G. (1995):** Anmerkungen zur Bauregelliste A und Liste C, Mitteilungen des Deutschen Institutes für Bautechnik Berlin 26(6), S. 166-169.

MEYER, S. (2000): Interview vom 12. 7 .2000.

MOHR, C. (2000): Herstellung von mehrlagigen Massivholzplatten,
Holz-Zentralblatt Nr. 69/2000, S. 958.

MÖNCK, W.; RUG, W. (1998): Holzbau; Bemessung und Konstruktion unter
Beachtung von Eurocode 5, mit über 100 Rechenbeispielen nach
DIN1052, Verlag für Bauwesen, Berlin, 368 S.

NATTERER, J; HERZOG. T; VOLZ, M. (1991): Holzbauatlas II, Studienausgabe,
2. Auflage 1996, Arbeitsgemeinschaft Holz, Düsseldorf, 347 S.

NIEMZ, P. (1999): Entwicklungstendenzen bei Holzwerkstoffen, Holz-Zentralblatt,
Stuttgart, Nummer 127, S.1726,1727.

ORLOWSKI, B. (2000): Telefonat vom 17. 10. 2000.

PAULITSCH, M. (1989): Neue Holzwerkstoffe, Grundlagen, Technologie,
Anwendungen, Springer- Verlag Berlin, Heidelberg, New York,
S.122- 262.

POHLMANN, C. (2000): mündliche Mitteilung vom 27. 10. 2000.

POHLMANN, R. (2000): Interview vom 21. 06. 2000.

RUSKE, W. (1999): Übersicht Holzbauelemente, Deutsche BauZeitschrift, 47. Jahrgang,
Bertelsmann Fachzeitschriften, Gütersloh,
Ausgabe 1/2000, S.78-81.

SANDER, F. (2000): Interview vom 19. 10. 2000.

SCHEER, C.; ANDRESEN, K. (1991): Holzbau-Taschenbuch, Band 3:
Bemessungsbeispiele und DIN 1052, Achte Auflage 1996, Ernst & Sohn
Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, Berlin, S. 198-224.

- SCHMITT, J.-P. (2000):** Handwerklicher Holzwohnungsbau, Höhenflug mit mehr Volumen, Mikado, Magazin für Holzbau und Ausbau, Augsburg, Ausgabe 5/99, S. 40, 41.
- SCHNEIDER, K.-J. (1996):** Bautabellen für Ingenieure mit europäischen und Nationalen Vorschriften, 12. Auflage, Werner Verlag, Düsseldorf, S. 9.2 – 9.47.
- SCHÖLER, M (1999):** New Applications and Technologies, Vortragsband zum 2nd Europaen Wood-Based Panel Symposium, Hannover, Sept. 1999, 7 S.
- SCHULZE, H. (1991):** Informationsdienst Holz, Lebensdauer von Holzhäusern, Holzhäuser, eine Entscheidung für Generationen, Aussagen zur Lebensdauer, Holzbau Handbuch. Reihe 3, Teil 1, Folge 2, Arbeitsgemeinschaft Holz e.V., Düsseldorf in Zusammenarbeit mit Bundesverband Deutscher Holzhandel e.V., Wiesbaden, 7 S.
- SOINÉ, H. (1995):** Holzwerkstoffe, Herstellung und Verarbeitung, DRW-Verlag, Stuttgart, S.123- 155.
- TEISCHINGER, A. (1993):** Der aktuelle Stand der europäischen Normung auf dem Gebiet des konstruktiven Holzbaues -EUROCODE 5, Holzforschung und Holzverwertung Nr.5/1993, Österreichischer Agrarverlag, Wien, S.80.
- THOLE, V. (1998):** Neue Holzwerkstoffe, in Bauen mit Holz und Holzwerkstoffen: Stand der Technik und Entwicklungstendenzen, Fraunhofer- Institut für Holzforschung Wilhelm- Klauditz- Institut (WKI), Bericht Nr.33.
- TOBISCH, S. (1999):** Einsatz von Holzwerkstoffen im Bauwesen-Anforderungen und Prüfung, Holz als Roh- und Werkstoff 57, Springer Verlag, Berlin, S. 29-39.
- TRUS- JOIST- MACMILLAN (1999):** Produktinformationen über die Holzwerkstoffe Parallam, Intrallam (Timberstrand P und S), Microllam, Stand 1999.

- VON HALÁSZ, R; SCHEER, C. (1989):** Holzbau-Taschenbuch, Band 2: DIN 1052 und Erläuterungen – Formeln – Tabellen – Nomogramme, 8. Auflage, Ernst Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, Berlin, 634 S.
- VON HALÁSZ, R; SCHEER, C. (1996):** Holzbau-Taschenbuch, Band 1: Grundlagen, Entwurf und Bemessung, 9. Auflage, Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, Berlin, S. 35-62.
- WALTER, K.; KIESER, J.; WITTKÉ, T. (1979):** Einfluß der Spanform auf einige Festigkeitseigenschaften orientiert gestreuter Spanplatten, Holz als Roh- und Werkstoff 35, Springer Verlag, Berlin, S. 183-188.
- WEBER, H. (2000):** Bedenkliche Entwicklung auf dem Markt für Ein- und Zweifamilienhäuser – Fertigtbau setzt dennoch auf Vorjahresergebnis, <http://www.bdf-ev.de/Leistungen/PR/Presseservice/aktuellePresse/160800JWPK/160800jwpk.html>, Zugriff: 12.10.2000.
- WEIS, H.-C. (1999):** Kompendium der praktischen Betriebswirtschaft, Marketing, 11. überarbeitete und aktualisierte Auflage, Kiehl Verlag, Ludwigshafen, S.103-157.
- WIESNER, E. (1991):** Massivholzplatten; neue Chancen für das Holz, Holz und Kunststoff, 12/91, S.1516-1519.
- WING-HING, L. (1991):** Laminated Veneer Lumber, Production and Consumption in USA, Germany and Japan, Report by the Asian Timber Technology Centre, Kuala Lumpur, Malaysia, 1991, 52 S.

Bauaufsichtliche Zulassungen

Z-9.1-100 (Juli 1997): „KERTO“-Furnierschichtholz.

Z-9.1-123 (Juli 1997): Balken mit Doppel-T-Profil mit Gurten aus Vollholz und
Eingleimten Stegen aus harten Holzfaserplatten.

Z-9.1-140 (Juli 1997): Stiele mit Doppel-T-Profil mit eingeleimtem Steg aus harten
Holzfaserplatten (HFH 20).

Z-9.1-209 (Januar 1999): Dreischichtplatten aus Nadelholz.

Z-9.1-241 (Dezember 1997): Furnierstreifenholz „Parallam PSL“.

Z-9.1-242 (Januar 1997): „K1 multiplan“ Drei- und Fünfschichtplatten aus Nadelholz.

Z-9.1-245 (Dezember 1997): Furnierschichtholz „Microllam LVL“.

Z-9.1-277 (Dezember 1997): TJI-Balken und –Stiele mit Doppel-T-Profil mit Gurten aus
Microllam LVL und Stegen aus eingeleimten OSB-Flachpressplatten.

Z-9.1-291 (April 1999): „KERTO T“-Furnierschichtholz.

Z-9.1-320 (Mai 1995): Dreischichtplatten aus Nadelholz für die Beplankung von
Holztafeln für Holzhäuser in Tafelbauart.

Z-9.1-323 (April 1999): Langspanholz TimberStrand P und TimberStrand S.

Z-9.1-382 (März 2000): Holzfaserplatten „Agepan DWD“.

Z-9.1-387 (Februar 1998): Kronospan OSB-Flachpressplatten.

Z-9.1-395 (Dezember 1997): „k KIT“-Balken und –Stiele mit Doppel-T-Profil mit Gurten aus Vollholz und eingeleimten Einfach- bzw. Doppelstegen aus Spanplatten, OSB-Flachpressplatten oder Dreischichtplatten „K1 Multiplan“.

Z-9.1-404 (Juli 1998): „Haas“ Drei- und Fünfschichtplatten aus Nadelholz.

Z-9.1-413 (Februar 1998): „Multistat“-Dreischichtplatten aus Fichtenholz als tragende und aussteifende Beplankung.

Z-9.1-414 (Oktober 1999): OSB-Flachpressplatten „Kronoply“.

Z-9.1-424 (November 1999): Agepan OSB/3.

Z-9.1-442 (Mai 1999): Holzfaserplatten KRONOTEC WP 50 und DP 50.

Z-9.1-443 (Februar 1999): Holzfaserplatte „Hornitex Masterwood D+W“.

Z-9.1-454 (November 1999): Holzfaserplatte „FORMline DHF“.

Normen

DIN 1052 Teil 1 (Juni 1995): Holzbauwerke; Berechnung und Ausführung.

DIN 1052 Teil 2 (Juni 1995): Holzbauwerke; Mechanische Verbindungen.

DIN 1052 Teil 3 (Juni 1995): Holzbauwerke; Holzhäuser in Tafelbauart,
Berechnung und Ausführung.

DIN 1055 Teil 1 (Juli 1978): Lastannahmen für Bauten; Lagerstoffe, Baustoffe und
Bauteile, eigenlasten und Reibungswinkel.

DIN 1055 Teil 3 (Juni 1971): Lastannahmen für Bauten; Verkehrslasten.

DIN 1074 (Mai 1991): Holzbrücken; Berechnung und Ausführung.

DIN 4074 Teil 1 (September 1989): Sortierung von Nadelholz nach der Tragfähigkeit;
Nadelschnittholz.

DIN 68 705 Teil 3 (Oktober 1980): Sperrholz; Baufurniersperrholz.

DIN 68 763 (September 1990): Spanplatten; Flachpressplatten für das Bauwesen;
Begriffe, Anforderungen, Prüfung, Überwachung.

DIN 68 800 Teil 2 (Januar 1984): Holzschutz im Hochbau.

EN 300 (Juni 1997): Platten aus langen, schlanken, ausgerichteten Spänen (OSB),
Definition, Klassifizierung und Anforderungen, Deutsche Fassung.

EN V (1999): Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken.

EN 312 Teil 1-7 (August 1996): Spanplatten; Anforderungen.

EN 622 Teil 1-5 (Juni 1997): Faserplatten; Anforderungen.

EN 636 Teil 1-3 (Februar 1997): Sperrholz, Anforderungen.

prEn 12775: Massivholzplatten