

# Bemessung von Mehrschichtplatten

H.J. Blaß, P. Fellmoser

## 1 Einleitung

Mehrschichtplatten bestehen aus zwei parallel in Faserrichtung angeordneten Decklagen und mindestens einer zur Faserrichtung der Decklagen um  $90^\circ$  versetzten Innenlage (Mittellage). Die Deck- und Mittellagen sind aus Schnittholz – Bretter oder Latten – aufgebaut. Der Aufbau von Mehrschichtplatten ist symmetrisch zur Mittellage (**Bild 1**). Die Nenndicke sowie auch das Tragverhalten wird durch den Plattenaufbau bestimmt. Die primäre Tragrichtung entspricht i.a. der Orientierung der Decklagen. Mehrschichtplatten werden als mittragende und aussteifende Beplankungen eingesetzt sowie für alle Ausführungen, bei denen der Einsatz von Baufurniersperrholz (BFU) nach DIN 1052 erlaubt ist.



**Bild 1:** Aufbau von Dreischichtplatten

Mehrschichtplatten werden derzeit nach allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen bemessen, in denen Steifigkeitskennwerte und zulässige Spannungen für die verschiedenen Plattenaufbauten angegeben sind. Dabei wird ein homogener Baustoff unterstellt. Die Rechenwerte wurden direkt aus Versuchen abgeleitet.

Durch die zunehmende Anzahl unterschiedlicher Plattentypen ist ein Rechenverfahren für Mehrschichtplatten oder eine Klasseneinteilung von Mehrschichtplatten für die Praxis wünschenswert. Im Folgenden werden verschiedene Berechnungsverfahren sowie ein Vorschlag für eine Klasseneinteilung von Mehrschichtplatten vorgestellt.

## 2 Berechnungsmöglichkeiten von Mehrschichtplatten

*Blaß* und *Görlacher* stellen in [1] Berechnungsgrundlagen für Brettsper Holz vor. Aufbauend auf dieser Veröffentlichung werden hier verschiedene Rechenverfahren zur Bestimmung von Steifigkeits- und Festigkeitskennwerten von Mehrschichtplatten erläutert und mit Werten aus Zulassungen verglichen.

Bei der Berechnung von Mehrschichtplatten wird zwischen der Beanspruchung rechtwinklig zur Plattenebene (Beanspruchung als Platte) und in Plattenebene (Beanspruchung als Scheibe) unterschieden. Zusätzlich sind die Steifigkeits- und Festigkeitseigenschaften der Platte abhängig von der Beanspruchungsrichtung (Beanspruchung in Faserrichtung der Decklagen bzw. rechtwinklig dazu).

Mit Hilfe der **Verbundtheorie** kann das Trag- und Verformungsverhalten von Mehrschichtplatten bestimmt werden. Das Rechenverfahren beruht auf den Festigkeits- und Steifigkeitseigenschaften der einzelnen Brettlagen. Dieses Verfahren vernachlässigt jedoch Schubverformungen und kann somit nur bei vergleichsweise großen Verhältnissen von Stützweite zu Plattendicke angewendet werden.

Die Schubverformungen bei Beanspruchung rechtwinklig zur Plattenebene werden maßgeblich durch den Rollschub bestimmt, der in den quer zur Faserrichtung beanspruchten inneren Lagen auftritt. Rollschub wird als Schubspannung definiert, die in Ebenen rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes zu Gleitungen führt. Da bei dieser Beanspruchung das Holz nur eine sehr geringe Schubsteifigkeit besitzt, treten entsprechend große Schubverformungen auf, die bei kleinen Verhältnissen von Stützweite zu Plattendicke nicht mehr vernachlässigt werden dürfen.

Zur Berücksichtigung der Schubverformungen kann das Trag- und Verformungsverhalten von Mehrschichtplatten mittels der **Theorie der nachgiebig verbundenen Biegeträger** berechnet werden. In [1] wird die Anwendung ausführlich beschrieben. Bei der Berechnung der wirksamen Biegesteifigkeit und der resultierenden Spannungen werden die Normalspannungen in den Querlagen in der Regel vernachlässigt. Anstelle der Nachgiebigkeit in den Fugen wird die Schubverformung der Querlagen über die Abminderungsbeiwerte  $\gamma_i$  berücksichtigt. Dieses Rechenverfahren nach DIN 1052 besitzt jedoch nur für Einfeldträger mit sinusförmiger Gleichstreckenlast eine exakte Lösung. Wegen der Berücksichtigung der Schubverformung der Querlagen ist dieses Rechenverfahren aber auch bei kleineren Verhältnissen von Stützweite zu Plattendicke anwendbar.

Ein genaueres Berechnungsverfahren für Mehrschichtplatten ist das **Schubanalogieverfahren** nach *Kreuzinger* [2], [3]. Bei diesem Verfahren können sowohl verschiedene Elastizitäts- als auch Schubmoduln der einzelnen Brettlagen für nahezu

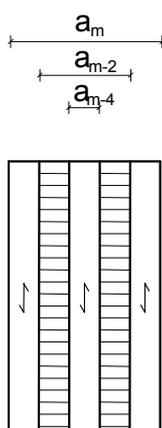
beliebige statische Systeme berücksichtigt werden. Auch die Anzahl der Lagen innerhalb eines Querschnitts ist bei diesem Näherungsverfahren nicht beschränkt.

### 3 Berechnung nach der Verbundtheorie mit Aufbaufaktoren

Bei der Verbundtheorie werden die Tragfähigkeit und die Steifigkeit parallel und rechtwinklig zur Faserrichtung der Decklagen für unterschiedlich zusammengesetzte Querschnitte mit Hilfe von Aufbaufaktoren berücksichtigt. Hierbei wird eine lineare Spannungs-Dehnungsbeziehung sowie eine geradlinige Dehnungsverteilung über die Querschnittshöhe zugrunde gelegt. Schubverformungen werden somit vernachlässigt. Der Aufbaufaktor stellt das Verhältnis der Steifigkeit bzw. Festigkeit des betrachteten Querschnittsaufbaus zur Steifigkeit bzw. Festigkeit desselben Querschnitts dar, bei dem die Faserrichtung sämtlicher Lagen parallel zur Beanspruchungsrichtung verläuft.

Mit diesen wirksamen Steifigkeits- und Festigkeitskennwerten kann die Spannungs- und Verformungsberechnung von Mehrschichtplatten mit unterschiedlichen Querschnittsaufbauten wie für homogene Querschnitte durchgeführt werden.

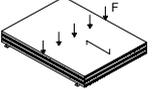
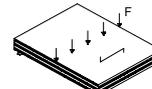
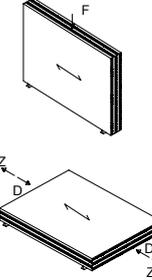
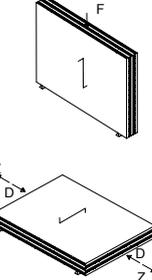
Dieses Verfahren ist seit langem in DIN 68705-5 zur Berechnung von Baufurniersperrholz aus Buche angegeben. Allerdings werden dort die rechtwinklig zur Faserrichtung beanspruchten Lagen (Querlagen) vernachlässigt, d.h. der Elastizitätsmodul rechtwinklig zur Faserrichtung  $E_{90}$  wird zu Null angenommen. Da diese Annahme bei Mehrschichtplatten für einige Plattenaufbauten zu unrealistischen Ergebnissen führt, wird hier die Dehnsteifigkeit der Querlagen berücksichtigt. In **Bild 2** sind der Aufbau und die Bezeichnungen einer fünfschichtigen Massivholzplatte dargestellt.



**Bild 2:** Aufbau und Bezeichnungen einer fünfschichtigen Massivholzplatte ( $m=5$ )

Die Aufbaufaktoren für die verschiedenen Beanspruchungen sind in **Tabelle 1** für eine Beanspruchung parallel und rechtwinklig zur Faserrichtung der Decklagen angegeben.

**Tabelle 1:** Aufbaufaktoren  $k_i$  für Mehrschichtplatten

	$k_i$
	$k_1 = 1 - \left(1 - \frac{E_{90}}{E_0}\right) \cdot \frac{a_{m-2}^3 - a_{m-4}^3 + \dots \pm a_1^3}{a_m^3}$
	$k_2 = \frac{E_{90}}{E_0} + \left(1 - \frac{E_{90}}{E_0}\right) \cdot \frac{a_{m-2}^3 - a_{m-4}^3 + \dots \pm a_1^3}{a_m^3}$
	$k_3 = 1 - \left(1 - \frac{E_{90}}{E_0}\right) \cdot \frac{a_{m-2} - a_{m-4} + \dots \pm a_1}{a_m}$
	$k_4 = \frac{E_{90}}{E_0} + \left(1 - \frac{E_{90}}{E_0}\right) \cdot \frac{a_{m-2} - a_{m-4} + \dots \pm a_1}{a_m}$

Das Verhältnis des Elastizitätsmoduls in Faserrichtung ( $E_0$ ) zum Elastizitätsmodul rechtwinklig zur Faserrichtung ( $E_{90}$ ) wird mit  $E_0 / E_{90} = 30$  angenommen. Durch die Berücksichtigung der Steifigkeitsanteile der Querlagen wird die Wirklichkeitsnähe bei bestimmten Beanspruchungsarten (z.B. Biegung rechtwinklig zur Plattenebene und rechtwinklig zur Faserrichtung der Decklagen) wesentlich verbessert. Die wirksamen Festigkeits- und Steifigkeitskennwerte von Mehrschichtplatten werden mit Hilfe der Aufbaufaktoren nach **Tabelle 1** und den Festigkeitseigenschaften und dem Elastizitätsmodul der parallel zur Faserrichtung beanspruchten Brettlagen berechnet. In **Tabelle 2** sind die wirksamen Steifigkeits- und Festigkeitskennwerte in Abhängigkeit der Beanspruchungsart angegeben.

**Tabelle 2:** Wirksame Festigkeits- und Steifigkeitskennwerte von Mehrschichtplatten nach der Verbundtheorie mit Aufbaufaktoren

Art der Beanspruchung	zur Faserrichtung der Decklagen	wirksamer Festigkeitskennwert	wirksamer Steifigkeitskennwert
<b>Plattenbeanspruchung</b>			
Biegung rechtwinklig zur Plattenebene	parallel	$f_{m,0,ef} = f_{m,0} \cdot k_1$	$E_{m,0,ef} = E_0 \cdot k_1$
	rechtwinklig	$f_{m,90,ef} = f_{m,0} \cdot k_2 \cdot a_m / a_{m-2}$	$E_{m,90,ef} = E_0 \cdot k_2$
<b>Scheibenbeanspruchung</b>			
Biegung in Plattenebene	parallel	$f_{m,0,ef} = f_{m,0} \cdot k_3$	$E_{m,0,ef} = E_0 \cdot k_3$
	rechtwinklig	$f_{m,90,ef} = f_{m,0} \cdot k_4$	$E_{m,90,ef} = E_0 \cdot k_4$
Zug in Plattenebene	parallel	$f_{t,0,ef} = f_{t,0} \cdot k_3$	$E_{t,0,ef} = E_0 \cdot k_3$
	rechtwinklig	$f_{t,90,ef} = f_{t,0} \cdot k_4$	$E_{t,90,ef} = E_0 \cdot k_4$
Druck in Plattenebene	parallel	$f_{c,0,ef} = f_{c,0} \cdot k_3$	$E_{c,0,ef} = E_0 \cdot k_3$
	rechtwinklig	$f_{c,90,ef} = f_{c,0} \cdot k_4$	$E_{c,90,ef} = E_0 \cdot k_4$

Für die zur Berechnung der wirksamen Steifigkeits- und Festigkeitskennwerte von Mehrschichtplatten benötigten Festigkeitseigenschaften und Elastizitätsmoduln der parallel zur Faserrichtung beanspruchten Brettlagen werden die Kennwerte für Vollholz der Sortierklasse S10 eingesetzt. Diese konservative Abschätzung vernachlässigt jedoch den Vergütungseffekt des Produkts Mehrschichtplatte durch das Verkleben der einzelnen Brettlamellen.

Mit Hilfe der Aufbaufaktoren nach **Tabelle 1** können somit nach **Tabelle 2** die wirksamen Festigkeits- und Steifigkeitskennwerte von Mehrschichtplatten in Abhängigkeit vom Plattenaufbau und von der Beanspruchungsart (Biegung, Zug und Druck) einfach ermittelt werden.

Aus dem Elastizitätsmodul lassen sich unmittelbar die wirksamen Biegesteifigkeiten und die wirksamen Dehnsteifigkeiten ermitteln:

- Biegung rechtwinklig zur Plattenebene und parallel (rechtwinklig) zur Faserrichtung der Decklagen:

$$(EI)_{ef} = E_0 \cdot \frac{b \cdot a_m^3}{12} \cdot k_{1(2)} \quad (1)$$

- Biegung, Zug und Druck in Plattenebene und parallel (rechtwinklig) zur Faserrichtung der Decklagen:

$$(EI)_{ef} = E_0 \cdot \frac{h^3 \cdot a_m}{12} \cdot k_{3(4)} \quad (2)$$

$$(EA)_{ef} = E_0 \cdot h \cdot a_m \cdot k_{3(4)} \quad (3)$$

mit

b Breite der Platte bei Beanspruchung rechtwinklig zur Plattenebene

h Höhe der Platte bei Beanspruchung in Plattenebene

Die maßgebenden Spannungen in den faserparallel beanspruchten Lagen lassen sich mit Hilfe der wirksamen Steifigkeitskennwerte nach folgenden Gleichungen ermitteln:

- Biegerandspannung bei Biegung rechtwinklig zur Plattenebene und parallel zur Faserrichtung der Decklagen:

$$\sigma_m = \frac{M}{(EI)_{ef}} \cdot E_0 \cdot \frac{a_m}{2} \quad (4)$$

- Biegerandspannung bei Biegung rechtwinklig zur Plattenebene und rechtwinklig zur Faserrichtung der Decklagen:

$$\sigma_m = \frac{M}{(EI)_{ef}} \cdot E_0 \cdot \frac{a_{m-2}}{2} \quad (5)$$

- Biegerandspannung bei Biegung in Plattenebene und parallel bzw. rechtwinklig zur Faserrichtung der Decklagen:

$$\sigma_m = \frac{M}{(EI)_{ef}} \cdot E_0 \cdot \frac{h}{2} \quad (6)$$

- Zug- bzw. Druckspannung bei Zug bzw. Druck in Plattenebene und parallel bzw. rechtwinklig zur Faserrichtung der Decklagen:

$$\sigma_{t(c)} = \frac{N}{(EA)_{ef}} \cdot E_0 \quad (7)$$

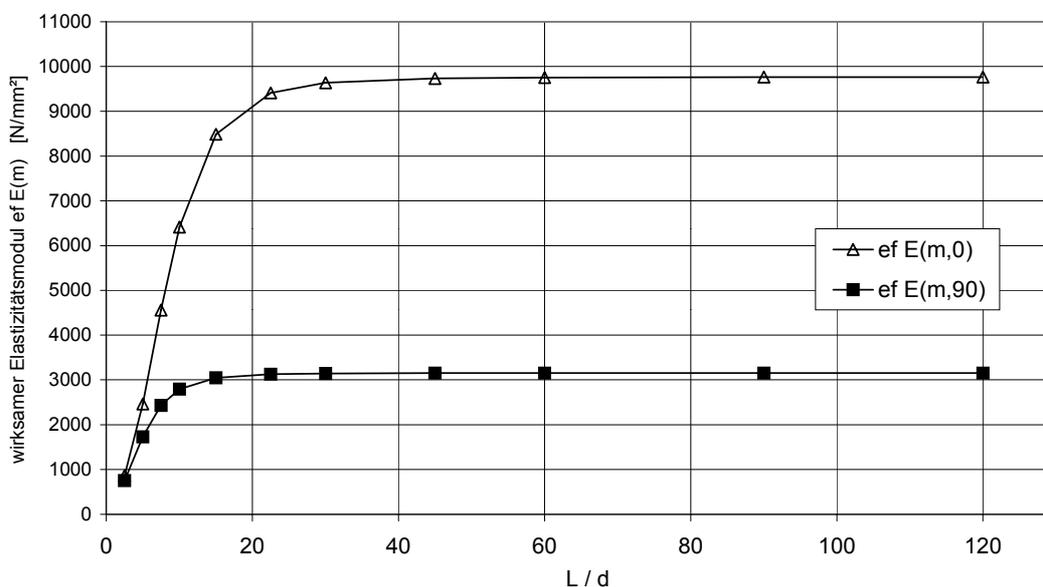
Dabei sind die für den jeweiligen Beanspruchungsfall maßgebenden wirksamen Biege- und Dehnsteifigkeiten nach den Gleichungen (1) bis (3) einzusetzen.

Bei Beanspruchung rechtwinklig zur Plattenebene und rechtwinklig zur Faserrichtung der Decklagen tritt die maßgebende Biegerandspannung in den faserparallel beanspruchten Lagen (m-2) auf. Spannungen in den Decklagen (m), die bei dieser Beanspruchung rechtwinklig zur Faserrichtung auftreten, führen nicht zum Versagen des Bauteils und sind daher nicht maßgebend.

Ein Nachweis der Schwerpunktspannungen (Zugspannungen) in den Decklagen beim Biegespannungsnachweis ist bei Mehrschichtplatten im Gegensatz zu nachgie-

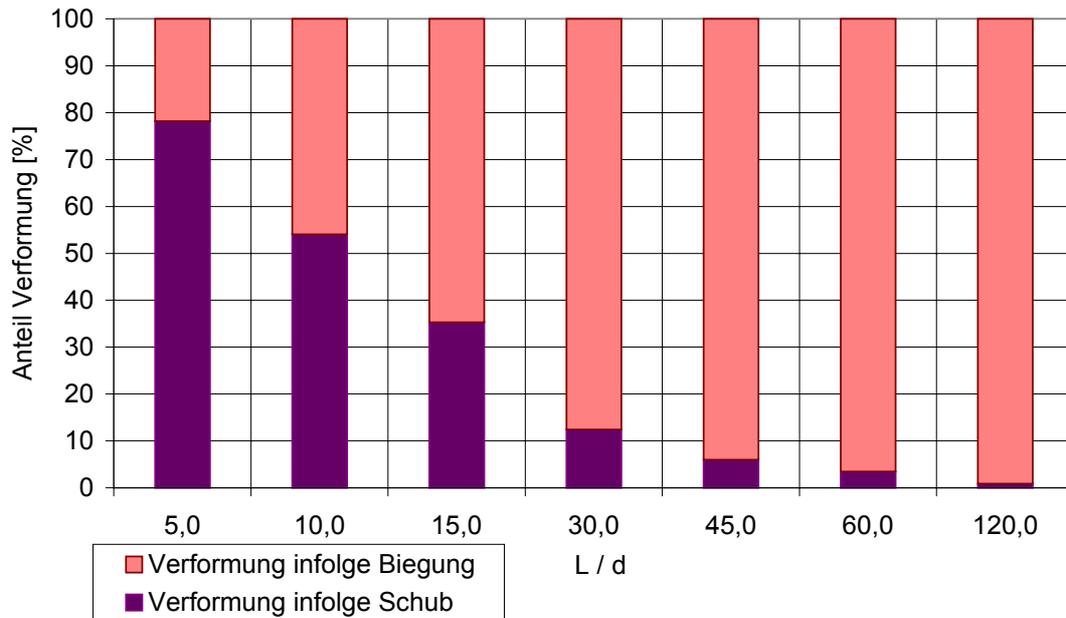
big verbundenen Biegeträgern aus zusammengesetzten Einzelquerschnitten nicht erforderlich. Bei den Mehrschichtplatten liegt wie bei Brettschichtholz ein quasi homogenisierter, vergüteter Querschnitt vor, so dass Schwachstellen in einzelnen Brettern oder Latten ausgeglichen werden können.

Wegen der Vernachlässigung des Schubeinflusses bei der Verbundtheorie ist dieses Rechenverfahren nur bei ausreichend großen Verhältnissen von Stützweite  $L$  zu Plattendicke  $d$  anwendbar (bei  $L/d \geq 30$  für Belastung rechtwinklig zur Plattenebene und parallel zur Faserrichtung der Decklagen bzw. bei  $L/d \geq 20$  für Belastung rechtwinklig zur Plattenebene und rechtwinklig zur Faserrichtung der Decklagen). Der Schubeinfluss wird in **Bild 3** beispielhaft für eine Fünfschichtplatte bei Beanspruchung rechtwinklig zur Plattenebene sowie parallel und rechtwinklig zur Faserrichtung der Decklagen dargestellt.



**Bild 3:** Wirksamer Elastizitätsmodul bei Biegung rechtwinklig zur Plattenebene sowie parallel und rechtwinklig zur Faserrichtung der Decklagen (Fünfschichtplatte  $d=35\text{mm}$ )

Der Anteil der Schubverformungen steigt bei abnehmendem Verhältnis von Stützweite zu Plattendicke. In **Bild 4** sind die Verformungsanteile einer Dreischichtplatte beispielhaft für die Beanspruchung Biegung rechtwinklig zur Plattenebene und parallel zur Faserrichtung der Decklage dargestellt. Aufgrund des relativ geringen Rollschubmoduls in den Querlagen treten entsprechend große Schubverformungen auf, die bei kleinen Verhältnissen von Stützweite zu Plattendicke zu berücksichtigen sind.

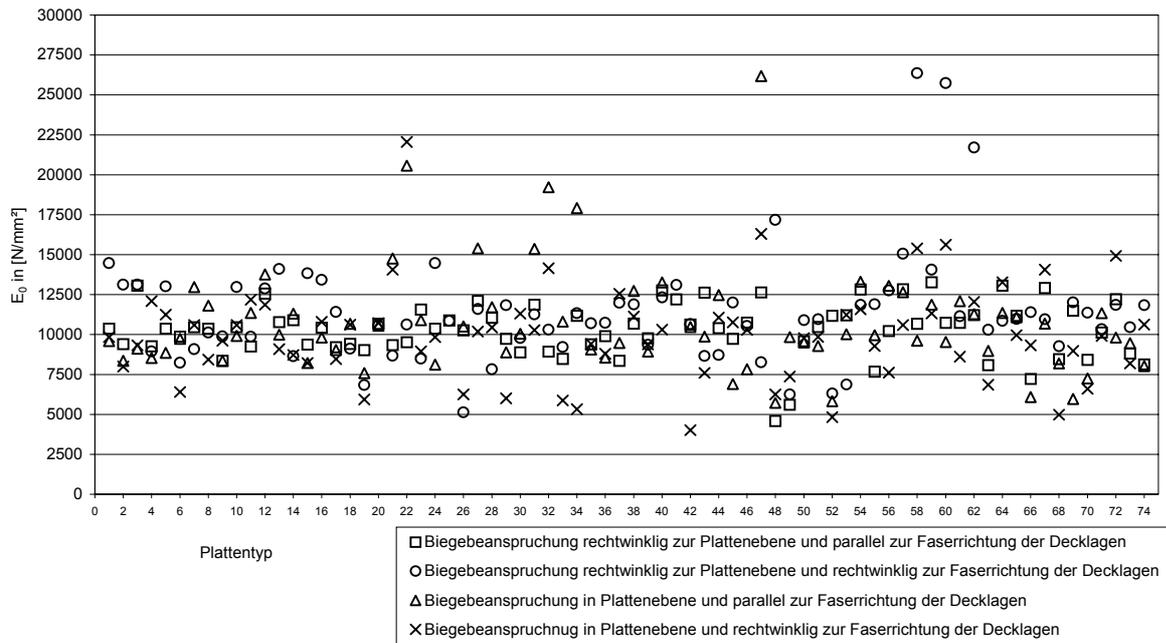


**Bild 4:** Biege- bzw. Schubverformungsanteile einer Dreischichtplatte ( $d=21\text{mm}$ ) bei Biegung rechtwinklig zur Plattenebene und parallel zur Faserrichtung der Decklagen

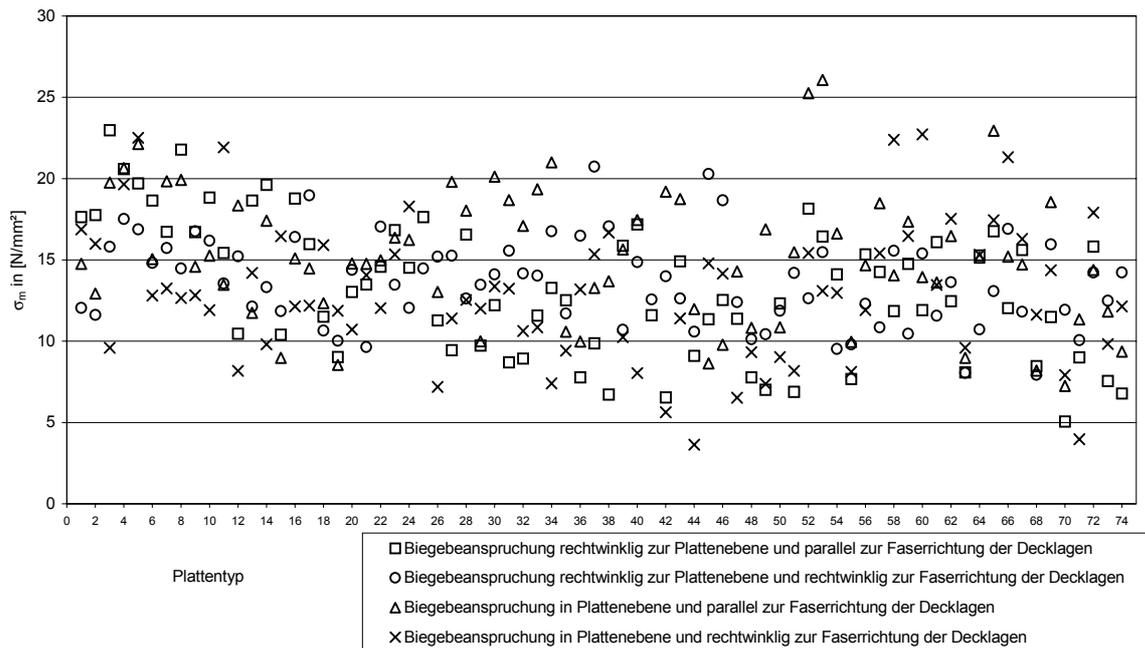
#### 4 Anwendung der Verbundtheorie auf Platten nach Zulassung

Mehrschichtplatten werden bisher über allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen nachgewiesen, in denen für den jeweiligen Plattentyp wirksame Steifigkeitskennwerte und zulässige Spannungen angegeben sind. Diese Werte wurden direkt aus Versuchen abgeleitet. Mittels der Verbundtheorie wurden aus den Werten in den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen die Elastizitätsmoduln  $E_0$  und die zulässigen Biegespannungen der einzelnen Lagen rückgerechnet. Dazu wurden die Aufbaufaktoren nach **Tabelle 1** verwendet. Da in den Zulassungsversuchen Verhältnisse von Stützweite zu Plattendicke von über 30 angewendet wurden, wurde der Schubeinfluss vernachlässigt.

Das Ergebnis einer Auswertung der bestehenden bauaufsichtlichen Zulassungen von Mehrschichtplatten ist in **Bild 5** und **Bild 6** dargestellt. Die so berechneten Werte der Elastizitätsmoduln und der zulässigen Biegespannungen der einzelnen Lagen weichen bei einigen Plattentypen erheblich vom Mittelwert bzw. dem zu erwartenden Wert (z.B. Elastizitätsmodul in Faserrichtung  $E_0 \approx 11.000 \text{ N/mm}^2$ ) ab. Die Plattentypen in **Bild 5** und **Bild 6** sind getrennt nach Drei- und Fünfschichtplatten sowie mit zunehmender Plattendicke dargestellt. In **Tabelle 3** ist der jeweilige Plattenaufbau beschrieben.



**Bild 5:** Aus Zulassungen rückgerechnete Werte des Elastizitätsmoduls  $E_0$  bei Biegebeanspruchung



**Bild 6:** Aus Zulassungen rückgerechnete maßgebende Biegerandspannung zu  $\sigma_m$

**Tabelle 3:** Aufbau der untersuchten Mehrschichtplatten aus Bild 5 und Bild 6

Plattentyp	Anzahl der Lagen	Plattendicke [mm]	Lagendicken [mm]			Plattentyp	Anzahl der Lagen	Plattendicke [mm]	Lagendicken [mm]		
			a <sub>1</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>5</sub>				a <sub>1</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>5</sub>
1	3	12	4,0	12,0		38	3	42	29,8	42,0	
2		13	4,6	13,0		39		42	24,0	42,0	
3		13	4,6	13,0		40		42	31,0	42,0	
4		13	4,0	13,0		41		42	24,0	42,0	
5		15	5,0	15,0		42		42	31,0	42,0	
6		16	7,2	16,0		43		49	25,0	49,0	
7		16	5,7	16,0		44		50	31,0	50,0	
8		16	5,5	16,5		45		52	38,2	52,0	
9		17	6,0	17,0		46		60	46,2	60,0	
10		17	6,2	17,4		47		60	36,0	60,0	
11		19	5,8	19,0		48		60	41,5	58,5	
12		19	6,8	19,0		49		60	40,0	60,0	
13		20	6,6	20,0		50		75	49,0	75,0	
14		20	8,8	20,0		51		80	56,0	80,0	
15		21	7,2	21,0		52		25	4,5	18,1	27,1
16		25	8,8	25,2		53		27	5,0	19,0	27,0
17		26	15,0	26,0		54		33	6,8	20,4	33,0
18		27	9,6	27,0		55		35	7,2	21,6	35,0
19		27	13,2	27,0		56		35	7,6	21,6	35,0
20		27	14,7	27,0		57		35	6,2	23,8	35,0
21		27	9,0	27,0		58	35	8,2	20,6	37,0	
22		27	13,0	27,0		59	38	8,8	26,4	37,6	
23		27	10,0	27,0		60	38	8,8	21,2	37,6	
24		27	9,0	27,0		61	40	12,6	26,6	40,0	
25		27	9,0	27,0		62	40	6,2	23,8	40,2	
26		27	8,0	27,0		63	42	13,8	28,2	42,0	
27		28	15,8	28,0		64	42	15,8	29,4	42,0	
28		30	14,0	30,4		65	42	9,0	25,0	42,0	
29		32	18,2	32,0		66	42	9,5	25,1	44,1	
30		32	15,0	32,0		67	47	20,8	34,4	47,0	
31		33	20,8	33,0		68	52	23,8	38,2	52,0	
32		40	22,0	40,0		69	54	22,0	35,6	53,6	
33		40	26,5	39,5		70	55	41,2	55,0		
34		40	26,6	40,0		71	55	26,8	55,0		
35		40	14,0	40,0		72	56	29,8	43,4	56,0	
36		42	28,2	42,0		73	70	41,8	70,0		
37		42	29,7	42,0		74	80	51,8	80,0		

Da sich die Anforderungen an das Holz der Lagen von Mehrschichtplatten verschiedener Hersteller nicht unterscheiden, ist ein einheitlicher Wert des Elastizitätsmoduls  $E_0$  und der zulässigen Biegespannung zu erwarten. Die festgestellten großen Unterschiede sind überwiegend auf die unterschiedliche Qualität der zufällig entnommenen Prüfkörper zurückzuführen. Teilweise wurden offensichtlich auch die Kennwerte rechtwinklig und parallel zur Faserrichtung der Decklagen vertauscht. Dies ist beispielsweise beim Plattentyp Nr. 34 für den Elastizitätsmodul bei Biegung in Plattenebene der Fall. Dies gilt sinngemäß auch für die zulässige Biegerandspannung der Brettlagen.

## 5 Klasseneinteilung von Mehrschichtplatten

Neben den oben beschriebenen Berechnungsverfahren für Mehrschichtplatten wird in diesem Kapitel ein Vorschlag zur Bemessung von Mehrschichtplatten mit Tabel-

lenwerten erläutert. Für die in **Tabelle 3** angegebenen Mehrschichtplatten wurden die Festigkeits- und Steifigkeitskennwerte nach der Verbundtheorie berechnet. Hierzu wurden die Festigkeits- und Steifigkeitskennwerte von BS 28 h in die Berechnung eingesetzt, wie sie im Tagungsband 2002 „Ingenieurholzbau – Karlsruher Tage“ der Universität Karlsruhe angegeben sind [4]. Für die Klasseneinteilung der Mehrschichtplatten wurde zwischen Platten- und Scheibenbeanspruchung unterschieden. Die Festigkeits- und Steifigkeitskennwerte wurden für beide Beanspruchungsarten getrennt nach dem wirksamen Elastizitätsmodul  $E_{m,0,ef}$  sortiert. Für die Plattenbeanspruchung wurden die Klassen 1 bis 6 eingeführt, für die Scheibenbeanspruchung die Klassen A bis F. **Tabelle 4** enthält die Zusammenfassung der Rechenwerte von Mehrschichtplatten als Klasseneinteilung.

**Tabelle 4:** Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für Mehrschichtplatten

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1 Beanspruchung	Plattenbeanspruchung						Scheibenbeanspruchung						
2 Klasse	1	2	3	4	5	6	A	B	C	D	E	F	
<b>parallel zur Faserrichtung der Decklagen [N/mm<sup>2</sup>]</b>													
3 Biegung $f_{m,k}$	16	19	21	24	26,5	29	7	10,5	13,5	16,5	19	21,5	
4 Zug $f_{t,k}$	-	-	-	-	-	-	4,5	6,5	8,5	10,5	12	13,5	
5 Druck $f_{c,k}$	-	-	-	-	-	-	6	9	11,5	14,5	16,5	18,5	
6 Schub $f_{v,k}$	1,5						3,8						
7 Elastizitätsmodul $E_{mean}^{1)}$	6900	7800	8700	9800	10800	11800	3100	4200	5400	6800	7800	8700	
8 Schubmodul $G_{mean}^{1)}$	90						780						
<b>rechtwinklig zur Faserrichtung der Decklagen [N/mm<sup>2</sup>]</b>													
9 Biegung $f_{m,k}$	17	15	13	10	7	5	21,5	18,5	15	12,5	10,5	8	
10 Zug $f_{t,k}$	-	-	-	-	-	-	13,5	11,5	9,5	8	6,5	4,5	
11 Druck $f_{c,k}$	-	-	-	-	-	-	18,5	16	13	11	9	6,5	
12 Schub $f_{v,k}$	1,5						3,8						
13 Elastizitätsmodul $E_{mean}^{1)}$	5100	4300	3200	2100	1100	650	8700	7500	6200	5200	4200	3200	
14 Schubmodul $G_{mean}^{1)}$	90						780						
<b>Rohdichte [kg/m<sup>3</sup>]</b>													
15 Rohdichte $\rho_k$	410												

<sup>1)</sup> Für die charakteristischen Steifigkeitskennwerte  $E_{0,05}$  und  $G_{05}$  gelten die Rechenwerte:

$$E_{0,05} = 5/6 * E_{mean}$$

$$G_{05} = 5/6 * G_{mean}$$

**Tabelle 5** enthält eine Übersicht der Klasseneinteilung der untersuchten Mehrschichtplatten aus **Tabelle 3**. Auffallend ist hierbei, dass rund 25 % der untersuchten Mehrschichtplatten den Anforderungen der Klasse 6E entsprechen.

**Tabelle 5:** Klasseneinteilung der untersuchten Mehrschichtplatten

		Plattenbeanspruchung					
		1	2	3	4	5	6
Scheibenbeanspruchung	A	5	4				
	B			7	2		
	C		1	1	7	4	
	D		1	1	4	4	
	E			3	4		18
	F			4	1		3

## 6 Zusammenfassung

Mehrschichtplatten bestehen aus mehreren, kreuzweise miteinander verklebten Brettlagen aus Nadelholz. Mehrschichtplatten werden derzeit über allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen berechnet. In diesen Zulassungen sind typengebundene wirksame Steifigkeitskennwerte und zulässige Spannungen angegeben, welche direkt aus Versuchen abgeleitet wurden.

Ein geeignetes Rechenverfahren für Mehrschichtplatten mit beliebigem Plattenaufbau stellt die Verbundtheorie dar. Dabei werden sowohl die Steifigkeitsanteile der parallel zur Faserrichtung als auch diejenigen der rechtwinklig zur Faserrichtung beanspruchten Lagen der Mehrschichtplatte berücksichtigt. Damit wird bei allen Beanspruchungsarten das tatsächliche Trag- und Verformungsverhalten gut erfasst. Mit Hilfe des mittleren Elastizitätsmoduls der Bretter  $E_0$ , der Festigkeitswerte  $f_m$ ,  $f_t$  und  $f_c$  sowie von Aufbaufaktoren können wirksame Steifigkeits- und Festigkeitskennwerte von Mehrschichtplatten in Abhängigkeit der Beanspruchungsrichtung bestimmt werden.

Bei der Anwendung der Verbundtheorie wird der Einfluss der Schubverformungen vernachlässigt. Diese Annahme ist für große Verhältnisse von Stützweite zu Plattendicke gerechtfertigt. Bei kleinen Verhältnissen von Stützweite zu Plattendicke nehmen die Schubverformungen jedoch zu und sind zu berücksichtigen. Einen großen Einfluss haben hier die in den Querlagen auftretenden Rollschubverformungen.

Zur Berücksichtigung dieser Schubverformungen kann das Rechenverfahren für nachgiebig verbundene Biegeträger nach DIN 1052 angewendet werden. Ein allgemein gültiges Rechenverfahren für Mehrschichtplatten ist das Schubanalogieverfahren.

ren, das die unterschiedlichen Steifigkeiten der einzelnen Lagen für beliebige Plattenbauten und statische Systeme wirklichkeitsnah berücksichtigt.

Mit Hilfe der Verbundtheorie wurden die in den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen von Mehrschichtplatten angegebenen wirksamen Steifigkeitskennwerte und zulässigen Spannungen überprüft. Dabei wurden teilweise große Abweichungen von den erwarteten Werten festgestellt, so dass eine Überarbeitung einiger Zulassungen nötig erscheint.

Abschließend wurde ein Vorschlag zur Bemessung von Mehrschichtplatten mit Hilfe von Tabellenwerten vorgestellt. Dazu wurden die Steifigkeits- und Festigkeitskennwerte der untersuchten Mehrschichtplatten getrennt nach Platten- und Scheibenbeanspruchung in Klassen eingeteilt.

## 7 Literatur

[1] Blaß, H.J.; Görlacher, R. (2002). Brettspertholz – Berechnungsgrundlagen. Holzbau Kalender 2003, S. 580 – 598, Bruderverlag

[2] Kreuzinger, H. (1999). Platten, Scheiben und Schalen – ein Berechnungsmodell für gängige Statikprogramme. Bauen mit Holz 101, H. 1 S. 34

[3] Kreuzinger, H. (2000). Verbundkonstruktionen aus nachgiebig miteinander verbundenen Querschnittsteilen. Tagungsband 2000 Ingenieurholzbau – Karlsruher Tage, Bruderverlag, Karlsruhe

[4] Universität Karlsruhe. Tagungsband 2002 Ingenieurholzbau – Karlsruher Tage, Bruderverlag, Karlsruhe

## Normen und Zulassungen

DIN 68 705-5. Sperrholz. Baufurniersperrholz aus Buche: 1980-10

DIN EN 12 775. Massivholzplatten. Klassifizierung und Terminologie: 2001-4

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen. Hrsg.: Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin

Z-9.1-209: Dreischichtplatten aus Nadelholz

Z-9.1-242: „K1-Multiplan“ Drei- und Fünfschichtplatten aus Nadelholz

Z-9.1-258: Drei- und Fünfschichtplatten aus Nadelholz

Z-9.1-320: Dreischichtplatten aus Nadelholz

- Z-9.1-376: Dreischichtplatten HPA 3-S und Fünfschichtplatten HPA 5-S aus Nadelholz
- Z-9.1-394: „WIEHAG-profiplan“ Drei- und Fünfschichtplatten aus Nadelholz für die Beplankung von Holztafeln für Holzhäuser in Tafelbauart
- Z-9.1-401: Dreischichtige Massivholzplatten „MHP-GL-3S standard“, „MHP-UGL-3S normal“ und „MHP-UGL-3S geschlitzt“
- Z-9.1-404: „Haas“ Drei- und Fünfschichtplatten aus Nadelholz
- Z-9.1-413: Dreischichtplatten „Multistat“ aus Nadelholz
- Z-9.1-465: NORDPAN Drei- und Fünfschichtplatten
- Z-9.1-477: GMACH-Dreischichtplatten aus Nadelholz