



Report

Festigkeits- und Feuchteverformungsänderungen von Holzwerkstoffen entlang der Sorptionsisotherme

Author(s):

Popper, Rudolf; Niemz, Peter; Eberle, G.

Publication Date:

2003

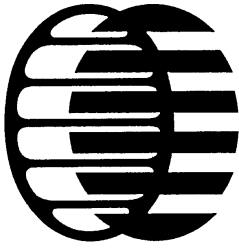
Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004894960> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).



Professur Holzwissenschaften
Eidgenössische Technische Hochschule
ETH Zentrum
CH-8092 Zürich

Int. Bericht ETHZ/HW-HP-LZfP Nr.12

Festigkeits- und Feuchteverformungsänderungen von Holzwerkstoffen entlang der Sorptionsisotherme

R. POPPER, P. NIEMZ, G. EBERLE,:

Zürich, den 22.05.2003

1 Einleitung

Für die Wahl eines geeigneten Holzwerkstoffes ist, je nach Einsatzgebiet, ist nicht nur die Festigkeit, sondern auch seine Feuchtebeständigkeit von grosser Bedeutung. Fast alle Eigenschaften des Holzes und der Holzwerkstoffe sind mehr oder weniger feuchteabhängig.. Mit zunehmender Materialfeuchte wird allgemein die Festigkeit herabgesetzt und die Feuchteverformung erhöht. Die Feuchte und die Temperatur begünstigt ausserdem den Pilzbefall und die hydrolytischen Prozesse im Holz und Bindemittel. Die Einwirkung von Temperatur, Feuchtigkeit und Sonneneinstrahlung auf das Holz und auf Holzwerkstoffe wird unter dem Begriff Wetterbeständigkeit zusammengefasst. Nicht die Materialveränderungen als solche, sondern das Mass der Veränderungen ist für die Charakterisierung eines Holzproduktes von Bedeutung. Demnach werden Holzwerkstoffe je nach Aufbau und Verleimungsart als wetterbeständig, begrenzt wetterbeständig und nicht wetterbeständig charakterisiert.

Mit dem Sorptionsverhalten von Spanplatten befassen sich vor allem die Arbeiten von GRESSEL (1968), SCHNEIDER (1973) und SELL (1978). Die Gleichgewichtsfeuchtigkeit von MDF-Platten hat NIEMZ und POBLETE (1995) untersucht. Die Feuchteverformung von Span- und MDF-Platten ist in der Arbeit von NIEMZ und POBLETE (1996) beschrieben. Die Festigkeitseigenschaften von Span- und MDF-Platten sind in neueren Arbeiten von NIEMZ (1992) und NIEMZ, DIENER und POEHLER (1997) behandelt worden.

Die technologischen Fortschritte der letzten Jahre bei der Herstellung von Holzwerkstoffen sowie von Klebstoffen geben Anlass zu immer neuer Qualifizierung dieser Produkte. Die vorliegenden Untersuchungen an harnstoffharzverleimten Holzspanplatten, sowie an mitteldichten Faserplatten sind als ein Beitrag zu dieser Charakterisierung zu verstehen.

2 Material

Die Untersuchungen wurden an industriell hergestellten, dreischichtigen harnstoffformaldehydharzverleimten (weiter als UF-Platten) Holzspanplatten zweier Hersteller (A und B), sowie an mitteldichten Faserplatten (weiter als MDF-Platten) durchgeführt. Die Ausmasse aller Versuchsproben waren ungefähr gleich (Länge x Breite x Dicke = 300 mm x 50 mm x 16 mm). Der Bindemittelgehalt der Versuchsplatten war unbekannt.

3 Methode

3.1 Sorptionsmessungen

Die Prüflinge (30 Proben je Plattenart) wurden bei einer definierten Temperatur verschiedenen relativen Luftfeuchtigkeiten solange ausgesetzt, bis das Gleichgewicht erreicht wurde, und anschliessend der jeweilige Feuchtegehalt der Proben bestimmt. Tabelle 3-1 zeigt die ausgewählten Klimate für die Sorptionsmessungen und ihre Erzeugung. Für das Normklima nach DIN 50 014 diente der Klimaraum, die anderen Klimate wurden in speziellen Behältern durch gesättigte wässrige Salzlösungen hergestellt, wobei hier der Klimaraum lediglich für die Temperaturkonstanz sorgte. Die Luftzirkulation in den Behältern wurde mit einem Ventilator bewerkstelligt. Damit er nicht unnötig Wärme an den Behälter abgibt, wurde dieser mit Hilfe eines Zeitschalters im Intervall von 15 Minuten ein- und ausgeschaltet. Für die Ermittlung des Versuchsklimas sorgte ein Klimasensor, bei dem die rel. Luftfeuchtigkeit mittels eines elektrolytischen Widerstandselements und die Temperatur mittels eines NTC-Widerstands gemessen werden. Das hygrometrische

Messelement ermöglicht eine relative Feuchtigkeitsmessung in Bereich zwischen 5% und 95%. Für den Messwert bei der rel. Luftfeuchtigkeit von 0% wurde der Darrzustand verwendet. Die Prüfkörper wurden bei den jeweiligen Klimabedingungen solange klimatisiert, bis die Massekonstanz erreicht wurde. Die Massekonstanz gilt als erreicht, wenn die Ergebnisse zweier im Abstand von 24 Stunden aufeinanderfolgender Messungen um nicht mehr als 0.1% der Prüfkörpermasse voneinander abweichen.

Als Bezugsmasse für die Bestimmung der Materialfeuchte wurde die Darmasse benutzt.

Tabelle 3-1 Die verwendeten Klimate und ihre Erzeugung

Klimaerzeugung	rel. Luftfeuchtigkeit (%)	Temperatur (°C)
Darrtrocknung	0	105
LiCl	11	20
K ₂ CO ₃	44	20
Klimaraum/Normalklima	65	20
NaCl	75	20
NH ₄ H ₂ PO ₄	93	20

3.2 Festigkeitsprüfung

Die Bestimmung des Biege-Elastizitätsmoduls und der Biegebruchfestigkeit wurde anlehnend an die Europäische Norm EN 310 durchgeführt.

Der Dreipunkt-Biegeversuch wurde auf der Material-Prüfmaschine Zwick Z100/TL3S (Zwick GmbH & Co., D-89079 Ulm) durchgeführt. Der Abstand zwischen den Auflagern betrug 240 mm.

4 Resultate und Diskussion

4.1 Festigkeitseigenschaften

Die Festigkeitseigenschaften der UFA-, UFB und MDF-Platten entlang der Sorptionsisotherme sind in Tabellen 4-1, 4-2 und 4-3 zusammengefasst und die Biegefestigkeiten sowie die Biege-E-Moduli in Bildern 4-1 und 4-2 dargestellt.

Tabelle 4-1 Feuchteabhängige Festigkeitseigenschaften von UFA-Platten

RF %	n	σ_{bB} N/mm ²	s N/mm ²	v %	E _b N/mm ²	s N/mm ²	v %	σ_P N/mm ²	s N/mm ²	v %	F _{max} N	s N	v %	v _b N/s	u _Φ %
0	30	10.72	0.87	8.12	2242	150	6.69	6.19	0.45	7.28	362	29	8.12	9.8	0
11	30	11.82	1.46	12.39	2311	212	9.16	6.21	1.05	16.84	406	50	12.37	10.4	4.25
44	30	13.03	1.83	14.07	2372	295	12.43	6.49	1.11	17.16	460	67	14.66	11.0	7.51
65	29	13.02	2.02	15.50	2291	272	11.88	5.60	0.82	15.04	461	72	15.54	10.2	10.03
75	30	12.52	1.76	14.04	2192	244	11.15	5.51	0.70	12.71	460	65	14.22	7.7	11.76
93	30	8.22	1.10	13.41	1386	160	11.56	3.37	0.38	11.18	332	45	13.65	5.2	16.78

Tabelle 4-2 Feuchteabhängige Festigkeitseigenschaften von UFB-Platten

RF %	n	σ_{bB} N/mm ²	s N/mm ²	v %	E _b N/mm ²	s N/mm ²	v %	σ_P N/mm ²	s N/mm ²	v %	F _{max} N	s N	v %	v _b N/s	u _Φ %
0	30	9.30	1.28	13.77	1798	168	9.33	5.47	0.43	7.90	314	44	13.85	8.1	0
11	30	11.66	1.22	10.48	2031	85	4.18	5.18	0.39	7.43	404	44	10.78	9.0	4.22
44	29	11.50	1.11	9.61	1901	99	5.21	5.12	0.33	6.52	410	40	9.70	8.7	7.52
65	29	12.04	1.25	10.35	1976	133	6.73	5.19	0.36	7.02	430	44	10.35	9.0	10.15
75	30	10.52	1.27	12.11	1689	124	7.34	4.53	0.26	5.72	390	46	11.88	5.9	12.01
93	30	7.02	0.68	9.67	1037	70	6.71	2.62	0.13	4.85	297	29	9.63	4.1	17.57

Tabelle 4-3 Feuchteabhängige Festigkeitseigenschaften von MDF-Platten

RF %	n	σ_{bB} N/mm ²	s N/mm ²	v %	E _b N/mm ²	s N/mm ²	v %	σ_P N/mm ²	s N/mm ²	v %	F _{max} N	s N	v %	v _b N/s	u _Φ %
0	30	34.17	1.46	4.26	3309	85.63	2.59	12.73	5.56	43.67	1126	48	4.24	21.2	0
11	30	40.09	2.15	5.35	3886	131.16	3.37	18.20	3.98	21.86	1371	73	5.34	25.4	4.38
44	30	39.46	1.32	3.35	3699	71.50	1.93	17.39	2.52	14.50	1397	47	3.35	23.7	7.61
65	30	39.35	0.96	2.43	3669	31.30	0.85	12.64	0.80	3.74	1396	34	2.44	24.0	10.03
75	30	34.72	1.25	3.59	3220	164.77	5.12	12.30	3.61	28.53	1266	45	3.52	17.6	11.66
93	30	21.10	0.83	3.95	1878	62.70	3.34	10.04	0.06	0.64	854	34	4.01	9.2	16.24

Legende: n ... Anzahl Proben
 RF .. relative Luftfeuchtigkeit in %
 σ_{bB} .. Biegebruchfestigkeit in N/mm²

- Eb ... Biege-E-Modul in N/mm^2
- σ_P ... Proportionalitätsgrenze in N/mm^2
- F_{MAX} ... maximale Kraft in N
- V_b Belastungsgeschwindigkeit in N/s
- s Standardabweichung
- v Variationskoeff. in %
- u_ϕ Gleichgewichtsfeuchtigkeit des Sorbens in %

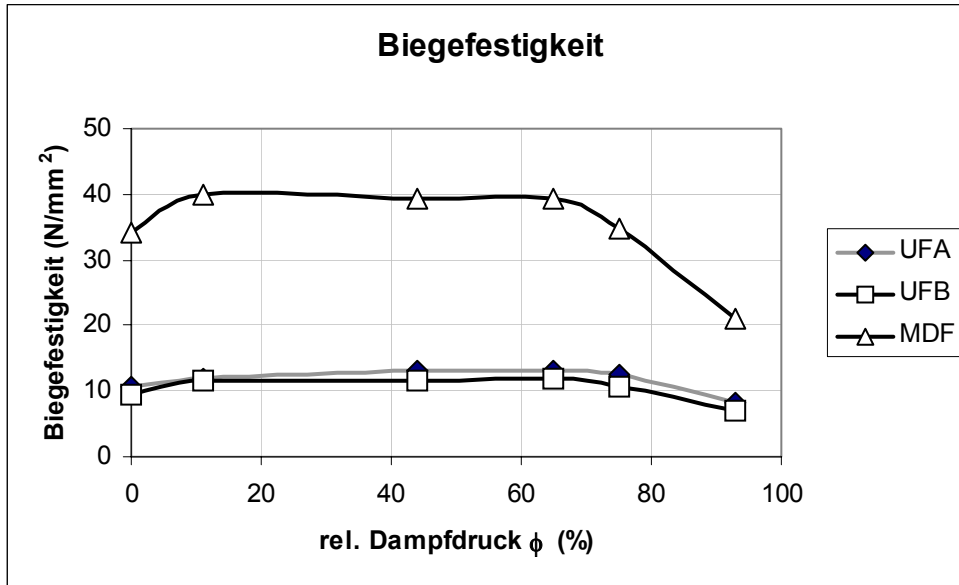


Abbildung 4-1 Feuchteabhängige Biegefestigkeit von Versuchsplatten

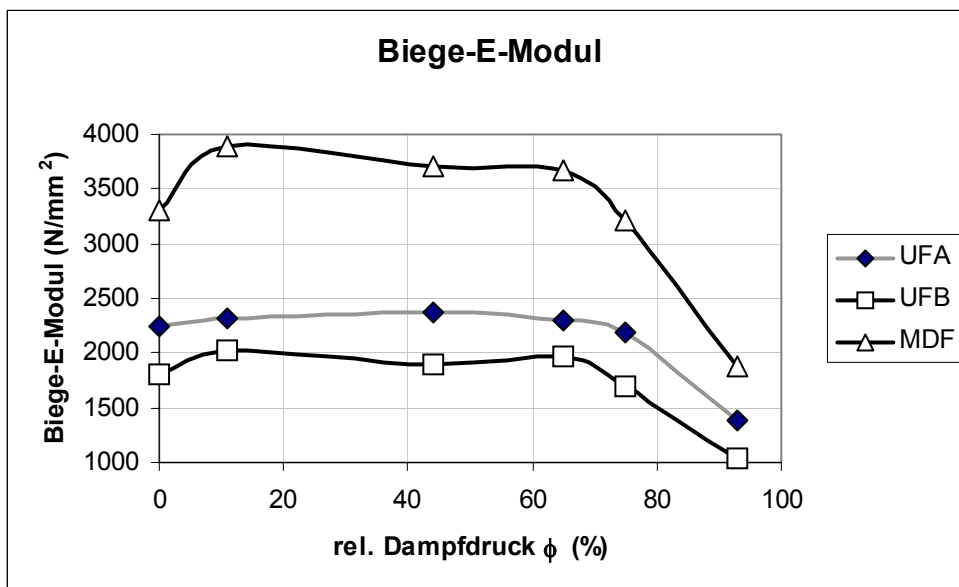


Abbildung 4-2 Feuchteabhängiger Biege-E-Modul von Versuchsplatten

Wie aus Tabellen 4-1 bis 4-3, sowie aus Bildern 4-1 und 4-2 hervorgeht, ist bei allen Versuchsplatten eine deutliche Herabsetzung der Biegefestigkeiten sowie der Biege-E-Moduli im Bereich der Kapillarkondensation zu verzeichnen. Alle Versuchsplatten zeigen für die Biegefestigkeit als auch für den Biege-E-Modul den gleichen, charakteristischen Kurvenverlauf: Ein Anstieg der Eigenschaft im Bereich der Chemisorption, ein praktisch konstanter Eigenschaftswert im Bereich der Physisorption und eine starke Abnahme von Festigkeitseigenschaften und Elastizität im Bereich der Kapillarkondensation. Der relativ niedrige Festigkeits- und Elastizitätswert bei 0% relativer Luftfeuchtigkeit ist auf die Schwächung des Materials durch die Darrtrocknung zurückzuführen. Weiter ist ersichtlich, dass zwischen den UFA- und UFB-Platten in gesamten hygroskopischen Bereich kein relevanter Unterschied in den Festigkeitseigenschaften besteht. Erwartungsgemäss ist die Biegefestigkeit und der Biege-E-Modul der MDF-Platten, schon aufgrund der höheren Normal-Rohdichte ρ_N von 0.78 g/cm^3 den der UFA-Platten ($\rho_N=0.70 \text{ g/cm}^3$) und UFB-Platten ($\rho_N=0.68 \text{ g/cm}^3$) überlegen. Der geringfügige Unterschied zwischen den UFA- und UFB-Platten ist ebenfalls durch die Differenz in der Normal-Rohdichte zu begründen.

Zieht man die Proportionalitätsgrenze des Versuchsmaterials entlang der Sorptionsisotherme in Betracht, wird deutlich, wie das Material durch die Einlagerung von Wassermolekülen immer plastischer wird. Die MDF-Platten weisen bereits ab etwa 50% rel. Luftfeuchtigkeit, die Spanplatten hingegen erst ab ca. 75% rel. Luftfeuchtigkeit plastische Eigenschaften auf.

4.2 Sorptionseigenschaften

Für die Charakterisierung der Wechselwirkung zwischen dem Versuchsmaterial und dem Wasser, resp. dem Wasserdampf, wurde das Hailwood-Horrobin Sorptionsmodell (1946) verwendet. Das Hailwood-Horrobin Sorptionsmodell (weiter als HH-Sorptionsmodell) basiert auf der Annahme, dass das Wasser bei der Wasserdampfsorption durch Lignocellulosen als einfache Lösung und als Hydrat der Lignocellulosen existiert. Es wird weiter angenommen, dass die sorbierte Schicht, die aus nicht hydratisierten und hydratisierten Lignocellulosen sowie aus freiem flüssigem Wasser besteht, eine ideale feste Lösung bildet. Durch das HH-Modell lassen sich noch weitere Grössen schätzen, so die Unzugänglichkeit der sorptiv aktiven Stellen des Sorbens zum Sorbat (Z), ferner das hypothetische Molekulargewicht des Sorbens (M_p). Für die experimentell schwer zu bestimmende Fasersättigungsfeuchtigkeit (U_{FS}) lässt sich eine Schätzgrösse errechnen. Die Berechnung der aus dem HH-Sorptionsmodell abgeleiteten Grössen erfolgte mit dem Computerprogramm HHM28 (Popper, 1982).

Die aus dem HH-Sorptionsmodell abgeleiteten physikalischen Grössen sind in Tabelle 4-4 zusammengefasst. Die folgenden Abbildungen zeigen die gemessenen, sowie die nach HH-Sorptionsmodell berechneten Isothermen des Versuchsmaterials.

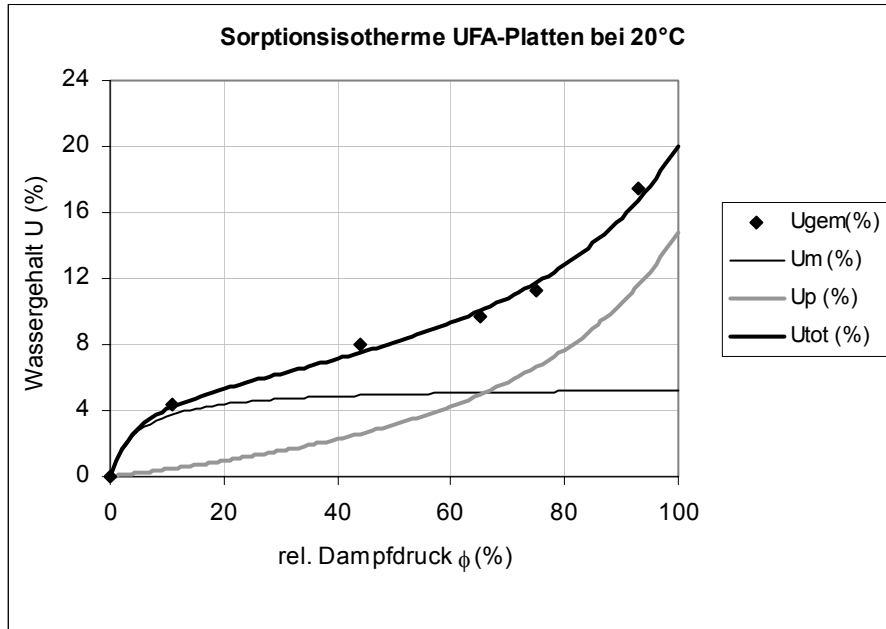


Abbildung 4-3 Sorptionsisotherme von UFA-Platten bei 20°C

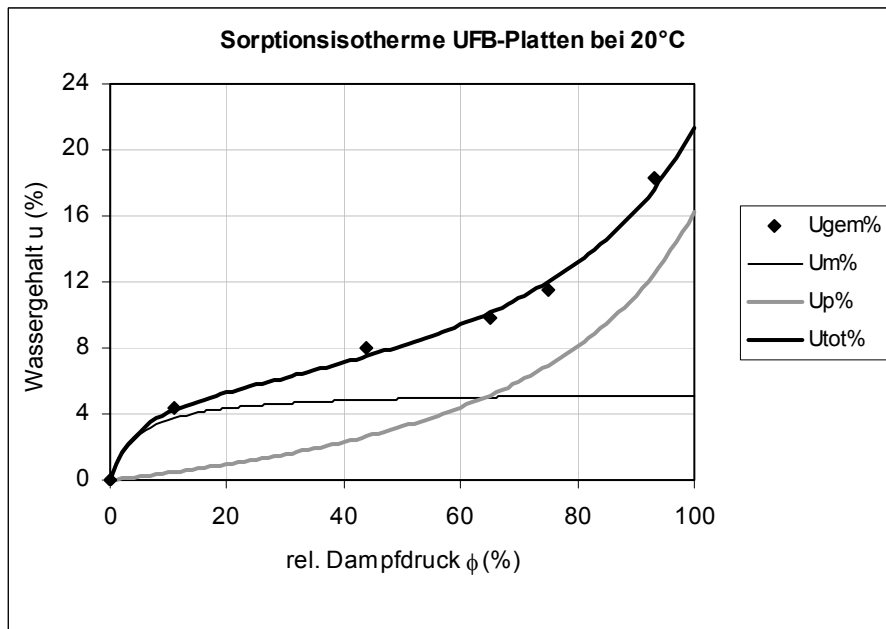


Abbildung 4-4 Sorptionsisotherme von UFB-Platten bei 20°C

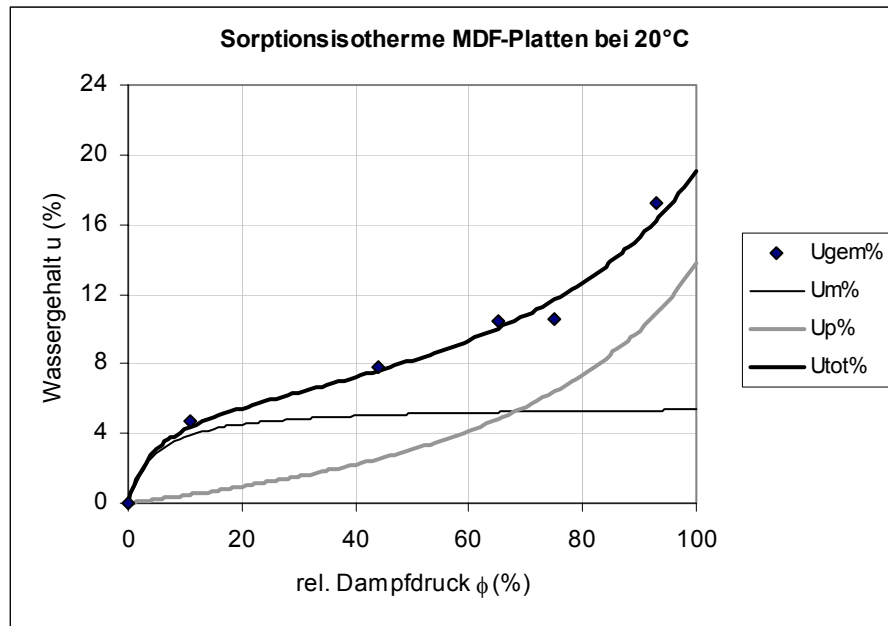


Abbildung 4-5. Sorptionsisotherme von MDF-Platten bei 20°C

Legende:

- $U_{gem} \dots$ gemessener Wassergehalt der Proben beim rel. Dampfdruck ϕ in %,
- $U_m \dots\dots$ berechneter Wassergehalt in der monomolekularen Schicht beim rel. Dampfdruck ϕ in %,
- $U_p \dots\dots$ berechneter Wassergehalt in der polymolekularen Schicht beim rel. Dampfdruck ϕ in %,
- $U_{tot} \dots\dots$ berechneter Wassergehalt bei Fasersättigung ($\phi = p/p_0=100\%$) in %.

Die Abbildungen 4-3 bis 4-5 dokumentieren eine ausgezeichnete Übereinstimmung der analytisch bestimmten Isothermen mit den empirisch ermittelten Werten im gesamten hygroscopischen Dampfdruckbereich (jeder Punkt der Kurve entspricht dem Mittelwert von 30 Messungen). Die aus dem HH-Modell errechneten Werte für alle Plattenarten sind in Tabelle 4-4 zusammengestellt.

In monomolekularer Bedeckung besteht zwischen den UFA- und UFB-Platten kein relevanter Unterschied. Das Wasser in der monomolekularen Schicht von MDF-Platten wird hingegen stärker sorbiert als dasjenige der UFA- und UFB-Platten. Dem liegt sehr wahrscheinlich die technologisch bedingte hydrothermische Behandlung des Spangutes zugrunde die zur hydrolytischen Prozessen und demzufolge zum herauswaschen der sorptiv aktiven Polyosen führt.

Umgekehrt zeigen sich die Platteneigenschaften hinsichtlich des polymolekular gebundenen Wassers. Hier wird das Wasser am stärksten bei UFB-Platten, weniger stark bei UFA-Platten und am schwächsten bei den MDF-Platten sorbiert. Das verwendete Modell unterscheidet nicht zwischen der mehrfachmolekularen Sorption und der Kapillarkondensation, aber der Vergleich im Kurvenverlauf zeigt, dass der Unterschied zwischen den UFA-, UFB- und MDF-Platten praktisch nur im höheren Dampfdruckbereich, in dem die Hauptmasse des sorbierten

Wassers in die Kapillarkondensation geht, stattfindet. Die niedrigere Wasseraufnahme der MDF-Platten in diesem Bereich ist auf den sogenannte „bulking effect“ zurückzuführen, in dem das Wasser wegen der Verstopfung der inneren Struktur daran gehindert wird, den gleichen Raum einzunehmen.

Die Fasersättigungsfeuchtigkeit steigt in der Reihe: MDF-, UFA- und UFB-Platten.

Die Sorbatunzugänglichkeit (Z) der untersuchten Platten beruhen auf der Annahme, dass je Glukosebaustein drei aktive Sorptionsstellen vorhanden sind, und dass jede dieser Sorptionstellen nur ein Sorbatmolekül bindet. Die Gegenüberstellung der Sorptionskapazität des monomolekular gebundenen Wassers (U_m) und der Sorbatunzugänglichkeit des Sorbens ist zwangsläufig linear, denn je kleiner die Kapazität der ersten Sorbatschicht ist, desto grösser ist die Unzugänglichkeit des Sorbens. Extrapoliert man die Sorbatunzugänglichkeit (Z) des Sorbens zurück auf 0%, so ergibt sich ein Feuchtigkeitsgehalt von 10.67%. Demnach bindet ein Mol des Glukoseanhydrid-Bausteins 0.96 Mol Wasser, was sehr nahe dem Monohydrat ($C_6H_{10}O_5 \cdot H_2O$) entspricht.

Tabelle 4-4 Charakterisierung des Versuchsmaterials nach Hailwood-Horrobin Sorptionsmodell

Material	A m ² /g	Z %	M_p	U_m %	U_p %	U_{FS} %
UFB- obere Variationsgrenze	184	50.93	337	5.20	16.36	21.56
UFB- Mittelwert	182	51.42	333	5.15	16.19	21.34
UFB- untere Variationsgrenze	180	51.94	330	5.09	16.02	21.11
UFA- obere Variationsgrenze	187	50.17	332	5.28	14.97	20.25
UFA- Mittelwert	185	50.72	329	5.22	14.80	20.02
UFA- untere Variationsgrenze	183	51.25	325	5.16	14.64	19.80
MDF- obere Variationsgrenze	193	48.67	328	5.44	13.87	19.31
MDF- Mittelwert	189	49.66	322	5.34	13.84	19.18
MDF- untere Variationsgrenze	186	50.68	316	5.23	13.83	19.06

Legende:

- UFA harnstoffformaldehydverleimte Spanplatten (Hersteller A),
- UFB harnstoffformaldehydverleimte Spanplatten (Hersteller B),
- MDF mitteldichte Faserplatten,
- A Spezifische Oberfläche des Sorbenten in m²/g,
- Z Sorbatunzugänglichkeit des Sorbens in %,
- M_p Hypothetisches Molekulargewicht des Sorbenten,
- U_m Monomolekulares Wassergehalt bei Fasersättigung in %,
- U_p Polymolekulares Wassergehalt bei Fasersättigung in %,
- U_{FS} Wassergehalt bei Fasersättigung in %.

Materialfeuchte von etwa 20% und Temperatur um die 20°C begünstigt bekanntlich den Pilzbefall von Lignocellulosen. Dies wurde bestätigt durch Pilzbefall aller Versuchsproben, die bei einer rel. Luftfeuchtigkeit von 93% und bei einer Temperatur von 20°C konditioniert wurden.

4.3 Klimaabhängige Dickenquellung

Die Abhängigkeit der Dickenquellung (α) der Versuchsproben von den Klimabedingungen (rel. Dampfdruck ϕ) wurde untersucht. Als Bezugsgröße für die Berechnung der Dickenquellung wurde die Darr-Dicke der Proben verwendet. Die Dickenquellung wurde mit Hilfe einer Messuhr (Messgenauigkeit 0.01 mm) ermittelt.

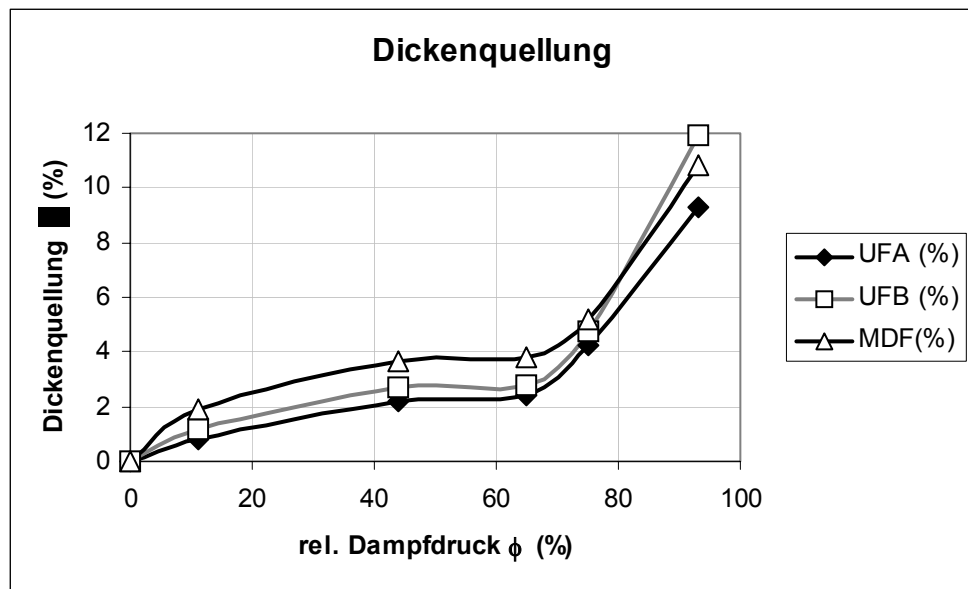


Abbildung 4-6 Klimaabhängige Dickenquellung der Versuchsplatten

Wie aus Abbildung 4-6 hervorgeht, folgt der Kurvenverlauf der klimabedingter Dickenquellung von UFA-, UFB- und MDF-Platten ungefähr der Sorptionsisotherme. Jeder Punkt der Kurve entspricht einem Mittelwert von 30 Messungen.

Auffallend ist vor allem der steile Anstieg der Dickenquellung im Bereich der Kapillarkondensation. Die UFB-Platten sowie die MDF-Platten weisen im Vergleich zu den UFA-Platten in diesem Bereich eine signifikant stärkere Dickenquellung auf. Der Unterschied in der Dickenquellung von UFA- und UFB-Platten beschränkt sich praktisch nur auf diesen Dampfdruckbereich, was auf eine aufgelockerte Struktur der UFB-Platten hindeutet. In diesem Bereich ist die Porenstruktur und/oder der Benetzungswinkel für die Feuchteverformung ausschlaggebend. Die gesamt stärkere Dickenquellung der MDF-Platten ist im Gegensatz zu den UFB-Platten, auf die Einlagerung der Wassermoleküle im gesamten hygroskopischen Bereich zurückzuführen. Durch die quellungsbedingte Einlagerung von Wassermolekülen wird die innere Struktur des

Werkstoffes aufgelockert, was zur Herabsetzung der Biegebruchfestigkeit und des Biege-E-Moduls im gleichen Dampfdruckbereich führt (siehe Abbildung 4-1 und 4-2).

Tendenziell ist auch eine höhere Affinität des Wassers zu den sorptiv aktiven Stellen von MDF-Platten im Bereich der Chemi- und Physisorption und demzufolge eine stärkere Dickenquellung zu bemerken. Dies ist im Einklang mit der höheren Sorptionskapazität des unimolekular gebundenen Wassers von MDF-Platten.

Es ist hier zu bemerken, dass die hier diskutierte Dickenquellung nicht derjenigen in der DIN 68 763 gleichzustellen ist, sie entspricht jedoch viel besser den praxisnahen Bedingungen und ist deshalb auch aussagekräftiger.

5 Schlussfolgerungen

Aufgrund der vorgenommenen Untersuchungen an industriell hergestellten harnstoffformaldehydverleimten Spanplatten sowie an mitteldichten Faserplatten entlang der Sorptionsisotherme können folgende Schlüsse gezogen werden:

- Im gesamten hygrokopischen Bereich liegen die Biegefestigkeiten und die Biege-E-Moduli der MDF-Platte höher, als diejenigen der harnstoffformaldehydverleimten Spanplatten.
- Die Biegefestigkeiten und die Biege-E-Moduli des Versuchsmaterials bleiben bis etwa 65% rel. Luftfeuchtigkeit, mit Ausnahme der darrgetrockneten Proben, praktisch konstant.
- Bezogen auf das Normklima wird die Biegefestigkeit der Spanplatten bei 93% rel. Luftfeuchtigkeit und 20°C um durchschnittlich 39% und bei den MDF-Platten sogar um 46% herabgesetzt.
- Im oben erwähnten Vergleich sinkt der Biege-E-Modul der Spanplatten um 44% und der der MDF-Platten um 49%.
- Der Unterschied in Proportionalitätsgrenzen deutet darauf hin, dass die MDF-Platten bereits ab etwa 50% rel. Luftfeuchtigkeit,

die Spanplatten hingegen erst ab ca. 75% rel. Luftfeuchtigkeit plastisch werden.

- Die nach Hailwood-Horrobin-Modell vorgenommene Sorptionsanalyse erlaubt, folgende Aussagen zu treffen:
 - Die spezifische Oberfläche der MDF-Platten ist tendenziell grösser als diejenige der Spanplatten
 - Die aus der Unzugänglichkeit des Sorbens geschätzte Anzahl der wasseraktiven Sorptionsstellen pro Glukosebaustein ergibt für die Span- sowie für die MDF-Platten ziemlich genau einen Monohydrat.
 - Die Spanplatten weisen gegenüber den MDF-Platten eine niedrigere Affinität zum Wasser im Bereich der monomolekularen Sorption.
 - Der Unterschied zwischen Sorptionseigenschaften von Span- und MDF-Platten liegt hauptsächlich im Bereich der Kapillarkondensation.
 - Die Fasersättigungsfeuchtigkeit der Spanplatten übersteigt diejenige der MDF-Platten, was auf den Unterschied in der Verstopfung der inneren Struktur der Platten zurückzuführen ist.
- Alle Versuchsplatte zeigen eine stärkere Dickenquellung im Bereich der Kapillarkondensation.
- Die Dickenquellung der MDF-Platten ist im gesamten hygroskopischen Bereich bedeutend grösser als diejenige der Spanplatten.
- Es ist anzunehmen, dass die Wetterbeständigkeit aller Platten im Bereich der Kapillarkondensation stark beeinträchtigt wird.
- Der Pilzbefall wird oberhalb von 75% rel. Luftfeuchtigkeit begünstigt.

6 Literatur

- 1 DIN 50 014 20/65, Juli 1985: Klimate und ihre technische Anwendung. Normalklimate.
- 2 DIN 68 763, September 1990: Flachpressplatten für das Bauwesen. Begriffe, Anforderungen, Prüfung, Überwachung.
- 3 EN 310, Februar 1993D: Holzwerkstoffe. Bestimmung des Biege-Elastizitätsmoduls und der Biegefestigkeit.
- 4 GRESSEL, P. 1968: Untersuchungen an freibewitterten Holzspanplatten. Holz als Roh- und Werkstoff 26: 140-148.
- 5 HAILWOOD, A. J; HORROBIN, S. 1946: Absorption of water by polymers. Analysis in term of a single model. Trans. Faraday Soc. 42B: 84-102.
- 6 NIEMZ, P. 1992: Untersuchungen zur dynamischen Bruchzähigkeit an Spanplatten. Holz als Roh- und Werkstoff 50(5): 185.
- 7 NIEMZ, P.; POBLETE, H. 1995: Untersuchungen zur Gleichgewichtsfeuchte von MDF und Spanplatten. Holz als Roh- und Werkstoff 53(6): 368.
- 8 NIEMZ, P.; POBLETE, H. 1996: Untersuchungen zur Dimensionsstabilität von mitteldichten Faserplatten (MDF) und Spanplatten. Holz als Roh- und Werkstoff 54(2): 141-144.
- 9 NIEMZ, P.; DIENER, M.; POEHLER, E. 1997: Untersuchungen zur Ermittlung der Bruchzähigkeit an MDF-Platten. Holz als Roh- und Werkstoff 55(5): 327-330.
- 10 POPPER, R. 1982: Computerprogramm HHM28 für die Berechnung von Sorptionseigenschaften nach dem Hailwood-Horrobin Modell. Computer-Anwendungen: 113.
- 11 SELL, J. 1978: Zur Frage der praxisgerechten Prüfung der Feuchtigkeits- und Wetterbeständigkeit von Spanplatten. Holz als Roh- und Werkstoff 36(5): 193-198.
- 12 SCHNEIDER, A. 1973: Über das Sorptionsverhalten von mit Phenol- und Harnstoffharz verleimten Holzspanplatten. Holz als Roh- und Werkstoff 31(11): 425-429.
- 13 Zwick Technische Dokumentation: Betriebsanleitung für Material-Prüfmaschine Z100/TL3S. Zwick GmbH & Co. D-89079 Ulm.