

Mechanosorptive Eigenschaften von bewehrtem Brettschichtholz: Relaxation bei zyklischer Klimabelastung

Journal Article**Author(s):**

Popper, Rudolf; Gehri, Ernst; Eberle, Gerhild

Publication date:

1999

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-006104747>

Rights / license:

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

Originally published in:

Drevársky Výskum 41(1)

MECHANOSORPTIVE EIGENSCHAFTEN VON BEWEHRTEM BRETTSCHICHTHOLZ: RELAXATION BEI ZYKLISCHER KLIMABELASTUNG

RUDOLF POPPER—ERNST GEHRI—GERHILD EBERLE

ETH Zürich, Departement Wald- und Holzforschung, Professur für Holztechnologie

ZUSAMMENFASSUNG

Brettschichtholzproben aus Fichtenholz wurden vollflächig querbewehrt und anschliessend definierten Klimazyklen ausgesetzt. Das rheologische Verhalten infolge von zyklischer Klimaänderung hat gezeigt, dass sich die relaxierende Querspannung mit jedem Zyklus der Zeitachse asymptotisch nähert und die Quellungsbehinderung mit der relaxierenden Querspannung allmählich abnimmt. Zwischen konstanter und zyklischer Klimabelastung besteht ein diametraler Unterschied. Die Verminderung der Querdruckspannung bei zyklischer Trocknung von $rF = 88\%$ auf $rF = 65\%$ übersteigt diejenige bei konstantem Klima ($rF = 65\%$) innerhalb von 70 Tagen um das Sechsfache. Die konstante Klimabelastung von $rF = 88\%$ bewirkt in der gleichen Zeitspanne eine doppelte Querdruckverminderung gegenüber derjenigen bei zyklischer Befeuchtung (von $rF = 65\%$ auf $rF = 88\%$). Entscheidend verantwortlich für dieses Verhalten ist die Sorptionshysterese. Praktische Auswirkungen für das Bauingenieurwesen sind diskutiert.

SCHLÜSSELWÖRTER: Brettschichtholz, Bewehrung, Mechanosorption, Rheologie, Relaxation

EINLEITUNG

Das zeit- und feuchteabhängige Verhalten von Holz und Holzwerkstoffen ist für das Bauingenieurwesen von grosser Bedeutung. Das Brettschichtholz (BSH) wird immer öfter im Brückenbau eingesetzt. In den Fahrbahnplatten wird das BSH meistens in paralleler Anordnung ausgeführt und mit Stahl querbewehrt. Sie werden sehr oft extremen Witterungsverhältnissen ausgesetzt. Je nach Bauart wird der obere Teil der Platte durch Sonneneinstrahlung relativ hohen Temperaturen ausgesetzt. Der untere Teil der Platte wird hingegen nie direkt bestrahlt. Das Temperaturgefälle in der Platte kann dadurch ziemlich hoch ausfallen. Der untere Teil der Platte ist immer einer relativ hohen Luftfeuchtigkeit ausgesetzt. Bei niedrigen Temperaturen besteht die Gefahr von einer Kondensation des Wassers. Das Feuchtegefälle in der Platte kann

unter Umständen ziemlich hoch ausfallen. Die Vorspannung soll einerseits die rheologie- (Kriechen, Relaxation) und die schwindungsbedingten Spannkraftverluste, andererseits die quellungsbedingten Zugkräfte behindern. Rheologisches Verhalten von Holz und Holzwerkstoffen wurde in zahlreichen Arbeiten bereits behandelt. Dabei wurde das Kriechen und die Relaxation unter statischer und dynamischer Beanspruchung sowie unter Einfluss von Materialfeuchte und Temperatur studiert. Gute Literaturzusammenstellung über diese Arbeiten ist bei SCHNIEWIND (1968) und NIEMZ (1979, 1980) zu finden.

Neuere Arbeiten aus diesem Gebiet von SADOH T., 1981; NIEMZ P., 1981; LINDBERG J. J., HORTLING B., 1982; BACK E. L. et al. 1983; GRESSEL P., 1984; STELLER S., 1988; STECK G., 1985; HUNT D. G., 1989; DINWOODIE J. M. et al., 1991; FRIDLEY K. J., 1992; NORIMOTO M. et al., 1992; EBRAHIMZADEH P. R., KUBAT D. G., 1993; LIU TONG, 1993; BOEHME C., 1995; WANBING LU, ERICKSON R. W., 1996 sind erwähnenswert.

Die vorliegende Arbeit behandelt die Bewehrung ohne Einleimung der Armierung. An Hand von rheologischen Messungen (Relaxation) entlang der Sorptionsisotherme sollen die mechanosorptiven Eigenschaften des bewehrten Brettschichtholzes untersucht werden.

1 MATERIAL

Die Brettschichtholzproben wurden aus sechs 33 mm dicken, 150 mm breiten, ca. 4 m langen, möglichst astfreien und geradfaserigen, zinkstosslosen Fichtenholz Brettern hergestellt. Die Anordnung der Bretter im Probenkörper sowie die Ausmasse der Versuchsproben sind aus *Bild 1-1* zu entnehmen. Die Verleimung erfolgte

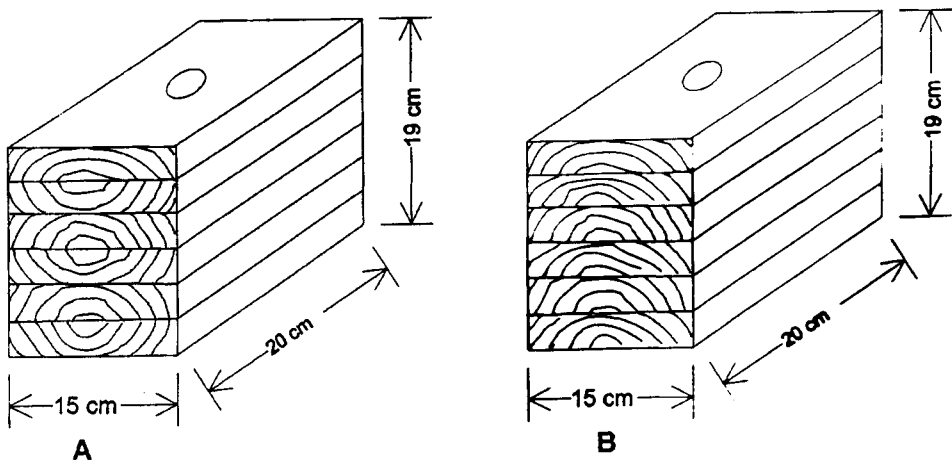


Abb. 1-1. Anordnung der Lamellen und Ausmasse der Probenkörper

mit Harnstoff-Formaldehyd-Leim (Kaurit 270, BASF AG, D-6700 Ludwigshafen). Die Ausmasse des Versuchskörpers wurden so gewählt, dass die Probe modellhaft einen Ausschnitt aus einem BSH-Bauteil darstellt. Bei der Anordnung der Lamellen wurde in der ersten Versuchsreihe darauf geachtet, dass jeweils die Bohlenseiten (s. g. ‚linken‘ Lamellenseiten) aneinander und die Markröhrenseiten (s. g. ‚rechten‘ Lamellenseiten) aneinander geleimt wurden (*Bild 1-1, A*), um die grösste Querbearbeitung beim Klimawechsel zu erfassen. In der zweiten Versuchsreihe wurde jeweils eine ‚linke‘ mit einer ‚rechten‘ Lamellenseite verklebt (*Bild 1-1, B*), um den zweiten Extremfall — d. h. die kleinste Querbearbeitung — zu erfassen. Es sollten damit die in der Praxis möglichen Grenzverhältnisse bei der durch einen Klimawechsel verursachten Querbearbeitung erfasst werden. In der Mitte der Lamellen wurde ein Loch von 30 mm Durchmesser (siehe *Bild 1-1*) für das Einbringen der Zugmessspindel gebohrt.

Die Versuchsproben wurden vor der Messung in Normalklima nach DIN 50 014 (20 ± 1 °C, rel. Luftfeuchtigkeit 65 ± 3 %) bis zu Gewichtskonstanz konditioniert und dann die genauen Ausmasse ermittelt. Die Gleichgewichtskonstanz im klimatisierten Zustand gilt als erreicht, wenn sich das Gewicht der Proben gegenüber der vorherigen Wägung im Zeitabstand von 24 Stunden um nicht mehr als 0,1 % geändert hat.

2 METHODE

Relaxationsversuche wurden an Brettschichtholz unter vollflächiger Querdrukbeanspruchung in Abhängigkeit von der Holzfeuchtigkeit durchgeführt. Die Querbearbeitung wurde mit einer nichtverleimten Zugmessspindel aus verzinktem Stahl bewerkstelligt. Diese wurde mit zwei DMS (Vollbrückenschaltung) versehen, um die Querdrukkräfte messen zu können.

Die Versuchsanordnung beim Relaxationsversuch ist aus *Bild 2-1* ersichtlich. Der Querdruk wurde mittels einer hydraulischen Presse erzeugt.

Alle Versuche wurden im Klimaraum (Normalklima nach DIN 50 014) durchgeführt. Dort, wo andere relative Luftfeuchtigkeiten benötigt wurden, sind die Versuchsproben in verschlossenen Behältern mit entsprechenden gesättigten, wässrigen Salzlösungen gelagert worden. Der Klimaraum sorgte dann lediglich für die Temperaturkonstanz. 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 Feuchtemessung in Bereich zwischen 5 %

Relaxation

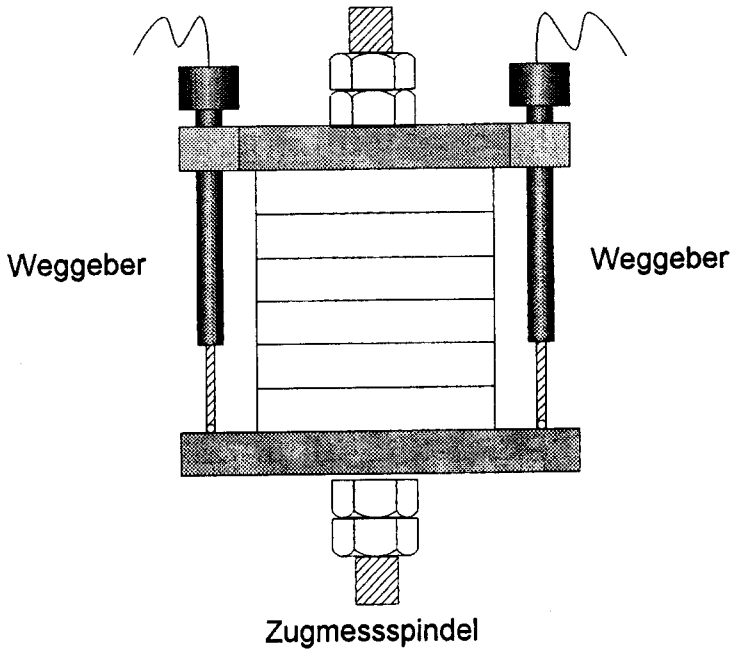


Abb. 2-1. Versuchsanordnung beim Relaxationsversuch

und 95 %. Die Weggeber, Zugmessspindel sowie Klimasensoren sind an das Datenerfassungssystem angeschlossen. Es besteht aus A/D-Wandler und Multiplexer, welche über die IEEE.488 Schnittstelle an einen DOS-Rechner angeschlossen sind. Die Datenerfassungssoftware (POPPER 1993) besorgt die Steuerung der Hardware und Speicherung der Daten in einem Speichermedium für die weitere Verarbeitung.

3 VERSUCHSERGEBNISSE UND DISKUSSION

Die normalklimatisierten Proben wurden vollflächig vorgespannt auf 1.5 N/mm^2 und anschliessend jeweils ca. sieben Tage dauernden Befeuchtungs- und Trocknungszyklen ausgesetzt. Als Trocknungsklima wurde das Normalklima nach DIN 50 014 und als Feuchteklime die relative Luftfeuchtigkeit von 88 % bei gleicher Temperatur gewählt (siehe *Tabelle 3-1*). Diese Klimabedingungen entsprechen einem Holzfeuchtewechsel zwischen ca. 12 % und 20 %.

Tabelle 3-1

BEDINGUNGEN BEI ZYKLISCHER KLIMABELASTUNG

Klimazyklus	Rel. Luftfeuchtigkeit (%)	Temperatur °C
Befeuchtung	88 ± 1.4	20 ± 1.2
Trocknung	64 ± 0.6	20 ± 1.2

Bild 3-1 zeigt den Relaxationsverlauf infolge von zyklischer Klimaänderung zwischen Befeuchtung und Trocknung. Im Bild sind zusätzlich die Ausgleichskurven für die maximale Querdrukspannung bei Befeuchtung, resp. die minimale Querdrukspannung bei Trocknung aufgezeichnet. Aus diesem Bild ist ersichtlich, dass mit steigender Anzahl von Trocknungszyklen die Versuchsprobe in der untersuchten Zeitspanne absolut gesehen immer stärker relaxiert.

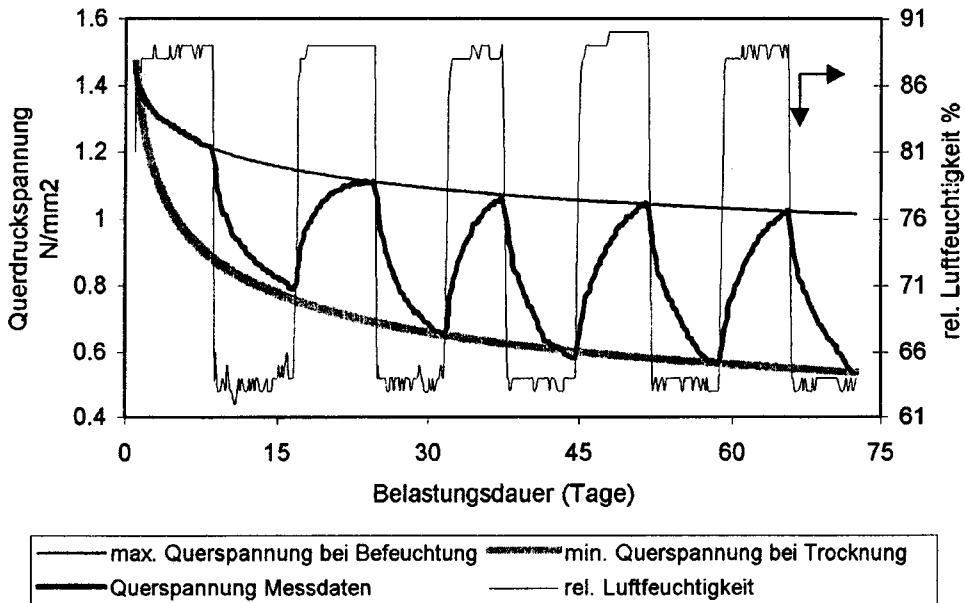


Abb. 3-1. Relaxation von Brettschichtholz infolge Wechselklimabelastung

Die Trocknungszyklen wurden einer Regressionsanalyse unterzogen, um diese Behauptung zahlenmässig zu untermauern. In der Ausgleichsfunktion $\sigma = a + b \cdot \sqrt{t}$ bedeutet σ die Querdrukspannung in N/mm^2 , t die Belastungsdauer in Tagen, der Koeffizient a entspricht der Anfangsspannung und der Koeffizient b der nichtlinearen Steigung der Kurve. Vergleicht man die einzelnen Trocknungszyklen, so nehmen die beiden Koeffizienten a und b mit der Anzahl der Zyklen immer weniger ab, wo-

bei tendenziell ein konstanter Spannungswert angestrebt wird. Die Resultate dieser Analyse dokumentiert *Tabelle 3-2* und *Bild 3-2*, in dem die Abhängigkeit der relativen Querdruckspannung von der Belastungsdauer bei zyklischem Klimawechsel zwischen 88 % und 65 % rel. Luftfeuchtigkeit aufgetragen ist.

Tabelle 3-2

REGRESSIONSANALYSE DES QUERDRUCKABFALLS BEI ZYKLISCHER TROCKNUNG

Ausgleichsfunktion: $\sigma = a + b \cdot \sqrt{t}$					
Zyklus	Koeff. a	Std. Fehler a	Koeff. b	Std. Fehler b	Bestimmtheitsmass (%)
1	1.44636	0.00133	-0.085181	0.00084	99.4
2	1.17536	0.00469	-0.143868	0.00250	98.6
3	1.07105	0.00608	-0.169321	0.00339	98.5
4	1.03370	0.00759	-0.185148	0.00413	98.2
5	1.02480	0.00441	-0.185539	0.00240	99.4
6	1.02141	0.00477	-0.195076	0.00260	99.4

Relative Relaxation bei zyklischer Klimabelastung
 Klimawechsel rF%=88-65, Temperatur=20°C

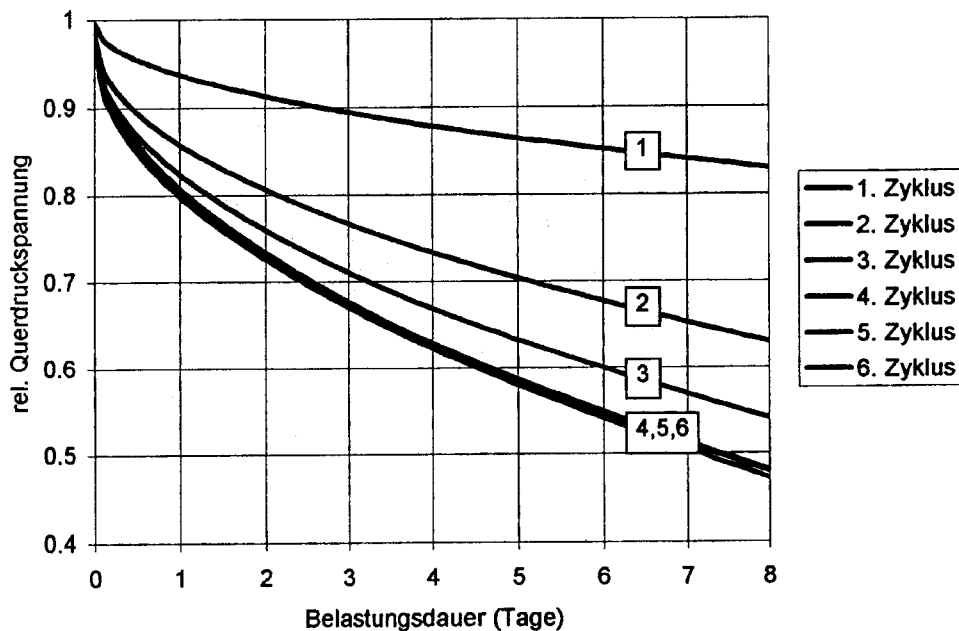


Abb. 3-2. Einfluss der Trocknungszyklen auf die Relaxation des Brettschichtholzes

Der absteigende Querspannungsast wird durch eine unbehinderte Schwindung des Versuchskörpers begleitet. In der für die Probengrösse relativ kurzen Zyklusdauer kann die Gleichgewichtsfeuchte der Versuchsprobe nicht erreicht werden. Ausserdem ist hier auch die Sorptionshysterese im Spiel, worauf die tendenziell ansteigenden Zyklusmaxima der Feuchteverformung hindeuten (siehe *Bild 3-3*). In diesem Bild ist ausser der relaxierenden, klimawechselbedingten Querdruckspannung auch die Feuchteverformung des Probenkörpers aufgetragen. Der Trocknungszyklus folgt nämlich dem Desorptionsast, so dass der nachfolgende Befeuchtungszyklus immer bei etwas höherer Materialfeuchte beginnt. Dies ist auch einer der Gründe dafür, dass sich die relaxierende Querspannung mit jedem Zyklus der Zeitachse asymptotisch nähert.

Relaxation vs. Feuchteverformung

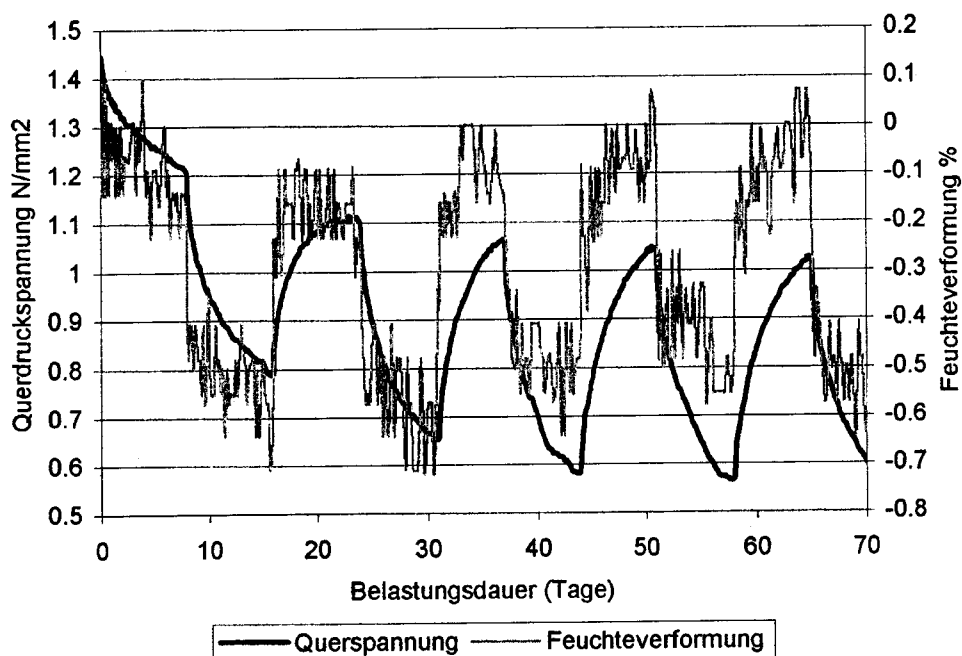


Abb. 3-3. Feuchteverformung und Relaxation bei zyklischer Klimabelastung

Der ansteigende Querspannungsast wird durch eine mehr oder minder einachsig behinderte Quellung des Versuchskörpers begleitet, wobei diese Quellungsbehinderung mit der relaxierenden Querspannung allmählich abnimmt.

Bild 3-4 zeigt den Relaxationsverlauf des Brettschichtholzes bei zyklischem ($rF = 88\% - 65\%$, 20°C) und konstantem ($rF = 65\%$, 20°C) Klima. Aus diesem

Relaxation bei zyklischem und konstantem Klima

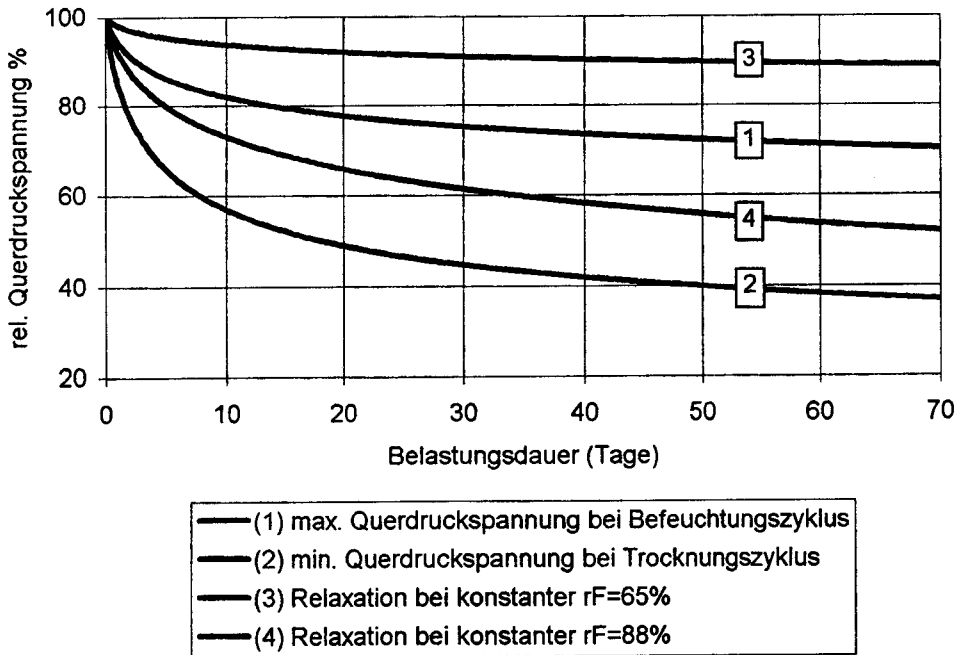


Abb. 3-4. Relaxation des BSH bei zyklischem und konstantem Klima

Bild ist ersichtlich, dass zwischen zyklischer und konstanter Klimabelastung ein diametraler Unterschied besteht. Betrachtet man den Kurvenverlauf beim Normalklima, so vermindert sich die Querdruckspannung der Versuchsprobe nach 70 Tagen bei konstantem Klima um ca. 10 % gegenüber 60 % bei zyklischer Trocknung von $rF = 88\%$ auf $rF = 65\%$. Die Befeuchtungszyklen von $rF = 65\%$ auf $rF = 88\%$ verursachen in gleicher Zeitspanne eine Herabsetzung der Querdruckspannung um ca. 25 % gegenüber 48 % bei konstanter Klimabelastung von $rF = 88\%$. Die praktischen Auswirkungen der vorgenommenen Untersuchungen auf die Verwendung vom BSH im Bauingenieurwesen zeigen sich vor allem in der Notwendigkeit eines kontrollierten Nachspannens des Brettschichtholzes, besonders in der ersten Zeitphase nach dem Einbauen der Platte. Empfehlenswert sind Massnahmen, die das Eindringen der Feuchtigkeit in den Baustoff behindern können, seien es Oberflächenbehandlungen, Imprägnierungen mit wasserabstossenden Mitteln oder konstruktive Massnahmen. Besondere Aufmerksamkeit sollte man hier den Stirnflächen des Brettschichtholzes schenken, dort wo die höchste Eindringgeschwindigkeit der Wassermoleküle zu erwarten ist. Die Anordnung der Lamellen im Brettschichtholz (,links'—,links',,rechts'—,rechts' oder ,links'—,rechts',,links'—,rechts') zeigte keinen be-

merkwürdigen Einfluss auf das rheologische Verhalten des Materials. Eine asymmetrische Anordnung vom Mark führte hingegen zu unerwünschten Verformungen und sollte deshalb möglichst vermieden werden. Bei höherer Feuchtebelastung treten bei der ‚links‘—,links‘/,rechts‘—,rechts‘ Anordnung an der Leimfugengrenze mehrheitlich Querspannungen auf, so dass die ‚links‘—,rechts‘/,links‘—,rechts‘ Lamellenanordnung zu bevorzugen ist.

4 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Aufgrund der vorgenommenen Untersuchungen kann man folgende Schlüsse ziehen:

- Bei zyklischer Klimabelastung relaxiert das Brettschichtholz viel stärker als bei konstantem Klima.
- Mit steigender Anzahl Befeuchtungszyklen wird der ansteigende Querdruckspannungsast von einer einachsigen behinderten bis zu einer unbehinderten Quellung des Versuchskörpers begleitet.
- Die Trocknungskurvenäste der Querdruckspannung sinken, bedingt durch Sorptionshysterese, mit den Zyklen immer steiler ab und nähern sich asymptotisch einem Steilheitswert an.
- Asymmetrische Markröhrenanordnung innerhalb der Lamellen führt bei Querdruckbeanspruchung unter zyklischem Klimawechsel zu unerwünschten Verformungen.
- Eine jeweilige Verklebung der Bohlenseiten mit Markröhrenseiten ist gegenüber aneinanderleimen von Bohlenseiten, resp. von Markröhrenseiten zu bevorzugen, da die Querspannungen niedriger sind und demzufolge die Gefahr von Rissbildung geringer ist. In bezug auf die Relaxation besteht zwischen den beiden Lamellenanordnungen hingegen kein nennenswerter Unterschied.

5 LITERATUR

1. BACK, E. L.—SALMÉN, L.—RICHARDSON, G., 1983: Transient effects of moisture sorption on the strength properties of paper and wood-based materials. *Svensk papperstidning* 61—71.
2. BOEHME, C., 1995: Eigenschaften formaldehydarm verleimter Sperrhölzer. Teil 2: Kriechverhalten. *Holz als Roh- und Werkstoff* 53 (2): 107—112.
3. DIN 50 014 20/65, Juli 1985: Klimate und ihre technische Anwendung. Normalklimate.
4. DINWOODIE, J. M.—PAXTON, B. H.—HIGGINS, J. S.—ROBSON, D. J., 1991: Creep in chipboard. Part 10: The effect of variable climate on the creep behaviour of a range of chipboards and one waferboard. *Wood Sci. and Technology* 26: 39—51.
5. EBRAHIMZADEH, P. R.—KUBAT, D. G., 1993: Effect of humidity changes on damping and stress relaxation in wood. *J. Mater. Sci.* 28: 5668—5674.
6. FRIDLEY, K. J. 1992: Designing for creep in wood structures. *Forest Products Journal* 42 (3): 23—28.

7. GRESSEL, P., 1984: Zur Vorhersage des langfristigen Formänderungsverhaltens aus Kurz-Kriechversuchen. Holz als Roh- und Werkstoff 42: 293—301.
8. HUNT, D. G., 1989: Linearity and non-linearity in mechano-sorptive creep of softwood in compression and bending. Wood Sci. and Technology 23 (4): 323—333.
9. KINGSTON, R. S. T.—BUDGEN, B., 1972: Some aspects of the rheological behaviour of wood. Part 4: Non-linear behaviour at high stresses in bending and compression. Wood Sci. and Technology 6 (3): 230—238.
10. LINDBERG, J. J.—HORTLING, B., 1982: Relaxation studies on cellulose esters. Academy Abstracts, Oct.
11. LIU, TONG., 1993: Creep of wood under a large span of loads in constant and varying environments. Part 1: Experimental observations and analysis. Holz als Roh- und Werkstoff 51: 400—405.
12. NIEMZ, P., 1979: Über einige Erkenntnisse zum Kriechverhalten von Holzpartikelwerkstoffen. Holztechnologie 20: 131—136.
13. NIEMZ, P., 1980: Über einige Erkenntnisse zum Kriechverhalten von Vollholz. Holztechnologie 21: 195—199.
14. NIEMZ, P., 1981: Untersuchungen zum Wesen der Kriechverformung von Spanplatten. Holztechnologie 22: 215—221.
15. NORIMOTO, M.—GRILL, J.—ROWELL, R. M., 1992: Rheological properties of chemically modified wood. Relationship between dimensional and creep stability. Fiber Science 24: 25—35.
16. POPPER, R., 1993: HPIB-Manager. Das Messdaten-Efassungsprogramm für MS-DOS PC. Interner Bericht hpihman.doc, ETHZ, D-WAHO/Holztechnologie. 1—13.
17. SADOH, T., 1981: Viscoelastic properties of wood in swelling systems. Wood Sci. and Technology 15: 57—66.
18. SCHNIEWIND, A. P., 1968: Recent Progress in the Study of the Rheology of Wood. Wood Science and Technology 2: 188—206.
19. STECK, G., 1985: Relaxationsversuche mit Brettschichtholzproben unter Querdruckbeanspruchung infolge Feuchtezunahme. Holz als Roh- und Werkstoff 45: 137—140.
20. STELLER, S., 1988: Rheologische Eigenschaften der Holzspanplatten im definierten Wechselklima. Drevarsky vyskum 118: 57—72.
21. WANBING, LU—ERICKSON, R. W., 1996: Mechano-sorptive behavior of solid wood stressed in compression perpendicular to the grain. Forest Products Journal 46 (4): 63—68.

MECHANICKO-SORPČNÉ VLASTNOSTI LEPENEJ VRSTVENEJ DOSKY: RELAXÁCIA V DÔSLEDKU CYKLICKÝCH KLIMATICKÝCH ZAŤAŽENÍ

R. POPPER—E. GEHRI—G. EBERLE

Vzorok z lepeného masívu zo smrekového dreva boli celoplošne priečne vystužené a následne vystavené definovaným klimatickým cyklom. Reologické správanie sa v dôsledku cyklických klimatických zmien ukázalo, že priečne egalizačné napätie sa s každým cyklom asymptoticky približuje časovej osi a obmedzenie napúčania s priečnym egalizačným napätím postupne klesá. Medzi konštantným a cyklickým klimatickým namáhaním existuje diametrálny rozdiel. Zníženie priečneho napätia v tlaku pri cyklickom vysúšaní z $rF = 88\%$ na $rF = 65\%$ šesťnásobne prevyšuje vysušanie pri konštantnej klíme ($rF = 65\%$) počas 70 dní. Konštantné klimatické zaťaženie $rF = 88\%$ spôsobuje za rovnaký čas dvojnásobné zníženie priečneho tlaku v porovnaní s cyklickým zavlhčováním (z $rF = 65\%$ na $rF = 88\%$). Rozhodujúci vplyv na toto správanie má sorpčná hystereza. O praktickom vplyve na stavebné inžinierstvo sa diskutuje.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: lepený masív, vystuženie, mechanická sorpcia, reológia, egalizácia

MECHANOSORPTIVE PROPERTIES OF REINFORCED GLUE LAMINATED BEAMS: RELAXATION IN FUNCTION OF CYCLIC WEATHERING

R. POPPER—E. GEHRI—G. EBERLE

Glue laminated specimens made of spruce wood, holohedral reinforced on the lateral faces, had been submitted to cyclic climate changes. Relaxation of lateral compressive strain approached asymptotically the time axis with each cycle when relative humidity was cycled between 65 % and 88 %. Simultaneously, the restraint in swelling gradually decreased with the relaxation of the lateral stress. In opposition to cycling weathering, exposure to constant humidity resulted in much lower relaxation. Thus, the decrease of lateral compressive strain for samples submitted to cyclic drying from $RH = 88\%$ to $RH = 65\%$ during 70 days was six times higher than those exposed to constant relative humidity of 65 % at 20 °C. For samples submitted to a constant relative humidity of 88 % during the 70 day period, the decrease in lateral compressive strain was two fold the value of those submitted to cyclic humidification from $RH = 65\%$ to $RH = 88\%$. The results are explained by the theory of sorption hysteresis, and their application for civil engineering is discussed.

KEY WORDS: Glulam, reinforcement, mechanosorption, rheology, relaxation

МЕХАНО-СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА КЛЕЕННОГО СЛОИСТОГО МАТЕРИАЛА: РЕЛАКСАЦИЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЦИКЛИЧЕСКИХ КЛИМАТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Р. ПОППЕР—Э. ГЕРИ—Г. ЭБЕРЛЕ

Образцы клеенного материала из еловой древесины были армированы в поперечном направлении по всей поверхности и затем подвергнуты дефинированным климатическим циклам. Изучение реологического поведения в результате циклических климатических изменений показало, что поперечная эгализационная нагрузка с каждым циклом асимптотически приближается к оси времени, и ограничение набухания постепенно падает при понижении поперечной эгализационной нагрузки. Между постоянной и циклической климатической нагрузкой наблюдаются существенные различия. Понижение поперечной нагрузки на сжатие при циклическом высушении от $rF = 88\%$ до $rF = 65\%$ в шесть раз превышает высушивание при постоянном климате ($rF = 65\%$) в течение 70 дней. Постоянная климатическая нагрузка $rF = 88\%$ за то же самое время вызывает понижение поперечного давления в два раза по сравнению с циклическим увлажнением (от $rF = 65\%$ до $rF = 88\%$). На такое поведение решающее значение оказывает сорбционный гистерезис. Обсуждается практическое влияние таких процессов на строительную инженерию.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: клеенный материал, механическая сорбция, реология, эгализация (выравнивание)

Dipl. Ing. RUDOLF POPPER
Prof. ERNST GEHRI
GERHILD EBERLE
Eidgenössische Technische Hochschule
Professur für Holztechnologie
ETH-Hönggerberg
8093 ZÜRICH
Schweiz