

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 92 (1974)
Heft: 38: SIA-Heft, Nr. 8/1974: Delegiertenversammlung 4. Oktober 1974 in Bern

Artikel: Über Dimensionsänderungen gebräuchlicher Wärmeisolierstoffplatten
Autor: Sell, Jürgen
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-72455>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 30.01.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Über Dimensionsänderungen gebräuchlicher Wärmeisolierstoffplatten

Von Jürgen Sell, Dübendorf

DK 662.998

Es werden Untersuchungsergebnisse der EMPA über Dimensionsänderungen gebräuchlicher Wärmeisolierstoffe in Abhängigkeit von der Temperatur, der Feuchtigkeit, der Zeit und anderer Parameter zusammengefasst und durch Literaturangaben ergänzt. Zu beachten ist, dass sich diese Vorgänge komplex überlagern, und zwar teilweise kompensieren, sich jedoch auch addieren können. Inwieweit sich die Bewegungen auswirken, hängt ausser von der Grösse der Dimensionsänderung massgebend von der Verformungssteifigkeit der Materialien und von den konstruktiven Bedingungen ab.

Einleitung

Obgleich in der heutigen Baupraxis Wärmeisolierstoffplatten in grossem Umfang eingesetzt werden, sind ihre Materialeigenschaften im Hinblick auf die anwendungstechnischen Erfordernisse offenbar nicht genügend bekannt. Dies gilt vor allem für das Dimensionsänderungsverhalten bei intensiver Temperaturwechselbeanspruchung. Vom Hersteller

der Baustoffe wird hierzu häufig nur der Wärmeausdehnungskoeffizient angegeben, der jedoch über die Dimensionsstabilität eines Materials bzw. über die durch Längenänderungen verursachten Spannungen nur wenig aussagt. Da sich die Beanspruchungsbedingungen für Dämmstoffe aufgrund neuartiger Aussenwand- und Dachkonstruktionen sowie Materialkombinationen in den letzten Jahren teilweise erheblich verschärft haben (besondere Beispiele: Wandisolation auf Aussenseiten, Kühlhausisolation), hatten und haben die Erfahrungslücken eine ziemlich grosse Anzahl von Bau-schäden im Bereich der Wärmeisolationsschichten zur Folge.

Seit einiger Zeit beschäftigen sich nun verschiedene Forschungsinstitutionen mit den anwendungstechnisch massgebenden Eigenschaften der Wärmedämmstoffe. Im folgenden werden entsprechende Untersuchungsergebnisse der Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt, EMPA, Dübendorf, zusammengefasst und aus der Literatur ergänzt. Die Bilder 1 bis 4 veranschaulichen die gefügestrukturellen Gemeinsamkeiten und Unterschiede gebräuchlicher Isolierstoffe.

Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen von Isolierstoff-Querschnitten; Vergrösserung 100fach

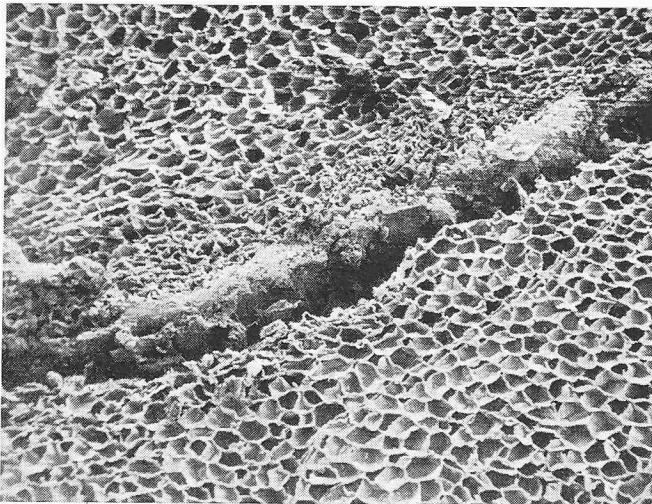


Bild 1. Kork (Backkork) mit versintertem Grenzbereich zwischen zwei Schrotpartikeln; feinzellig

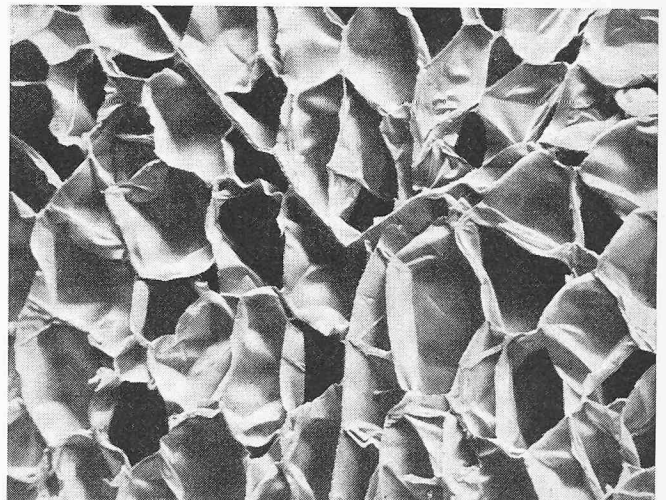


Bild 2. Polystyrol-Hartschaum (blockgeschäumt) im Grenzbereich von drei verschmolzenen Partikeln; mittelgrosse Zellen

Bild 3. Polystyrol-Hartschaum (extrudiert); grosse Zellen

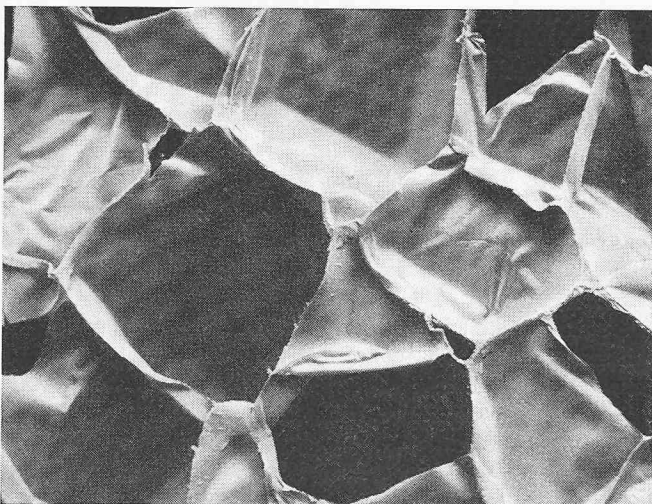
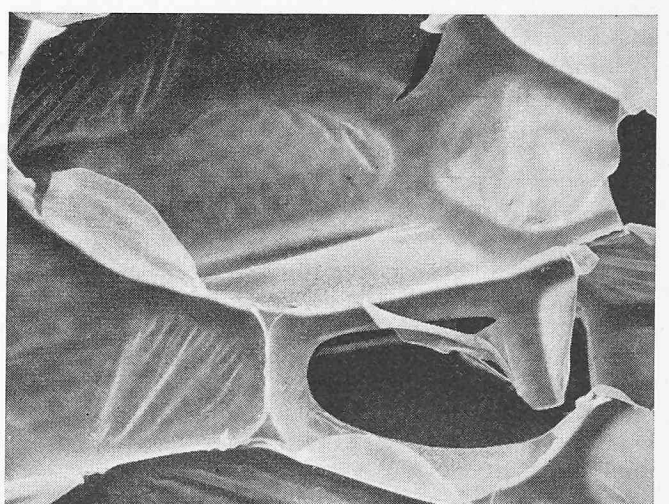


Bild 4. Polyurethan-Hartschaum; sehr grosse, länglich-ovale Zellen



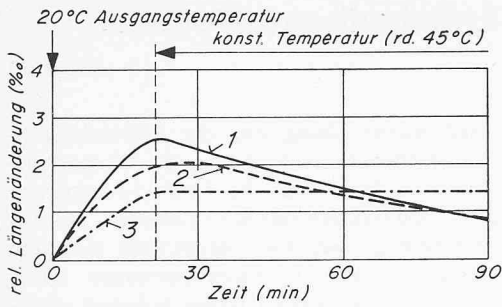
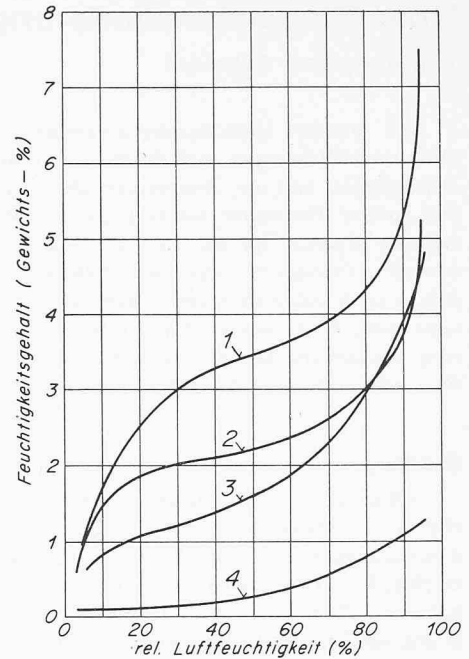


Bild 5. Zeitlicher Verlauf der Längenänderungen einiger Wärmeisolerstoffe während einer Erwärmung um rd. 25 °C und anschliessender Temperaturkonstanz. Der Wärmedehnung sind bei Kork und PUR andere Bewegungsvorgänge überlagert. 1 bituminierter Kork; 2 PUR-Schaum; 3 PS-Schaum

Bild 6, rechts. Stoffeuchte-Gleichgewichtskurven über der relativen Luftfeuchte (Sorptionsisothermen) einiger Isolierstoffe; Rohdichten vergleiche Tabelle 1. Die Sorptionsisothermen der Holzwerkstoffe verlaufen vergleichsweise wesentlich steiler: Die Gleichgewichtsfeuchtigkeit von Faserweichplatten bei 95 % relativer Luftfeuchte beträgt rd. 20 %, die von Holzspanplatten rd. 25 %. Auf die Darstellung der kleinen Hysterese zwischen Ad- und Desorptionskurve wurde verzichtet. 1 Kork; 2 bituminierter Kork; 3 PUR-Schaumstoff; 4 PS-Schaumstoff



Ursachen der Dimensionsänderungen

Den werkstoffbedingten, d.h. durch stoffinterne Vorgänge verursachten Dimensionsänderungen der zelligen organischen Materialien liegen in erster Linie folgende Mechanismen zugrunde:

- rein thermisch bedingte Dimensionsänderungen (Wärmedehnung) der Polymere, zum Teil abhängig von der Plattenrichtung und in geringem Masse von der Zeit
- durch Wasserdampf- oder -desorption hervorgerufene Quell- oder Schwindbewegungen, abhängig von der relativen Luftfeuchtigkeit, der Temperatur, der Zeit und der Plattenrichtung
- durch Volumenänderung des Gases in den Zellhohlräumen und durch Austausch von Gasen – zum Beispiel Treibgasen – zwischen Werkstoff und Umgebungsluft hervorgerufene Längenänderungen, abhängig von den Dampfdruck-Verhältnissen, der Temperatur, der Zeit und der Plattenrichtung
- durch Spannungsabbau in den Zellwänden verursachte Dimensionsänderungen; abhängig von der Temperatur, der Zeit und der Plattenrichtung

Bei den meisten Wärmeisolerstoffen überlagern sich mehrere dieser Vorgänge und allenfalls zusätzliche Bewegungen in komplexer Weise. Hierdurch erklärt sich, warum im allgemeinen nicht mit einfachen, etwa linearen Verläufen der Dimensionsänderung über der Temperatur zu rechnen ist, sondern sich vielmehr instationäre, zeitbeeinflusste Vorgänge abspielen [3]. Die einzelnen Isolierstoffe verhalten sich in dieser Hinsicht sehr unterschiedlich (Bilder 5 bis 8).

Holzfaserdämmplatten

Bei Massivholz überwiegt die feuchtigkeitsabhängige (sorptionsbedingte) Dimensionsänderung stark, während die rein thermische Dehnung, vor allem in Richtung des Faserverlaufs, klein ist. Die Ursache liegt in der grossen Hygroskopizität (und Porosität) des Holzes, nicht zu verwechseln mit der ebenfalls grossen kapillaren Aufnahmefähigkeit für flüssiges Wasser. Das aus der Umgebungsluft dampfförmig aufgenommene Wasser dringt in die submikroskopisch feinen Hohlräume der Zellwand ein, wobei diese anquillt; der Vorgang ist reversibel, d. h., bei Wasserabgabe schwindet die Zellwand wieder ab. So strebt der Holzfeuchtegehalt stets einem Gleich-

gewichtszustand zu, der der jeweiligen relativen Luftfeuchtigkeit der Umgebung entspricht; der Verlauf der Gleichgewichtsfeuchte über der relativen Luftfeuchte bei bestimmter Temperatur ist durch die Sorptionsisotherme (Bild 6) gekennzeichnet. Das Gleichgewicht wird im Holzbauteil kaum erreicht, vor allem nicht bei kurzfristigen Klimaschwankungen, da der Angleichvorgang zumal bei grossen Bauteilquerschnitten recht langsam verläuft.

Holzfaserdämmplatten (wie auch Faserhart- und Spanplatten) sind in Plattenebene wegen der praktisch nicht orientierten Faserpartikeln erheblich dimensionsstabiler als Massivholz quer zur Faser (jedoch etwas weniger dimensionsstabil als Holz parallel zur Faser). Allerdings quellen sie, besonders bei Aufnahme flüssigen Wassers, in der Dicke intensiv und zum Teil bleibend an. Der Grund hierfür liegt in einem inneren Spannungsabbau (Rückfederungseffekt) des bei der Heissverpressung durch Quetschung lokal verdichteten Faser- bzw. Spanmaterials. Diese Dickenquellung kann am Bauteil (beispielsweise am Wandelement), insbesondere im Plattenrand- bzw. Fugenbereich, zu Schäden führen, und zwar selbst dann, wenn die Platten mit an sich wetterbeständigen Leimen gebunden sind. Dies ist der hauptsächlich Grund dafür, dass Faser- wie auch Spanplatten für Anwendungsbereiche mit direkter Wetterbeanspruchung nicht oder nur unter bestimmten materialtechnischen und konstruktiven Voraussetzungen eingesetzt werden dürfen. Je häufiger die Platten einer Feuchteeinwirkung ausgesetzt werden, um so ausgeprägter tritt ausserdem eine kleine, jedoch irreversible Schrumpfung in Plattenebene ein [2].

Korkplatten

Der Naturstoff Kork ist ebenso wie Holz hygroskopisch und quillt bzw. schwindet feuchtigkeitsabhängig, jedoch weit weniger; ausserdem ist die kapillare Wasseraufnahmefähigkeit erheblich geringer als bei Holz. Dies gilt gerade auch für die heute handelsüblichen Korkplatten, die unter Druck und Wärme aus expandiertem (ziemlich stark erhitztem) Korkschrot hergestellt werden. Der so behandelte Kork ist verhältnismässig wasserabweisend; dies vor allem, wenn er zusätzlich, wie vielfach üblich, bituminiert wird.

Dennoch überwiegt auch bei den Korkplatten die feuchtigkeitsabhängige Schwind- oder Quellbewegung als Längen-

änderungsvorgang. Sie kann unter bestimmten Umständen durch die gegenläufige, relativ grosse Wärmedehnung teilweise kompensiert werden; beispielsweise kann die Korkisolation eines Flachdaches infolge Strahlungserwärmung um 30 °C eine Trocknungsschwindung von rd. 0,5% aufweisen, während die Wärmedehnung etwa 0,25% betragen mag. Hierbei spielt der Zeiteinfluss allerdings eine erhebliche Rolle: Kurzfristige Temperaturänderungen verursachen wegen der durch die niedere Rohdichte des Korks bedingten geringen Wärmeträgheit quasi spontane Wärmedilatationen. Wasserdampfdiffusionsvorgänge verlaufen dagegen weniger rasch und wirken sich deshalb erst in etwas grösserem Zeitraum (etwa während Stunden) voll aus.

Da die Korkschrötpartikeln in der Platte praktisch keine bevorzugte Orientierung aufweisen, sind die Dimensionsänderungen der Kork-Isolierplatten nur wenig richtungsabhängig.

Polystyrol-(PS-)Hartschaumstoff

Polystyrol-Schaumstoff wird nach zwei Verfahren hergestellt:

- durch Aufschäumen von blähfähigen, Treibgas (z.B. Pentan) enthaltenden und meist bereits vorgeschäumten Polystyrolpartikeln in Formen durch Wärmezufuhr (mittels Wasserdampf, Heisswasser u.a.)
- durch Extrusion von Polystyrolschmelze, der direkt Treibmittel beigegeben wird, zu fertigen Platten

Die überwiegend geschlossenen Zellen des somit normalerweise nicht kapillarporösen Schaumstoffes enthalten in jedem Fall noch Treibmittel, das entsprechend dem Gasteil- druckgefälle allmählich ausdiffundiert, wobei der Schaumstoffkörper irreversibel schwindet (Bild 7). Der von der Rohdichte abhängige Vorgang läuft hauptsächlich in der Anfangszeit nach der Schaumstoffherstellung ab und wird durch Wärmeeinwirkung intensiviert. Grundsätzlich ist es deshalb zweckmässig, nur während mindestens zweier Monate abgelagertes Material einzusetzen. Die verbleibende Restschwindung ist dann zwar klein, muss aber dennoch wegen der Irreversibilität vor allem bei grossflächigen Isolationen berücksichtigt werden.

Im übrigen weist PS-Schaumstoff eine nur mässig grosse rein thermisch bedingte Längenänderung auf; sie verläuft linear in Funktion der Temperatur, weil sich kurzfristig praktisch keine weiteren Dimensionsänderungen überlagern. Hygroskopisch und feuchtigkeitsquellbar ist PS-Schaum nur in vernachlässigbar geringem Masse.

Polyurethan-(PUR-)Hartschaumstoff

Polyurethan-Hartschaumplatten werden nach physikalischen Verfahren geschäumt, wobei dem Gemisch der beiden Reaktionskomponenten (Polyol und Polyisocyanat) ein Treibmittel zugesetzt wird (Lösungsmittel mit niedrigem Siedepunkt, z.B. Fluortrichlormethan), das bei der exothermen Aushärtungsreaktion verdampft und so das Reaktionsgemisch aufbläht. Die Eigenschaften der zäh-harten, materialtechnisch recht vielseitigen PUR-Schäume variieren je nach Art der Ausgangskomponenten, des Treibmittels und der Herstelltechnik. Die Dimensionsänderungen dieses Isolierstoffs haben folgende Ursachen:

- eine verhältnismässig grosse Wärmedehnung
- Dampfdruckveränderungen des Treibmittels in den grösstenteils geschlossenen Zellen infolge Temperaturänderung oder Ausdiffundierens des Gases
- feuchtigkeitsabhängige Schwindung oder Quellung, da PUR ähnlich wie zum Beispiel Kork sorptionsfähig ist (Bild 6).

Die entsprechenden Bewegungen des Schaumstoffs überlagern sich in komplexer Weise, wobei sie sich teilweise

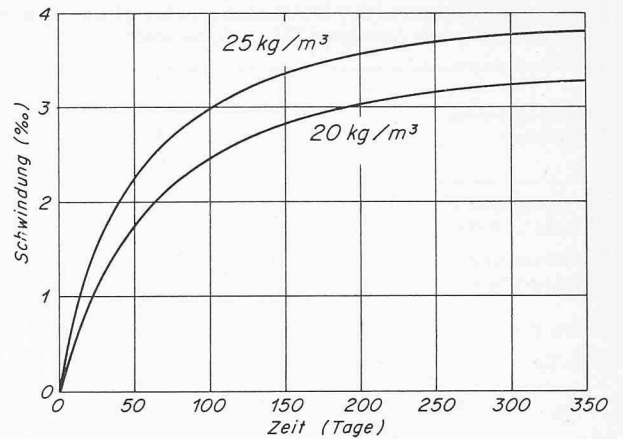


Bild 7. Irreversible, zeitabhängige Schwindung von Polystyrol-Hartschaumstoff zweier Rohdichten infolge Treibgasabgabe, nach [1]

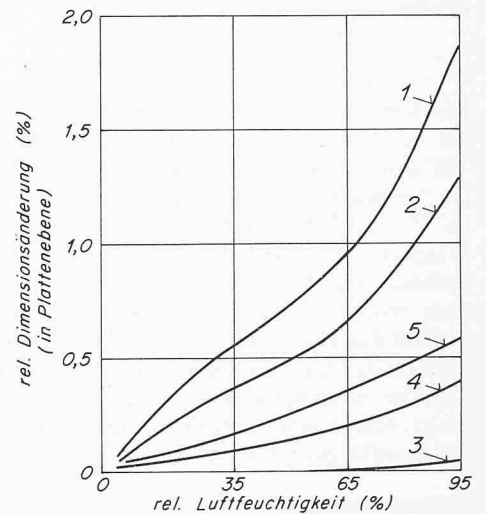


Bild 8. Verlauf der feuchtigkeitsabhängigen Dimensionsänderungen (Schwind- und Quellungsbewegungen) einiger Isolationsstoffe; Rohdichten vergleiche Tabelle 1. Bei Holzspan- und Faserplatten treten quer zur Plattenebene wesentlich grössere Dimensionsänderungen ein. 1 Kork; 2 bituminierter Kork; 3 PS-Schaumstoff; 4 Holzspanplatte; 5 Holzfaserweichplatte

kompensieren können. Sie sind sämtlich temperatur- und zum Teil ausgeprägt zeitabhängig. Da ausserdem die PUR-Zelldimensionen eine gewisse Orientierung in der Hauptschäumrichtung aufweisen, treten zumeist anisotrope Längenänderungen auf. So ergibt sich bei PUR-Hartschaum ein ziemlich uneinheitliches, zeitlich instationäres Dimensionsänderungsverhalten [3].

Grösse der Dimensionsänderungen

Die in der Tabelle 1 und den Bildern 5, 7 und 8 zusammengefassten Daten über die einzelnen Längenänderungsvorgänge stammen überwiegend aus EMPA-Untersuchungen an folgenden Materialien: Korkplatten (Backkork) mit und ohne Bitumenzusatz, blockgeschäumte gesägte und extrudierte PS-Schaumstoffplatten, PUR-Schaumstoffplatten¹⁾. Die Längenänderungen wurden überwiegend me-

¹⁾ Diese Untersuchungen wurden im Auftrage des Verbandes der Schweiz. Korkindustrie durchgeführt, der die Veröffentlichung der Ergebnisse verdankenswerterweise genehmigte.

Tabelle 1. Mittelwert (mit Standardabweichung) der verschiedenen Dimensionsänderungen einiger Isolierstoffe nach EMPA (Kork, PS und P R) sowie Lundgren [2] (Holzfaserplatten)

Isolierstoffplatten Materialtyp	Rohdichte kg/m ³	linearer Wärmeausdehnungs- koeffizient ¹⁾ m/m °C	maximale feuchtebedingte Längenänderung zwischen 30 und 90 % rel. Luftfeuchte %	irreversible Schrumpfung ²⁾ %
Kork (Backkork)	120	75 ± 15	1,3 ± 0,05	keine
Bitumierter Kork	160	77 ± 13	0,9 ± 0,05	
PS-Hartschaum			0,05 ± 0,02	0,12 0,15 0,10
- blockgeschäumt	20	63 ± 2		
- extrudiert	40	66 ± 2		
	40	60 ± 2		
PUR-Hartschaum (Treibmittel: Halogenalkan)				uneinheitlich, je nach Temperatur und Plattenrichtung bis 0,3
- parallel zur Plattenlänge	40	120 ± 5	1,0 ± 0,1	
- senkrecht zur Plattenlänge	40	105 ± 10	0,5 ± 0,05	
Holzfaserweichplatten (Dämmplatten)		unbekannt	Länge 0,4 Dicke 7,0	nach Befeuchtung 0,05 bis 0,10

¹⁾ Gewissermassen theoretischer Wert, der praktisch stets durch die anderen Längenänderungen überlagert wird, ausgenommen bei PS-Schaum.

²⁾ Insbesondere bei PS-Schaum erst im Verlaufe mehrerer Monate bis Jahren eintretend [1].

chanisch an rund 400 mm langen, aus handelsüblichen Platten geschnittenen Stäben im Temperaturbereich zwischen -30° und +40°C diskontinuierlich gemessen; zusätzlich wurde der Verlauf der Längenänderung über der Temperatur auch an 50 mm langen Proben kontinuierlich mit elektronischen Weggebern bestimmt. Da das Alter der Platten (nach Herstellung) nicht bekannt war, konnte die irreversible Schrumpfung zeitlich nicht lückenlos ermittelt werden und wurde deshalb aus Literaturangaben ergänzt. Ebenfalls dem Schrifttum entstammen die Daten über die Holzfaserweichplatten [2]. Der Stofffeuchtegehalt wurde zumeist nach dem chemischen Karl-Fischer-Verfahren bestimmt, das eine geringe Fehleranfälligkeit besitzt.

Schlussfolgerungen

Aus der Intensität der Längenänderungsvorgänge allein lässt sich die Dimensionsstabilität der Wärmeisolationsschicht nicht beurteilen. Da die Bewegungen im allgemeinen mechanisch behindert werden, ist auch die Kenntnis der Verformungskraft der Platten erforderlich [4]. Diese hängt von der Verformungssteifigkeit (bei Zug- bzw. Druckbeanspruchung) und von den rheologischen Eigenschaften (Fließverhalten) der Materialien ab. Da beispielsweise die Drucksteifigkeit der PS- und PUR-Hartschäume mit einer Rohdichte von etwa 40 kg/m³ doppelt so gross ist wie die der Korkplatten (rund 150 kg/m³), treten bei den Schaumstoff-

bewegungen auch dementsprechend grössere Verformungskräfte auf. Diese werden ausserdem ausgeprägt von der Stofftemperatur und gegebenenfalls von der Stofffeuchte beeinflusst, so dass die Verhältnisse, wie sie etwa in einer Flachdach-Isolationsschicht bestehen, recht komplex sind und quantitativ nur experimentell erfasst werden können. Da derartige Versuche jedoch recht arbeits- und zeitaufwendig sind, müssen die Bewegungsvorgänge und daraus sich ergebende Spannungen aus den Stoffkennwerten abgeschätzt werden. Vielfach mag auch eine qualitative Beurteilung der Dimensionsstabilität genügen, um Bauschäden zu vermeiden.

Literatur

- [1] F. Heck: Das Schwindverhalten von in Flachdächern eingebauten Polystyrol-Schaumstoffplatten. «Kunststoffe im Bau» (1967), Themenheft 6, S. 51-54.
- [2] A. Lundgren: Die hygroskopischen Eigenschaften von Holzfaserplatten. «Holz Roh-Werkstoff» 16 (1958), S. 122-127.
- [3] J.-C. Maréchal: Propriétés mécaniques et thermiques des matériaux isolants. «Annales Inst. Techn. Bat. Trav. Publ.» (1973), No 301, série Matériaux, No 44, p. 21-39.
- [4] K. Oberach: Wärmespannungen bei Kunststoffen. «Kunststoffe» 63 (1973), S. 798-802.

Adresse des Verfassers: Jürgen Sell, Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt, EMPA, Abteilung Holz, Überlandstrasse 129, 8600 Dübendorf.

Aus der Tätigkeit schweizerischer Korrosionsspezialisten im Jahre 1973

Von Prof. Dr. A. Bukowiecki, Zürich

DK 620.197

1. Vorbemerkung

Bei der vorliegenden Übersicht handelt es sich um eine bereits zur Tradition gewordene, seit 1970 alle Jahre regelmässig erscheinende Berichterstattung¹⁾. Sie stellt jeweils eine erweiterte Fassung des Jahresberichtes dar, den der Verfasser als schweizerisches Mitglied des Wissenschaftlichen Beirates der Europäischen Föderation Korrosion dieser Organisation periodisch zuzustellen hat.

¹⁾ Der Bericht des Vorjahres wurde in der «Schweizerischen Bauzeitung» 91 (1973), H. 22, S. 541-543 veröffentlicht.

2. Mitarbeit in der Europäischen Föderation Korrosion

Die Schweiz ist in den leitenden Organen der Europäischen Föderation Korrosion nach wie vor durch zwei Personen vertreten: Im Direktionskomitee seit September 1973 durch Dr. J. Weber, Gebr. Sulzer AG, der auf diesen Zeitpunkt den altershalber zurückgetretenen Dr. A.L. Saboz, BBC, ersetzt hat. Im wissenschaftlichen Beirat ist unser Land seit 1969 durch Prof. Dr. A. Bukowiecki repräsentiert.

Für 1973 war die Schweiz verpflichtet, der Föderation einen Referenten zur Verfassung eines gesamteuropäischen Überblicks über die Entwicklung auf dem Korrosionsgebiet im