

Polystyrol-Hartschaum als Dämmstoff  
im Hochbau – 25 Jahre Forschung  
im Dienst der Qualitätssicherung

**Dipl.-Ing. J. Achtziger, Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München**

---

## Polystyrol-Hartschaum als Dämmstoff im Hochbau – 25 Jahre Forschung im Dienst der Qualitätssicherung

---

Im Gründungsjahr der Güteschutzgemeinschaft Hartschaum, 1961, waren Schaumkunststoffe für das Bauwesen noch verhältnismäßig neu. Es waren noch stoffliche und anwendungsbezogene Fragen offen, die der Klärung bedurften. Eine durch die zunehmende Verbreitung von Polystyrolschäumen in der Praxis erforderlich gewordene Norm mußte erst erarbeitet werden.

Wenn heute Schaumstoffe zur selbstverständlichen Baupraxis gehören und in ihrer vielseitigen Anwendungsmöglichkeit zur Lösung wirtschaftlicher und energiesparender Bauarten unverzichtbar sind, ist das im wesentlichen ein Verdienst der Güteschutzgemeinschaft Hartschaum.

Die Geschichte dieser Güteschutzgemeinschaft ist eng verknüpft mit der Entwicklung wie auch laufenden Aktualisierung der einschlägigen Schaumkunststoffnorm (1) und bedeutet von Anfang an eine laufende Qualitätskontrolle im Rahmen der Überwachung. Diese wurde bereits vor Erscheinen einer Norm im Jahre 1962 aufgenommen. Die damit anfallenden Untersuchungsergebnisse bilden ein breites Fundament für abgesicherte Stoffkennwerte. Sie waren bei der stetigen Verbesserung des

Materials oft auslösendes Moment für die Erforschung von Schaumkunststoffeigenschaften unter Einbeziehung praxisorientierter Anforderungen. Einschließlich der damit verbundenen Anpassung und Optimierung der Prüfmethoden wurden hierdurch Vorleistungen erbracht, die zum großen Teil in die jeweilige Normungsarbeit eingingen und das Produkt für Hersteller und Anwender sicherer machten.

Vom Gründungsjahr vor 25 Jahren an war das Forschungsinstitut für Wärmeschutz (FIW) als Prüfstelle für die Güteschutzgemeinschaft Hartschaum tätig. Mitarbeiter des Forschungsinstituts waren stets Teilnehmer in Güte- und Arbeitsausschüssen. Aus dieser Sicht sollen, nach Eigenschaften gegliedert, für Polystyrol-Partikelschaum die wesentlichen Forschungs- und Meßergebnisse sowie ihr Einfließen in Normung und Anwendung dargestellt werden.

### **Signifikante Vergleichsgröße: die Rohdichte**

Fast über ein Jahrzehnt waren nach DIN 18 164 Rohdichtegrenzen für einen Bereich von 10 bis 40 bzw. 60 kg/m<sup>3</sup> recht großzügig und verallgemeinernd gezogen. Für Poly-



**Dipl.-Ing. J. Achtziger, Forschungs-  
institut für Wärmeschutz e.V. München**

---

styrol-Partikelschaum stellt die Rohdichte jedoch eine für typische Eigenschaften signifikante Vergleichsgröße dar, die außerdem leicht nachgeprüft werden kann. Die GSH legte deshalb bereits zu Anfang der Überwachung verschiedene Rohdichteklassen mit zulässigen Toleranzgrenzen fest (Bild 1). Die ersten Untersuchungen befaßten sich mit der Bestimmung von Abmessungen und Masse genügend ausgetrockneter Platten über einen Beobachtungszeitraum von 12 Wochen. Innerhalb der Meßunsicherheit war keine Änderung festzustellen.

Durch Aufteilen von Platten der Abmessungen 500 x 1000 mm in 50 Einzelproben wurde die Rohdichtestreuung untersucht. Sie war dann Grundlage für die Festlegung von Prüfkörperabmessungen und das Aufschneiden der Platten im Herstellwerk, um eine möglichst mittlere Rohdichte zu erhalten.

Mit zunehmender Überwachungspraxis stellte sich heraus, daß in mehreren Fällen trotz Einhaltung der Mindestrohddichte von 13 kg/m<sup>3</sup>

| Allgemeine Übersicht der Rohdichten |  |   |
|-------------------------------------|--|---|
| Jahr                                | Din 18164  | GSH Richtlinien bzw. Gütebedingungen  |
| 1963                                | 10 bis 40 kg/m <sup>3</sup>  | Typ 1 $\geq$ 13 kg/m <sup>3</sup><br>Typ 2 $\geq$ 16 kg/m <sup>3</sup><br>Typ 3 $\geq$ 20 kg/m <sup>3</sup><br>Trittschallplatten in belastetem Zustand $\geq$ 13 kg/m <sup>3</sup>   |
| 1966                                | 10 bis 60 kg/m <sup>3</sup>  |   |
| 1967                                |  | Typ 1 $\geq$ 13 kg/m <sup>3</sup><br>Typ 2 $\geq$ 16 kg/m <sup>3</sup><br>Typ 3 $\geq$ 20 kg/m <sup>3</sup><br>Typ 4 $\geq$ 25 kg/m <sup>3</sup><br>Typ T $\geq$ 13 kg/m <sup>3</sup> |
| 1971                                |  | PS 15 $\geq$ 15 kg/m <sup>3</sup><br>PS 20 $\geq$ 20 kg/m <sup>3</sup><br>PST keine Anforderung   |
| 1972                                | W $\geq$ 15 kg/m <sup>3</sup><br>WD $\geq$ 20 kg/m <sup>3</sup><br>WDS $\geq$ 30 kg/m <sup>3</sup> |   |
| 1973                                | T keine Anforderung  | PS 15 $\geq$ 15 kg/m <sup>3</sup><br>PS 20 $\geq$ 20 kg/m <sup>3</sup><br>PS 30 $\geq$ 30 kg/m <sup>3</sup><br>PST keine Anforderung  |

**Bild 1**

die erforderliche Wärmeleitfähigkeit nicht erreicht wurde. Als Konsequenz erfolgte im Jahre 1971 eine Anhebung der Untergrenze auf 15 kg/m<sup>3</sup>. Die Richtigkeit dieser Maßnahme bestätigt die Auswertung von Wärmeleitfähigkeitswerten über 25 Jahre hinweg. Mit einer statistischen Sicherheit und einer Aussagewahrscheinlichkeit von 90% wird bei einer Rohdichte von 15 kg/m<sup>3</sup> die Anforderung erfüllt. Höhere Rohdichten ergeben bekannterweise günstigere Wärmeleitfähigkeitswerte. 1972 wur-

den dann die Güteschutztypen in die Norm übernommen. Der Typ PS 25 wurde durch PS 30 ersetzt, nachdem sich herausgestellt hatte, daß anwendungstechnisch PS 20 ausreichend ist und in besonders druckbelasteten Fällen die Rohdichte auf mindestens 30 kg/m<sup>3</sup> erhöht werden muß.

Um festzustellen, ob auch nach einer Regelentnahme im Rahmen der Fremdüberwachung in gleichbleibender Qualität weitergefertigt wird, wurden erstmals 1974 in den Herstellwerken Platten des leichtesten Typs entnommen und ihre Rohdichte überprüft. Von 28 Herstellern erfüllten 23 die Rohdichteanforderungen. In 6 Fällen wurden die Mindestwerte um 1 bis 2 kg/m<sup>3</sup> unterschritten. Die mittlere Rohdichte betrug 16 kg/m<sup>3</sup>. Damit waren die Ergebnisse der Fremdüberwachung in etwa bestätigt.

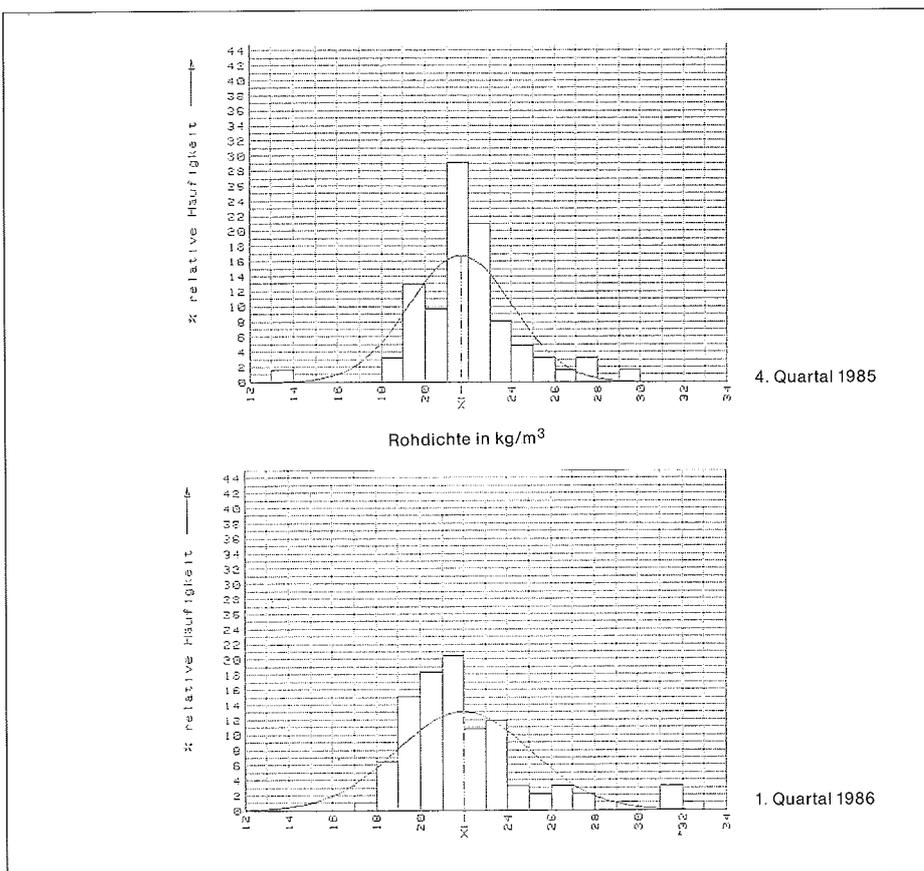
Mit gleicher Zielrichtung wurde in den Jahren 1984 bis 1985 Material des Typs PS 20 SE aus dem Baustoffhandel entnommen, soweit es dort aufgrund anderer Vertriebssysteme anzutreffen war. Von 22 entnommenen Bündeln unterschritten 50% die Mindestrohddichte. Auf dieses Ergebnis reagierte die GSH sofort mit einer Rohdichtekontrolle des Typs PS 20 SE in allen Herstellwerken. Die durchaus posi-

tiv zu bewertenden Ergebnisse sind in Bild 2 als Häufigkeitsverteilung für das letzte Quartal 1985 und das erste Quartal 1986 dargestellt. Zur Erhaltung einer gleichbleibenden Qualität dieses Typs wurden inzwischen über den üblichen Fremdüberwachungsumfang hinausgehende Rohdichteprüfungen beschlossen.

Bei Überwachungsbeginn nachbeschichteter Polystyrol-Hartschaumplatten und -bahnen wurde in Erweiterung des nach Norm erforderlichen Prüfumfanges auch die Rohdichte des Hartschaums bestimmt. Für den Anwendungstyp W erfüllten alle Proben die Mindestrohddichte von 15 kg/m<sup>3</sup>, für den Anwendungstyp WD wurde die Mindestrohddichte von 20 kg/m<sup>3</sup> in 38% der untersuchten Fälle unterschritten. Diese alarmierende Feststellung war das auslösende Moment, im Rahmen der GSH-Überwachung ergänzend zur DIN 18164 Teil 1 die Rohdichte des weiterverarbeiteten Materials zu bewerten. Dies führte zu einer schlagartigen Qualitätsverbesserung.

### **Wärmeleitfähigkeit: nicht nur von der Rohdichte abhängig**

Dem Nachweis der zeitlichen Konstanz der Wärmeleitfähigkeit galt



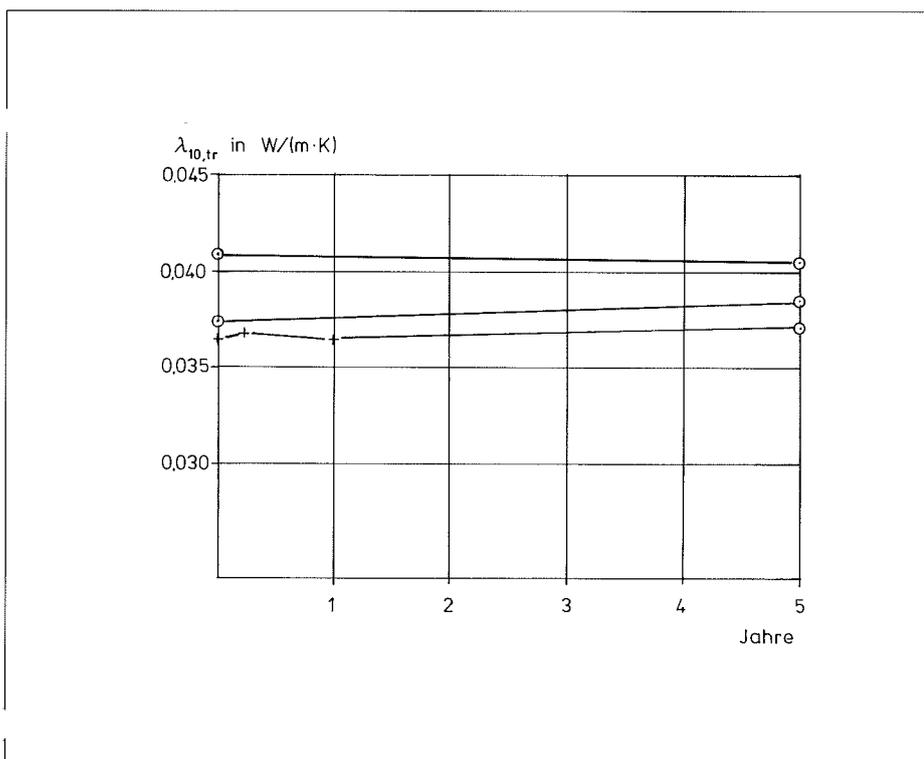
**Bild 2**  
**Häufigkeitsverteilung der Rohdichte im**  
**Rahmen zusätzlicher Werkskontrollen.**  
**Block-, Band- und Automatenplatten**  
**Anwendungstyp PS 20 SE (WD - B1)**

Dann wurde die Platte in 16 Einzelproben mit einer Kantenlänge von 120 mm aufgeteilt. Die Rohdichten lagen zwischen 10,7 und 20,7 kg/m<sup>3</sup>, die Wärmeleitfähigkeitswerte zwischen 0,0353 und 0,0406 W/(m·K). Die gemittelten Einzelwerte führten zu dem gleichen Ergebnis wie die Ausgangsmessung. Daß die Wärmeleitfähigkeit jedoch nicht nur von der Rohdichte abhängig ist, zeigen der niedrigste Meßwert von 0,0353 W/(m·K) bei 15 kg/m<sup>3</sup> und identische Meßwerte von 0,0405 W/(m·K) bei 10,9 und 18,3 kg/m<sup>3</sup>.

gleich zu Anfang eine besondere Bedeutung. Im Jahre 1969 wurde an Platten der Rohdichte 15 kg/m<sup>3</sup> die Wärmeleitfähigkeit nach 6 Wochen, 3 Monaten und einem Jahr bestimmt. 1970 ergänzte eine Meßreihe an 5 Jahre gelagerten, bereits 1965 untersuchten Platten der Rohdichte 12 kg/m<sup>3</sup> die vorliegenden Ergebnisse. Sie sind in Bild 3 grafisch dargestellt und zeigen keine Änderung der Wärmeleitfähigkeit mit der Zeit.

Rohdichtestreuungen innerhalb einer Platte werden durch die Messung im 500-mm-Gerät für das Zweiplattenverfahren erfaßt und gemittelt. Den Nachweis erbrachte die Messung an einer gezielt nach möglichst großen Rohdichteunterschieden ausgewählten Platte der Abmessung 500 mm x 500 mm x 30 mm. Bei einer mittleren Rohdichte von 14,8 kg/m<sup>3</sup> wurde die Wärmeleitfähigkeit bei 10 °C Mitteltemperatur mit 0,0390 W/(m·K) bestimmt.

Bis zur Überwachungsperiode 1968 wurde die Wärmeleitfähigkeit vereinbarungsgemäß an 20 mm dicken Platten gemessen. Für 1969 und die folgenden Jahre wurde festgelegt, jeweils die größere Dicke von zwei zu untersuchenden Dicken zu prüfen. Schlagartig zeigten sich signifikant höhere Wärmeleitfähigkeitswerte. Durch Abschneiden der 25 bis 50 mm dicken Platten auf einheitlich 20 mm und nochmalige Messung der Wärmeleitfähigkeit mit um 3 bis 13% besseren Ergebnissen war der Dicken-



**Bild 3**  
**Wärmeleitfähigkeit von Polystyrol-Hartschaumplatten in Abhängigkeit von der Lagerzeit.**

+ Rohdichte 15 kg/m<sup>3</sup>

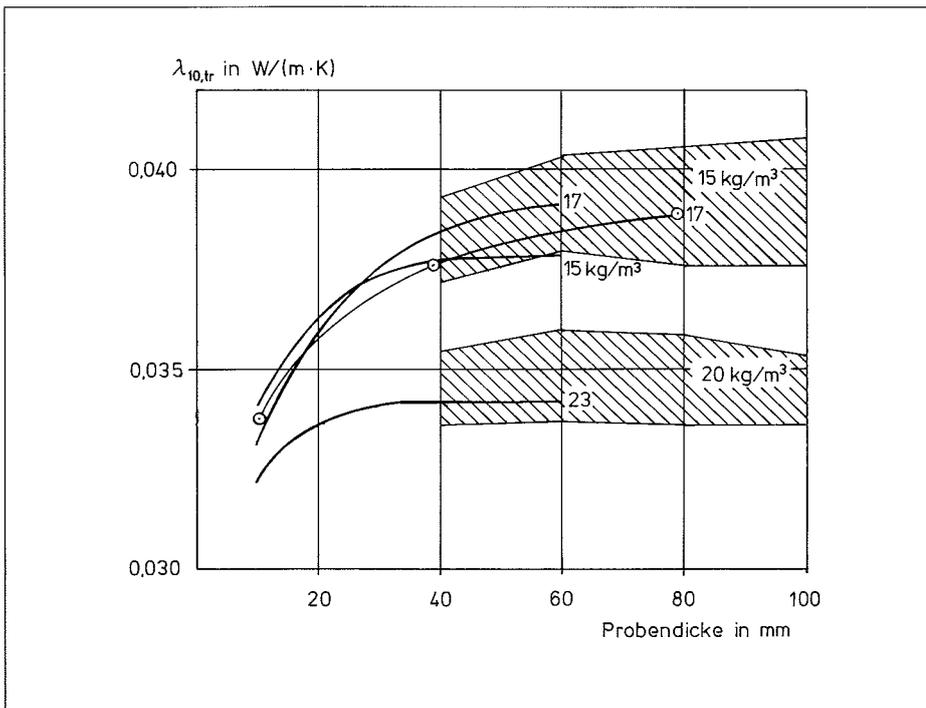
○ Rohdichte 12 kg/m<sup>3</sup>

effekt entdeckt. Er beruht auf einer Strahlungsdurchlässigkeit des Polystyrol-Hartschaums, die mit zunehmenden Masseanteilen, durch Rohdichte bedingt, abnimmt. Bild 4

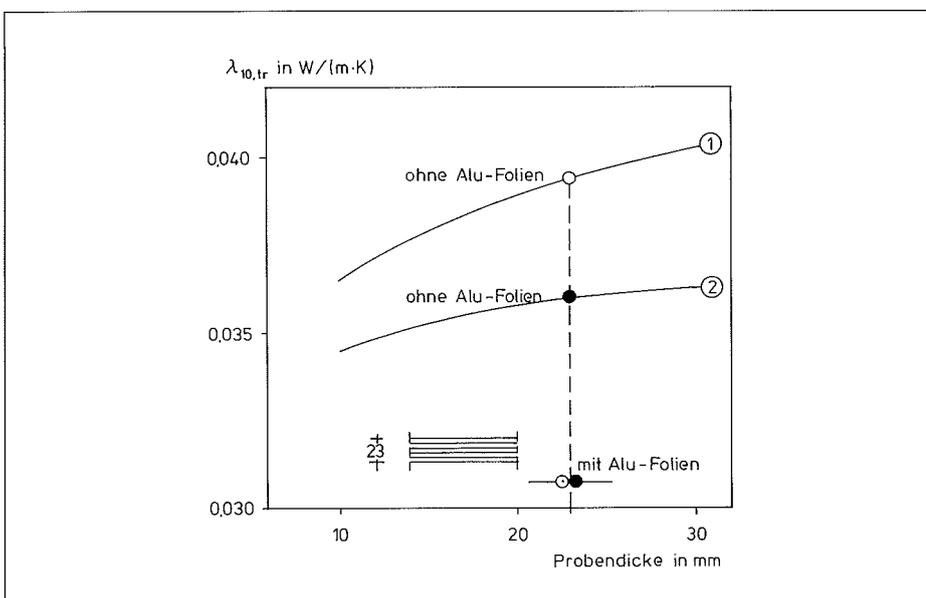
zeigt die Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit von der Probenstärke und der Rohdichte. Neben Einzelmessungen werden durch die schraffierten Berei-

che Versuchsreihen mit Produkten von 6 Firmen und unterschiedlichen Herstellungsverfahren gekennzeichnet. Dem Dickeneinfluß wird bei der Überwachung damit Rechnung getragen, daß ausschließlich die größere Dicke geprüft wird und diese bei den heutigen Dämmstoffdicken im unbeeinflussten Bereich der Abhängigkeit liegt. Die Strahlungsdurchlässigkeit bei gleicher Dicke wird aber nicht allein von der Rohdichte, sondern auch von der Herstellungsart und der Plattenstruktur beeinflusst. Das zeigt deutlich der Kurvenverlauf in Bild 4 für Proben mit 17 kg/m<sup>3</sup>, die in der Regel einen geringeren Dickeneinfluß aufweisen und aufgrund negativer Überwachungsergebnisse in die Versuchsreihe aufgenommen wurden. Eindeutiger geht der herstellbedingte Strahlungseinfluß aus der in Bild 5 gezeigten Meßreihe hervor. Platten annähernd gleicher Rohdichte weisen zunächst hohe Unterschiede der Wärmeleitfähigkeit auf. Nach Aufschneiden der 23 mm dicken Ausgangsplatten in ca. 5 mm dicke Scheiben und Einlegen von Alufolien wird der Strahlungseinfluß eliminiert, und die beiden Produkte haben die gleiche Wärmeleitfähigkeit.

Zur Einstufung in eine Wärmeleitfähigkeitsgruppe muß die Wärme-



**Bild 4**  
**Wärmeleitfähigkeit von Polystyrol-Hartschaumplatten in Abhängigkeit von der Probendicke.**



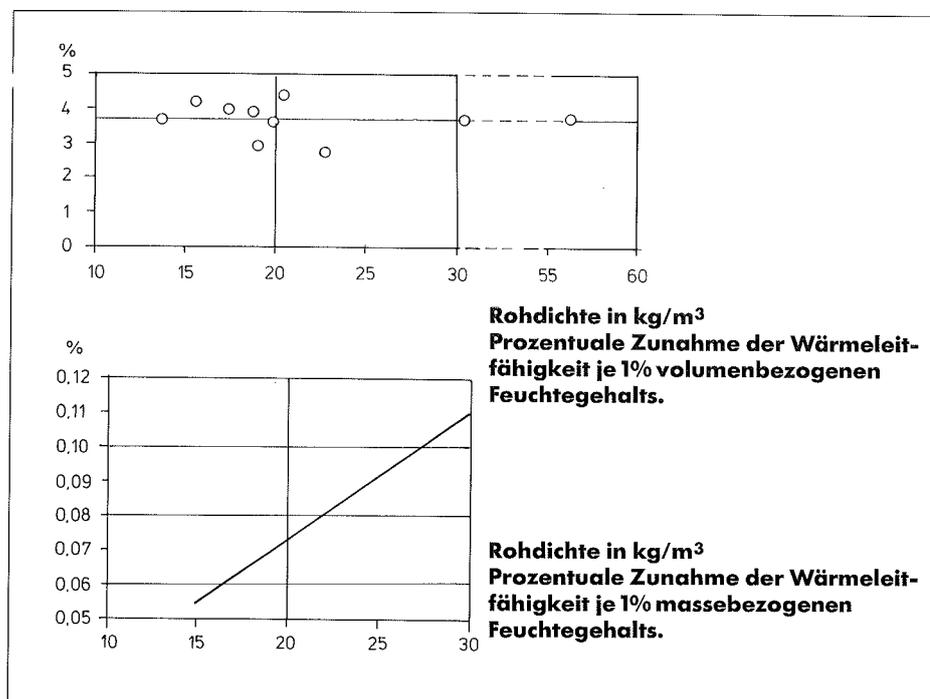
**Bild 5**  
**Wärmeleitfähigkeit von Polystyrol-Hartschaumplatten in Abhängigkeit von der Probendicke und Wärmeleitfähigkeit bei 23 mm Dicke ohne Strahlungsübertragung.**  
**Herstellwerk 1: Rohdichte 14  $kg/m^3$**   
**Herstellwerk 2: Rohdichte 15  $kg/m^3$**

leitfähigkeit einschließlich Zuschlag  $\lambda_z$  mindestens den Zahlenwert der Gruppe erreichen (hier 040 und 035). Die Wärmeleitfähigkeit  $\lambda_z$  berücksichtigt im wesentlichen Einflüsse des praktischen Feuchtegehalts und wird unter Zugrundelegung der Wärmeleitfähigkeit bei 10 °C Mitteltemperatur im trockenen Zustand mit Hilfe des Zuschlagwertes nach DIN 52612 Teil 2 (2) berechnet. Der Zuschlagswert war vom Normenausschuß Materialprüfung für Schaumstoffe anfangs mit 20% festgelegt worden. Im Jahre 1963 wurde der Zuschlagswert für Polystyrol-Hart-

schaum auf 10% reduziert. Aufgrund umfangreicher Messungen der Wärmeleitfähigkeit in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt konnte nachgewiesen werden, daß ein Feuchteeinfluß auf die Wärmeleitfähigkeit von Polystyrol-Hartschaum im Bereich des praktischen Feuchtegehalts nicht vorhanden ist. Der Zuschlagswert wurde folglich auf Beschluß des Normenausschusses 1977 auf den allgemein festgelegten Mindestwert von 5% reduziert, der nicht unterschritten werden soll, um auch Unwägbarkeiten beim Einbau abzudecken.

Die Untersuchung erfolgte an 10 Proben im Rohdichtebereich von 14 bis 50 kg/m<sup>3</sup>. Gleichzeitig wurden die Herstellungsverfahren wie Blockschaum, Automatenplatten und Bandware abgedeckt. Die Meßergebnisse werden in Bild 6 als prozentuale Zunahme der Wärmeleitfähigkeit je 1% Wassergehalt dargestellt. Die Zunahme ist bei volumenbezogenem Feuchtegehalt unabhängig von der Rohdichte. Entsprechend dem in DIN 4108 Teil 4 (3) angegebenen praktischen massebezogenen Feuchtegehalt von 5% ergibt sich für den ungünstigsten Fall der Rohdichte 30 kg/m<sup>3</sup> ein Feuchtezuschlag von 0,55%, der vernachlässigbar klein ist.

Für die Anwendung bei betriebstechnischen Anlagen muß die Wärmeleitfähigkeit in einem größeren Temperaturbereich bekannt sein. Die Ergebnisse für Mitteltemperaturen von -100 °C bis + 50 °C zeigt Bild 7. Die Untersuchung erstreckte sich auf die drei Anwendungstypen PS 15 SE, PS 20 SE und PS 30 SE.



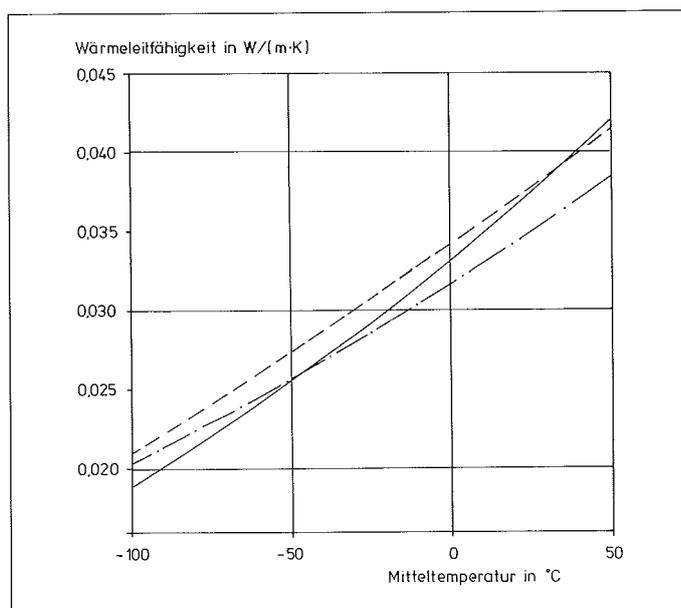
**Bild 6**  
**Einfluß des Feuchtegehalts auf die Wärmeleitfähigkeit von Polystyrol-Hartschaum.**

### Bereits 1964 festgestellt: formbeständig bis 80 °C

Die Erstausgabe der DIN 18164 enthielt Anforderungen, die für leichte Rohdichtetypen nicht verifiziert werden konnten. Aufgrund von Versuchen war 1964 festgestellt worden, daß Polystyrol-Hartschäume mit Rohdichten über  $13 \text{ kg/m}^3$  bei einer Prüflast von  $0,00025 \text{ N/mm}^2$  bis zu Temperaturen von  $80 \text{ °C}$  und mit Rohdichten über  $20 \text{ kg/m}^3$  bei einer Prüflast von  $0,02 \text{ N/mm}^2$  ebenfalls bis  $80 \text{ °C}$  formbeständig bleiben. Im Einführungsersaß zur Normausgabe 1966 wurde daraufhin zusätzlich die Formbeständigkeit bei  $80 \text{ °C}$  in Verbindung mit einer Dickenverminderung von 5% verbindlich für Schaumkunststoff unter der Dachhaut vorgeschrieben.

Die weiteren Untersuchungen befaßten sich mit den Einflüssen von Belastung, Versuchszeit und Prüftemperatur. Als Folge davon wurden die Belastungsdauer für den Anwendungstyp WD (PS 20 SE) bei  $20 \text{ °C}$  und  $80 \text{ °C}$  von je 7 auf 2 Tage verkürzt und somit die Anforderungen von höchstens 5% Dickenverminderung indirekt etwas abgemindert.

Als wesentliche Neuerung wurde für Stoffe unter erhöhter Belastung



**Bild 7**

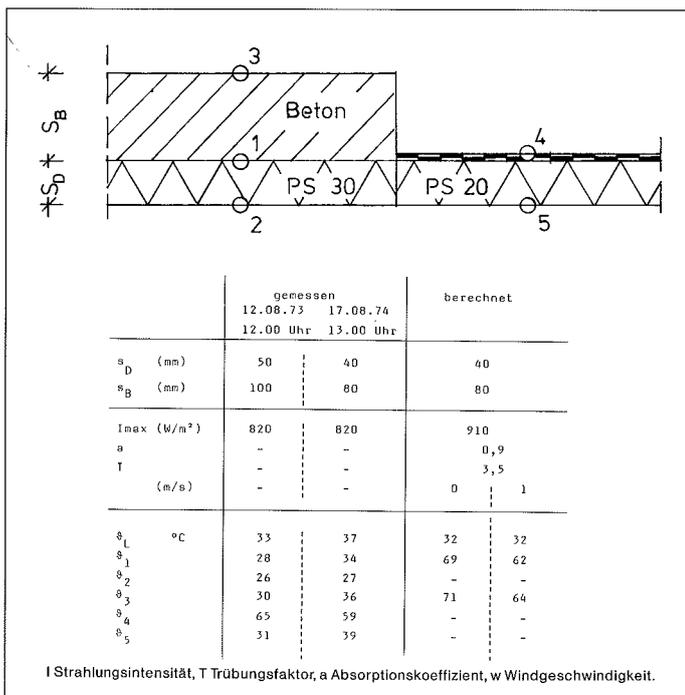
**Wärmeleitfähigkeit von Polystyrol-Hartschaum im Temperaturbereich von  $-100$  bis  $+50 \text{ °C}$**

— PS 15 SE, Rohdichte  $16 \text{ kg/m}^3$  (Werk 1)  
- - - PS 20 SE, Rohdichte  $21 \text{ kg/m}^3$  (Werk 2)  
— PS 30 SE, Rohdichte  $30 \text{ kg/m}^3$  (Werk 2)

(z. B. Parkdecks) nach entsprechenden Untersuchungen an Dächern die Temperatur von bisher  $80 \text{ °C}$  auf  $70 \text{ °C}$  gesenkt. Es hatte sich gezeigt, daß Temperaturen von  $80 \text{ °C}$  nach theoretischen Berechnungen unter gleichzeitiger Annahme ungünstigster Randbedingungen für Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit und Trübungsfaktor bei dieser Verwendungsart nicht auftreten und die Temperatur-

ren durch Praxismessungen auf dem Dach des FIW weiter unter berechneten Werten liegen. Bild 8 zeigt den schematischen Aufbau. In der Tabelle sind die für den heißesten Tag gemessenen und die berechneten Temperaturen sowie die zugehörigen Randbedingungen angegeben.

Zur Untersuchung herstellungsbedingter Einflußgrößen wurden



**Bild 8**  
**Maximale Temperaturen im Sommer für ein Flachdach und ein Parkdeck. Messungen auf dem Dach des FIW, Gräfelfing, und theoretische Ergebnisse der TU-München.**

### Bestimmung der Druckspannung: bereits in ersten Gütebedingungen enthalten

Bereits in den ersten Gütebedingungen von 1963 war die Bestimmung der Druckspannung bei 10% Stauchung enthalten. Dadurch konnten umfangreiche Daten gesammelt werden. Sie führten in Verbindung mit dem Forschungsvorhaben „Verhalten von Schaumkunststoffen unter Druckbeanspruchung bei 20° und 80 °C“ (4) zu den Festlegungen 0,1 N/mm<sup>2</sup> für Typ WD und 0,15 N/mm<sup>2</sup> für Typ WDS (heute WS) ab Normausgabe 1972. Meßergebnisse für Blockschaum mit 14 und 24 kg/m<sup>3</sup> sowie Automatenplatten mit 42 kg/m<sup>3</sup> zeigt Bild 9.

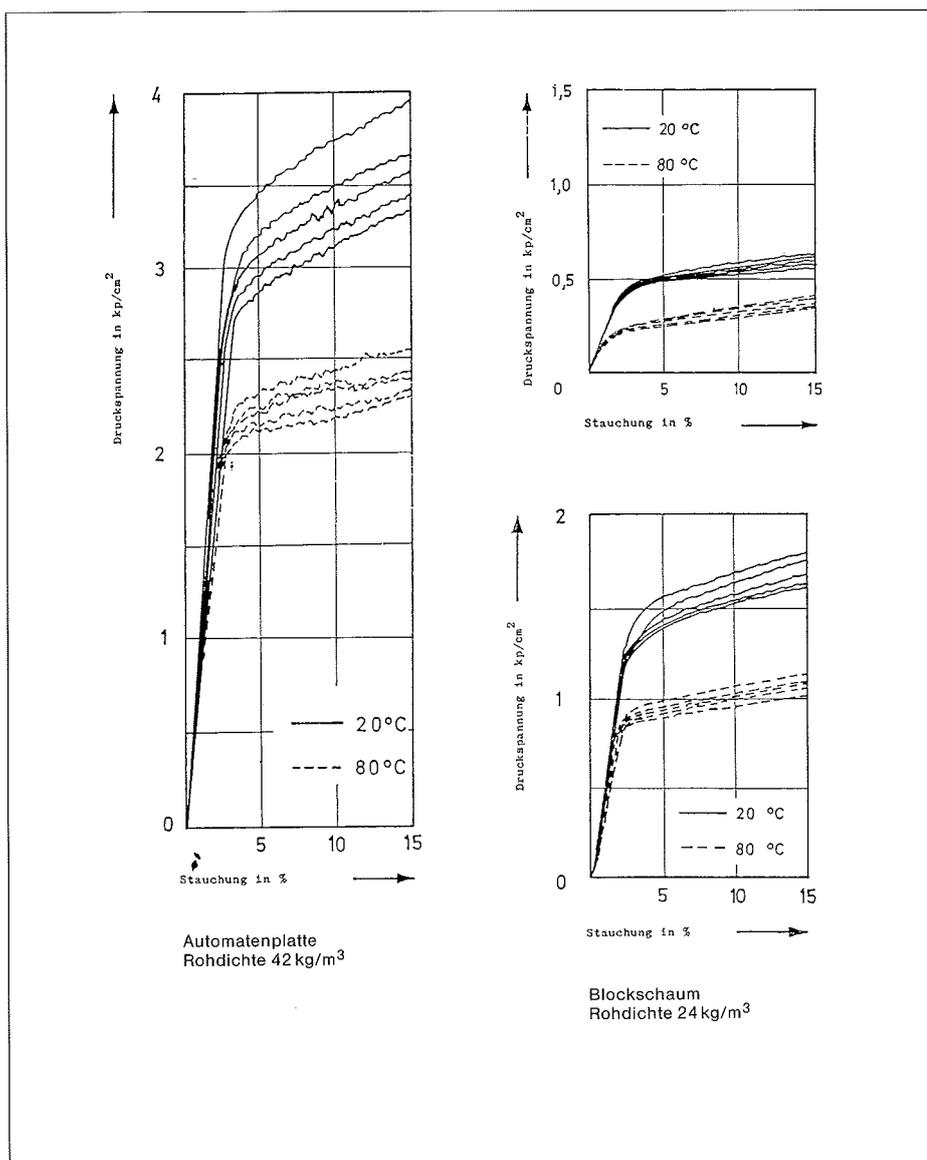
### Weitere Anforderungen: Zugfestigkeit, Scherfestigkeit, Biegefestigkeit

Die Zugfestigkeit wird als eine die Verschweißungsqualität kennzeichnende Eigenschaft seit Beginn

nach 20°/ 80°C; 0,02 N/mm<sup>2</sup> 48 Proben der Rohdichte 20 kg/m<sup>3</sup> gemessen, die sich nach Rohstoff, Hersteller, Art des Aufschneidens des Blockes und Zugabe von Ölen unterschieden.

Mit Ausnahme einer unter Zugabe von 0,3% Paraffinöl automatengefertigten Platte erfüllten alle Pro-

ben die Normanforderungen an die Formbeständigkeit bei 80 °C. Eine Abhängigkeit von der Art des Blockaufschnitts, des Rohstoffs und der Ölzugabe läßt sich anhand der vorliegenden Meßwerte, die innerhalb einer Charge stark streuen, nicht ableiten. In Lieferdicke gefertigte Automatenplatten verhalten sich geringfügig ungünstiger.



**Bild 9**  
**Druckspannung von Polystyrol-Hartschaum in Abhängigkeit von der Stauchung.**

der Überwachungstätigkeit bestimmt. Überlegungen, die Zugfestigkeitsprüfung durch die Messung der Scherfestigkeit nach DIN 53 422 (5) oder der Biegefestigkeit nach DIN 53 423 (6) zu ersetzen, scheiterten an der unbefriedigenden Korrelation der Meßgrößen.

In Verbindung mit Fassaden-Vollwärmeschutz-Systemen wird neuerdings die Scherfestigkeit als zusätzliche Anforderung ins Gespräch gebracht. Erste Untersuchungen zeigen entsprechend Bild 10 eine eindeutige Abhängigkeit der Zugfestigkeit von der Scherfestigkeit nach DIN 53 427 (7), so daß bei Vorliegen weiterer Ergebnisse auf die Prüfung der letzteren Eigenschaft verzichtet werden könnte. Die große Streuung bei der Scherfestigkeit nach DIN 53 422 scheint versuchsbedingt zu sein.

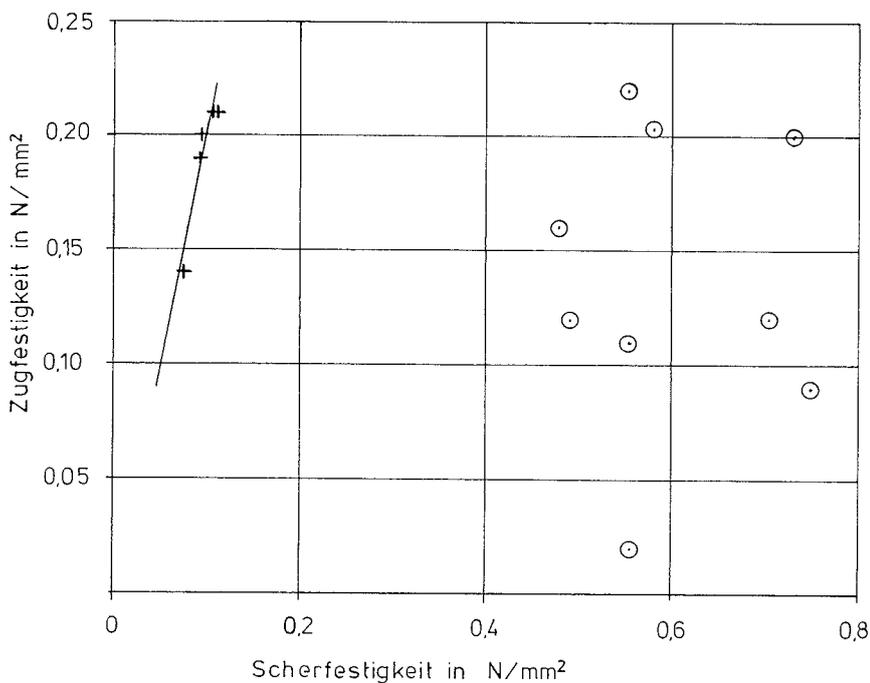
### **Langzeitverhalten: Dicken-, Längen- und Breitenänderung**

In der ersten Überwachungsperiode 1962/63 hatte die Untersuchung irreversibler Maßänderungen einen besonderen Stellenwert. An Platten von 5 Herstellwerken mit je 3 Rohdichtetypen wurden die Abmessungen nach Eintreffen im Prüfinstitut nach 4, 8 und 12

Wochen bestimmt. Die Dickenänderung lag innerhalb der Meßunsicherheit. Länge und Breite blieben in der Mehrzahl konstant

oder zeigten teilweise eine Schwindung bis 2‰ und in einem Fall bis 4‰. Die Lagerung bei erhöhten Temperaturen von 25, 40 und

65°C brachte keine zusätzliche Belastung des Materials. Auf Betreiben der Anwender wurde 1979 die Prüfung der irreversiblen Längenänderungen in die DIN 18164 Teil 1 aufgenommen. Der Festlegung von zulässigen Längenänderungen gingen umfangreiche Untersuchungen voraus. Platten der Rohdichten 15, 20 und 30 kg/m<sup>3</sup> mehrerer Hersteller wurden nach Eintreffen und nach 6 Wochen Lagerung gemessen. Bei Eintreffen waren die Proben etwa 1 Woche alt. Die Probeentnahme erfolgte aus möglichst frischgeschäumten Blöcken. Die maximale Längenänderung (Schwindung) von 0,3% zwischen Eintreffen und 6 Wochen Lagerung fand Aufnahme in die Norm.

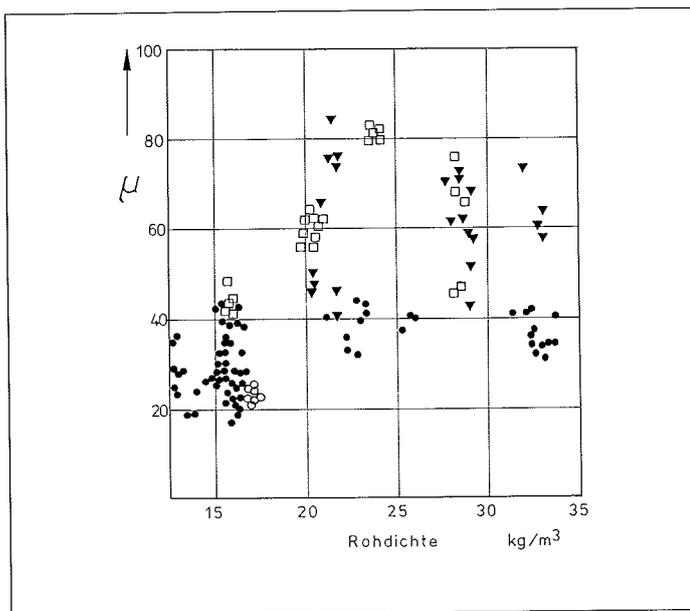


### Feuchteverhalten: Wasser wird hygroskopisch nicht aufgenommen

Polystyrol-Hartschaum nimmt unabhängig von Rohdichte und Herstellart bei Lagerung in feuchter Atmosphäre kein Wasser auf.

**Bild 10**  
Zugfestigkeit von Polystyrol-Hartschaum in Abhängigkeit von der Schersfestigkeit.

+ Schersfestigkeit nach DIN 53 427 (Rohdichte 15 kg/m<sup>3</sup>)  
o Schersfestigkeit nach DIN 53 422 (Rohdichte 14 bis 24 kg/m<sup>3</sup>)



**Bild 11**  
 Meßwerte der  
 Diffusionswider-  
 standszahl  $\mu$  von  
 Polystyrol-Parti-  
 kelschaum in  
 Abhängigkeit von  
 der Rohdichte.

- Blockware
- Blockware elastisch
- Bandware
- ▼ Automatenware

Dieser Nachweis wurde in Zusammen-  
 hang mit der Festlegung von Zus-  
 chlagswerten für die Wärme-  
 leitfähigkeit erbracht.

Für die Berechnung von Wasser-  
 dampfdiffusionsvorgängen stehen  
 Diffusionswiderstandszahlen nach  
 DIN 4108 Teil 4 zur Verfügung. Sie  
 liegen für PS 15 zwischen 20 und  
 50, für PS 20 zwischen 30 und 70  
 und für PS 30 zwischen 40 und 100.  
 Die Grenzwerte decken die jewei-

ligen durch Hersteller und Herstell-  
 art bedingten Streubereiche für die  
 einzelnen Rohdichteklassen ab. Die  
 Zahlen wurden im Rahmen einer  
 umfangreichen Meßreihe gewon-  
 nen und sind in Bild 11 zusam-  
 mgestellt.

**Brandverhalten:  
 Prüfzeichen des Rohstoff-  
 herstellers genügt  
 zur Kennzeichnung des  
 Endprodukts**

Während zu Beginn der Überwa-  
 chung der überwiegende Markt-  
 anteil aus leichtentflammbarem  
 Polystyrol-Hartschaum bestand,  
 löste die zunehmende Produktion  
 schwerentflammbarer Materialien  
 Bestrebungen zur Reduzierung des  
 Fremdüberwachungsumfangs ent-  
 sprechend den Prüfbescheiden  
 aus. Die Untersuchung des Einflus-  
 ses der Plattendicke zwischen 10  
 und 80 mm sowie der Rohdichte

zwischen 15 und 30 kg/m<sup>3</sup> an 3 Prüfanstalten kam zu dem vereinfachenden Ergebnis, daß im Rahmen der Fremdüberwachung für jeden verwendeten Rohstoff nur noch Platten einer beliebigen Dicke und Rohdichte geprüft werden.

Ab 1984 wurden für Plattenhersteller keine neuen Prüfbescheide mehr erteilt, und es genügte für die Kennzeichnung des Endprodukts die Verwendung des Prüfzeichens der Rohstoffhersteller, aus deren Rohstoffen die jeweiligen Plattenchargen hergestellt wurden. Voraussetzung zu dieser Erleichterung waren nicht zuletzt die seit 1978 zusätzlich von der GSH im Rahmen der Eigenüberwachung aufgenommenen Kontrollen. Sie umfassen das mit den Herstellern ausgearbeitete und bis heute praktikable Werktagbuch, aus dem die verwendeten Rohstoffe nach Menge und Herkunft leicht erkennbar sind, sowie den Versuch mit der Prüfeinrichtung zur Beurteilung von normalentflammbaren Baustoffen nach DIN 4102 Teil 1, Abschnitt 6.2. In GSH-Seminaren mit dem Thema „Eigenüberwachung des Brandverhaltens von Hartschaumdämmstoffen“ wurden die theoretischen Zusammenhänge dargestellt und mit Übungen am B2-Prüfgerät praktisch umgesetzt. Im Rahmen der Überwachung von

nachbeschichtetem Polystyrol-Hartschaum der Baustoffklasse B 2 stellte sich bei der Vielzahl von Kombinationsmöglichkeiten aus Deck- und Klebeschicht das Problem der Zusammenfassung vergleichbarer Produkte im Sinne einer praktikablen Übersicht und Minimierung des Prüfumfangs. Zur Absicherung der Klassifizierung der Deckschichten in Bitumenwerkstoffe, Holzwerkstoffe, Kunststoffe und metallische Werkstoffe wurden zunächst Platten mit einseitig durch Heißbitumen verklebten Dachdichtungsbahnen verschiedener Qualitäten untersucht. Entscheidend für die Beurteilung ist die Einstellung des Brenners zur Probe (Bild 12). Auch bei der Eigenüberwachung sollte die Beflammung nach der kritischsten Brennerstellung erfolgen. Laufende Beobachtungen während der Fremdüberwachung und Auswertungen nach Deckschichtmaterial, Dicke der Deckschicht und Auftragsmenge des Klebers sollen die getroffene Klassifizierung untermauern.

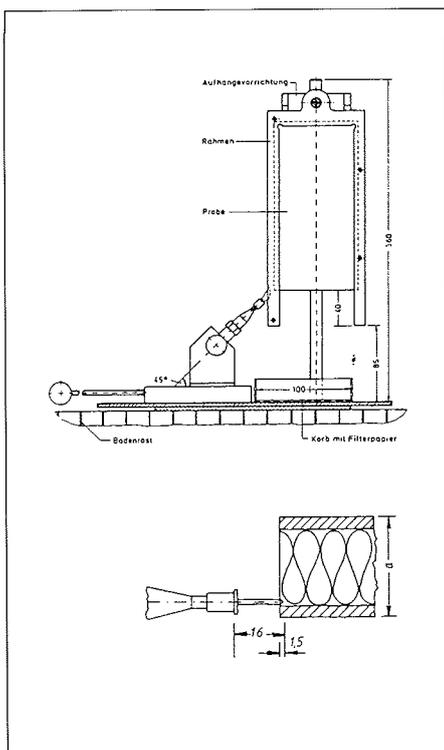
### **Schallschutz: bereits 1965 systematische Untersuchungen**

Das erste Normblatt (DIN 18164, Januar 1963) unterschied bereits zwischen Schaumkunststoffen, die

nur im nicht zusammengedrückten Zustand, und belastbaren Schaumkunststoffen, die auch im zusammengedrückten Zustand – z. B. bei schwimmenden Estrichen – verwendet werden dürfen. Die Dicke unter Belastung wurde bereits nach zusätzlichem Druckstoß bestimmt. Die Produkte der GSH wurden anfangs auf die Dämmschichtgruppe I mit einer dynamischen Steifigkeit von  $s' \leq 30 \text{ kN/m}^3$  beschränkt.

Im Jahr 1965 wurden erstmals systematische Untersuchungen der Rohdichte, Formbeständigkeit, Druckspannung, Wärmeleitfähigkeit und dynamischen Steifigkeit durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten die Erfüllbarkeit der DIN-Anforderungen. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Formbeständigkeitsprüfung wurde die Prüflast von 0,02 N/mm<sup>2</sup> auf 0,002 N/mm<sup>2</sup> reduziert. Sie entsprach damit auch den üblichen Deckenbelastungen. Die Prüftemperatur von 70 °C konnte beibehalten werden, nachdem experimentell nachgewiesen worden war, daß bei Beheizung mit einem eisernen Dauerbrandofen im ungünstigsten Fall zwischen Zementestrich und Polystyrol-Hartschaum eine Temperatur von 60 °C auftrat.

Die Ergebnisse aus der laufenden



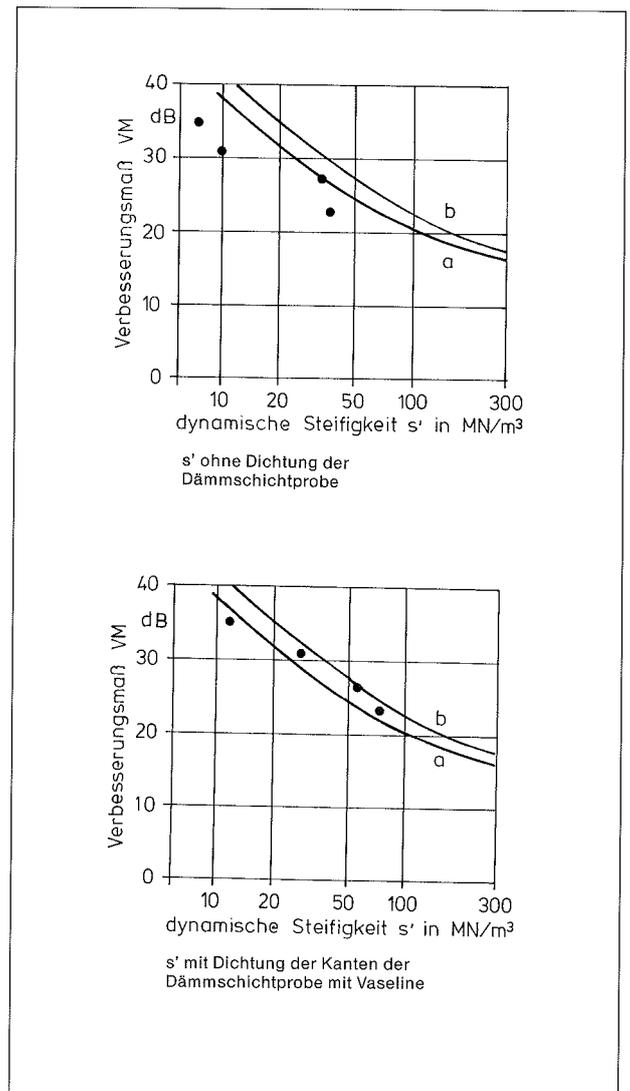
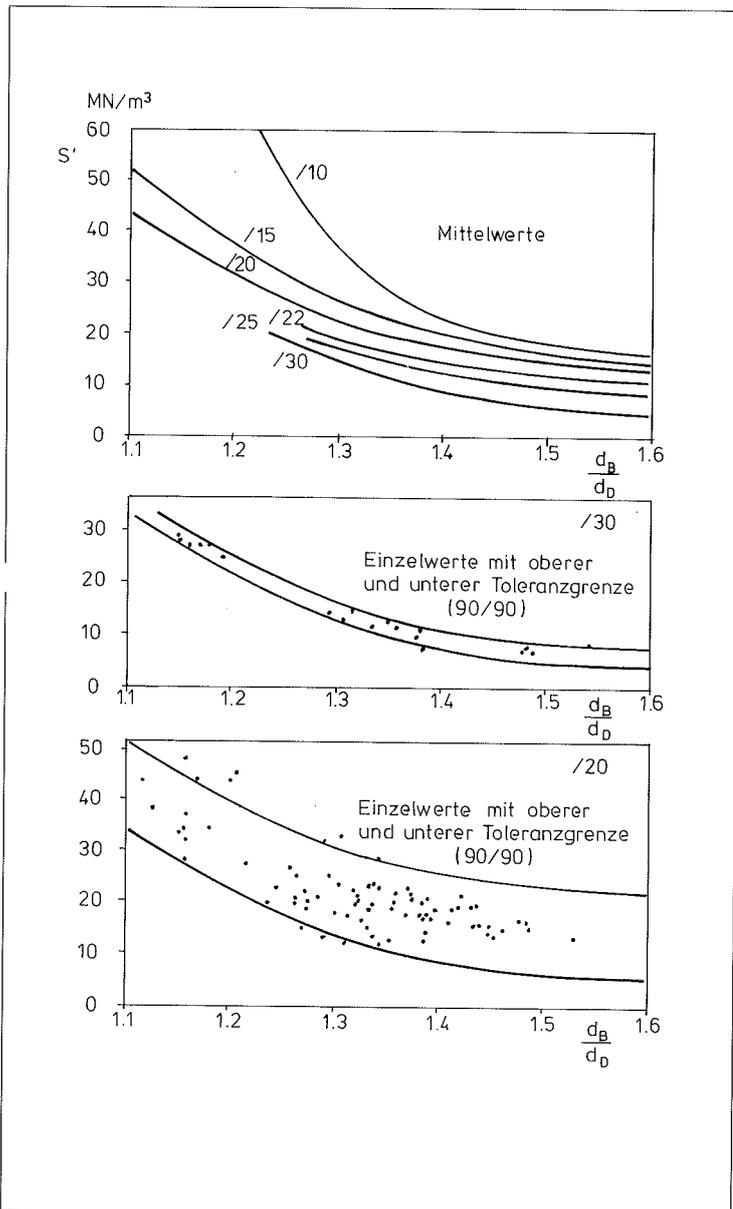
**Bild 12**  
**Schematische Darstellung des B2-Prüfgeräts mit der Versuchsanordnung für Zusatzversuche an beschichteten Platten.**

Überwachungspraxis und Parameterbetrachtungen wie die Abhängigkeit der dynamischen Steifigkeit vom Verhältnis  $d_L/d_B$ , der Rohdichte und der Dicke sowie die Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit von der Rohdichte und der Plattendicke werden in einer Veröffentlichung beschrieben (8). Bereits vor der Einführung der DIN 18164 T 2 (1979) wurde von einigen Herstellern die dynamische Steifigkeit im Rahmen der Eigenüberwachung geprüft. Durch den dazu erforderlichen hohen apparativen Aufwand suchte man zunächst

nach Ersatzlösungen. Unter diesem Gesichtspunkt wurde die Beziehung zwischen der dynamischen Steifigkeit  $s'$  und dem Elastizitätsverhalten von Trittschalldämmplatten beim Druckstoß untersucht. Dabei wurde die dynamische Steifigkeit als Funktion des Verhältnisses aus Dicke unter Belastung ( $2 \text{ kN/m}^2$ ) und Dicke beim Druckstoß ( $50 \text{ kN/m}^2$ ) dargestellt, da  $d_B$  im Rahmen der üblichen Eigenüberwachungsprüfungen bestimmt wird und die Dicke beim Druckstoß zusätzlich gemessen werden kann. Nach Bild 13 zeigen die Mittelwert-

kurven zwar eine eindeutige Abhängigkeit, doch läßt sich aus dem Streubereich der Einzelwerte aller Hersteller über zwei Überwachungsjahre leicht erkennen, daß das Verhältnis  $d_B/d_D$  nicht als Ersatzgröße für die Bestimmung der dynamischen Steifigkeit herangezogen werden kann. Auf Betreiben der GSH beschloß dann der Normenausschuß die Erweiterung der Eigenüberwachung um die Bestimmung der dynamischen Steifigkeit nach DIN 52 214 (9). Das Fachpersonal wurde in einem GSH-Seminar „Eigenüberwachung der dynami-

**Bild 13**  
**Dynamische Steifigkeit  $s'$  von Trittschalldämmplatten**  
**in Abhängigkeit vom Verhältnis aus Dicke unter Belastung  $d_B$**   
**und Dicke beim Druckstoß  $d_D$ .**



**Bild 14**  
**Vergleich des rechnerisch sich ergebenden Zusammen-**  
**hangs zwischen dem Verbesserungsmaß von schwim-**  
**menden Estrichen und Meßwerten an Estrichen auf**  
**Polystyrol-Schaumstoffplatten.**

- a:** Rechnung für Zementestrich von 35 mm Dicke
- b:** Rechnung für Zementestrich von 50 mm Dicke
- :** Meßwerte

schen Steifigkeit von Polystyrol-Trittschalldämmplatten" über die physikalischen Grundlagen und für die praktische Handhabung geschult. Aufgrund von Erfahrungen, daß die Berechnung des Trittschall-Verbesserungsmaßes VM eines schwimmenden Estrichs unter Zugrundelegung der dynamischen Steifigkeit  $s'$  gegenüber der unmittelbaren Messung an einem ausgeführten Estrich auf einer Decke zu günstige Werte ergibt, wurde von Professor Gösele der Zusammenhang der dynamischen Steifigkeit von Polystyrol-Hartschaumplatten und dem Trittschall-Verbesserungsmaß von darauf verlegten Estrichen untersucht.

In Bild 14 sind in zwei Diagrammen die VM-Werte von vier Dämmschichten in Abhängigkeit von der dynamischen Steifigkeit  $s'$  aufgetragen. Im ersten Diagramm sind die  $s'$ -Werte ohne Kantenabdeckung verwendet, wie sie bisher bei Prüfungen bestimmt worden sind.

Zum Vergleich sind die rechnerisch zu erwartenden Werte in Form zweier Grenzkurven eingetragen, wobei die eine sich auf einen Estrich von 35 mm Dicke, die andere auf einen solchen von 50 mm Dicke bezieht.

Die tatsächlich gemessenen VM-

Werte sind niedriger als nach der Rechnung, sofern man die Steifigkeitswerte benutzt, bei denen die Dämmstoffkanten nicht gedichtet worden sind. Werden jedoch der Darstellung die höheren Steifigkeitswerte bei abgedichteten Dämmstoffkanten zugrunde gelegt, dann ist die Übereinstimmung befriedigend.

Die Untersuchungen haben ergeben, daß – wie in der Baupraxis beobachtet – mit den bisher nach DIN 52 214 gemessenen Steifigkeitswerten bei Polystyrol-Hartschaumplatten sich rechnerisch zu günstige Werte ergeben (Unterschied ca. 2 bis 5 dB). Die Abweichungen sind auf einen Mangel der Meßmethode nach DIN 52 214, speziell bei Platten aus geschlossporigem Material, zurückzuführen. Er beruht darauf, daß die dünne-Luftschicht zwischen Fundament (= Decke) und Dämmschicht sich bei der Messung als viel zu weichfedernd ergibt. Ist der mechanische Kontakt zwischen Dämmschicht und Fundament relativ weichfedernd, dann ergeben sich Meßfehler.

Zur Abhilfe können zwei Wege beschritten werden:

- a) Die Dämmschichtprobe wird an den Kanten nach außen mit Vaseline oder ähnlichem gedichtet.

- b) Die Dämmschichtprobe wird ober- und unterseitig unmittelbar angekipst.

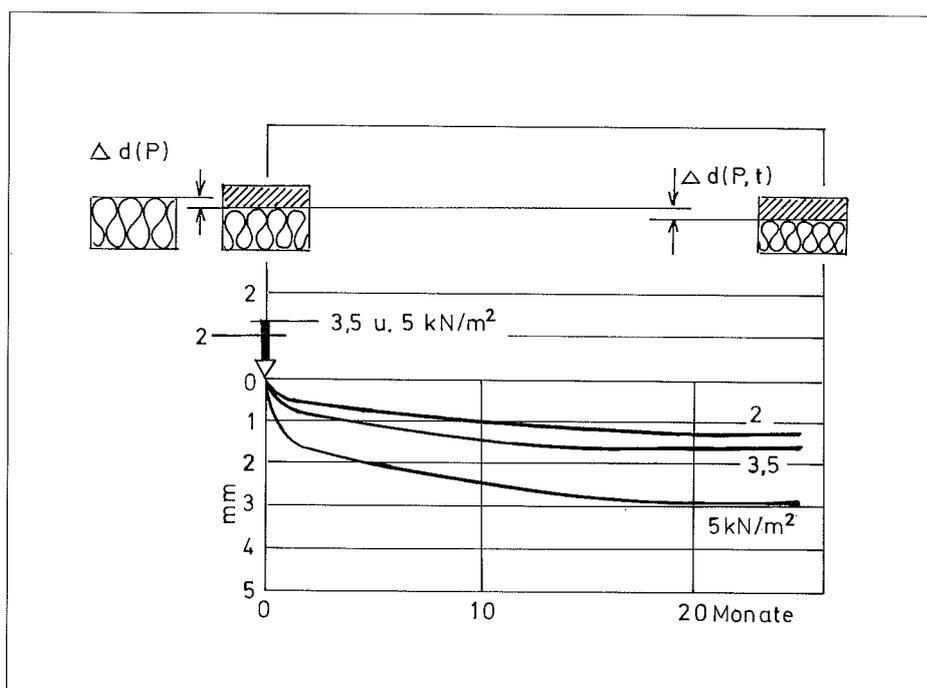
Der erstgenannten Lösung wird in akustischer Hinsicht der Vorzug gegeben. DIN 52 214 wurde in dieser Hinsicht ergänzt. Bei der Fremdüberwachung wird entsprechend verfahren.

Umfangreiche Vergleichsversuche zwischen GSH-Mitgliedern und dem FIW haben ergänzend gezeigt, daß zur Vereinfachung der Eigenüberwachungsprüfung der Abgleich beider Oberflächen mit Vaseline zu vergleichbaren Werten führt.

Da die Normprüfung keinen Aufschluß über das Langzeitverhalten gibt, wurde im Jahre 1970 erstmals die Dickenänderung unter statischer Belastung über ein Jahr beobachtet. Die Belastung betrug  $2 \text{ kN/m}^2$ , nachdem die Platten vorher dem Druckstoß von  $50 \text{ kN/m}^2$  ausgesetzt worden waren. In den ersten 150 Tagen erfolgte eine geringe Zusammendrückung, im weiteren Verlauf blieben die Dicken bis zum Abschluß der Versuche unverändert. Die Dickenverminderung betrug 0,6 bis 0,7% bei Rohdichten von 15 und  $14 \text{ kg/m}^3$ .

Die laufende Reduzierung der Roh-

dichten zur Erreichung kleinerer  $s'$ -Werte, die Anwendung großer Dicken zur Erfüllung der Anforderungen der Wärmeschutzverordnung und die von den Estrichverlegern erhobenen Vorwürfe zu weicher Dämmschichten machten eine neuerliche Untersuchung der Dickenbeständigkeit erforderlich. Geprüft wurden Platten der Dicken 55/50, 65/60 und 85/80 mit möglichst niedrigen Rohdichten. Die Belastung für die Prüfung bei Raumtemperatur betrug 2 sowie 3,5 und 5 kN/m<sup>2</sup>. Zusätzlich wurde bei einer Belastung von 5 kN/m<sup>2</sup> an der Dämmschichtoberseite mit einer Flächenheizung eine Temperatur von 40 °C bzw. 60 °C aufgebracht. Untersucht wurden 24 Proben. Eine Abhängigkeit der Dickenverminderung von den untersuchten Rohdichten mit 8,6 bzw. 8,8 und 12,0 bzw. 12,3 kg/m<sup>3</sup> sowie von der Dicke war nicht feststellbar. Hier wirken sich firmenspezifische Herstellverfahren stärker aus. Ebenso führte die einseitige Erhöhung der Oberflächentemperatur auf 40 bzw. 60 °C zu keinem negativen Einfluß. Die Ergebnisse entsprechen den Dickenänderungen bei Raumtemperatur. Bild 15 zeigt für den ungünstigsten untersuchten Fall die Zusammendrückung unmittelbar nach Aufbringen der Flächenlast ( $\Delta d(P)$ ) und während der Belastungsdauer ( $\Delta d(P, t)$ ). Die End-

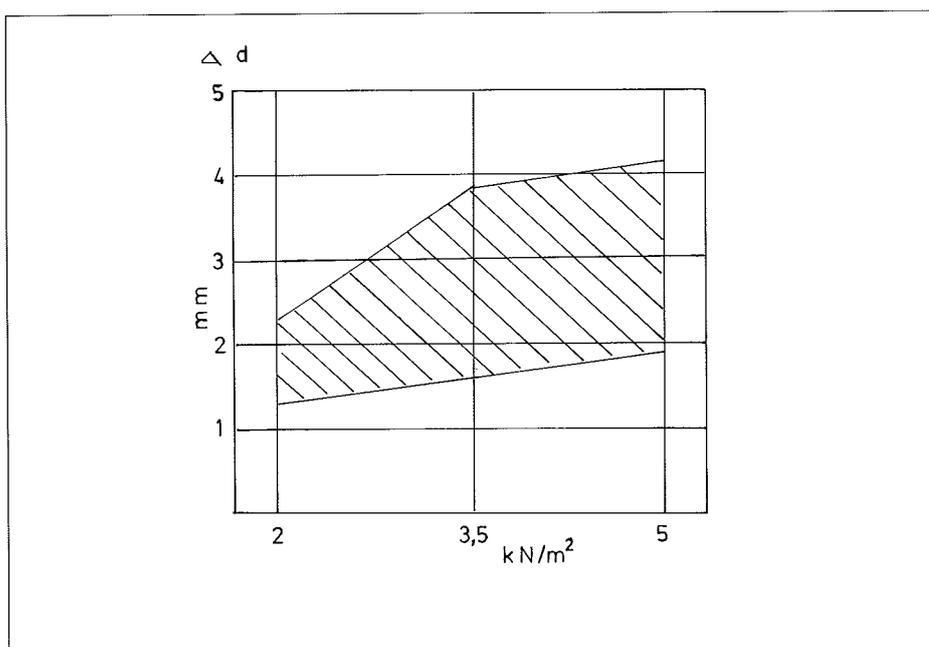


**Bild 15**  
**Dickenverminderung von Trittschalldämmplatten in Abhängigkeit von der Zeit für die Belastung 2, 3,5 und 5 kN/m<sup>2</sup>.**  
**Dicken: 85 / 80 mm – Rohdichte: 8,8 kg/m<sup>3</sup>**

werte der Dickenverminderung  $\Delta d$  für die einzelnen Belastungsfälle, Dicken und Herstellwerke sind in Bild 16 zusammengestellt.

Zur Aufnahme einer Tabelle für Ausführungsbeispiele für Dachschrägen in Holzbauweise mit Wärmedämmung aus Polystyrol-Hartschaum in DIN 4109, Teil 6 (10) wurde beim Institut für Baustoffkunde und Stahlbetonbau der TU

Braunschweig die Luftschalldämmung von 18 Dachkonstruktionen bestimmt. Untersucht wurden Dachschrägen mit Lage der Dämmschicht oberhalb, zwischen und unterhalb der Sparren, Dacheindeckungen mit Betondachsteinen und Falzziegeln, sowie verschiedenen raumseitigen Beplanungen der Dachsparren mit Gipskartonplatten und Holzspanplatten. Das bewertete Schalldämm-



**Bild 16**

**Dickenveränderung von Trittschalldämmplatten unter Belastung von 2, 3,5 und 5  $\text{kN/m}^2$  nach 25 Monaten Belastungsdauer.**

**Ausgangsdicke ist die Lieferdicke.**

**Dicken: 55 / 50, 85 / 80 – Rohdichten: 8,6 bis 12,3  $\text{kg/m}^3$**

Maß liegt zwischen 36 und 48 dB. Lüfterziegel wirken sich nicht nachteilig aus. Die zunehmende Masse der Dacheindeckung verbessert den Schallschutz, innere Beplanungen aus Holzspanplatten sind günstiger als Gipskartonplatten etwa gleicher Dicke, und am wirkungsvollsten ist die Kombination beider Schichten.

### Zusammenfassung

Mit Aufnahme der Überwachung von Polystyrol-Hartschaumplatten durch die Güteschutzgemeinschaft Hartschaum lag zunächst der Schwerpunkt für einen auf dem Sektor des Hochbaus relativ neuen Stoff im Nachweis der Beständigkeit von thermischen und mechani-

schen Eigenschaften. Dabei erwiesen sich Abmessungen, Rohdichte und Wärmeleitfähigkeit im anwendungsbedingten Temperaturbereich als zeitlich stabil.

Durch das vergleichbare Einsatzgebiet von Dämmstoffen aus Polystyrol-Hartschaum und mineralischen sowie pflanzlichen Fasererzeugnissen wurde die erste Schaumstoffnorm in wesentlichen Teilen von der älteren DIN 18165 „Faserdämmstoffe für den Hochbau“ beeinflusst. Die besonderen Verwendungsmöglichkeiten des Hartschaums wie z. B. unter Druckbeanspruchung erforderten die Erprobung und Einführung neuer Stoffanforderungen und deren experimenteller Nachweisverfahren.

Für Trittschalldämmplatten wurde das Verfahren zur Bestimmung der dynamischen Steifigkeit geringfügig modifiziert, um bei der rechnerischen Ermittlung des Verbesserungsmaßes von schwimmenden Estrichen auf vergleichbare Werte aus Deckenversuchen zu kommen.

Die Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit können nach Reduzierung des Zuschlagswertes für anwendungsbezogene Einflüsse auf den derzeitigen Mindestwert von 5% mit hoher statistischer Sicherheit von den einzelnen Herstellern erfüllt werden.

---

Für das Verhalten in der Praxis liefern Druck- und Formbeständigkeitsprüfungen bei normaler und erhöhter Temperatur, die Korrelation zwischen Scherfestigkeit und Zugfestigkeit sowie Langzeitversuche an Trittschalldämmplatten mit unterschiedlicher Belastung wertvolle Entscheidungshilfen. Die gleichbleibende Qualität wird u. a. über die Normenanforderungen hinaus durch zusätzliche Prüfungen insbesondere an weiterverarbeiteten Produkten gewährleistet.

Die systematische und statistische Auswertung der Untersuchungsergebnisse ist ein wertvoller Maßstab für die Bewertung der verschiedenen Eigenschaften und ihrer Anforderungstoleranzen. Sie findet Eingang in die jeweils aktuelle Normungsarbeit und hilft den einzelnen Herstellwerken in der Bewertung ihrer Erzeugnisse.

### **Literatur**

---

(1) DIN 18164: „Schaumkunststoffe als Dämmstoffe für das Bauwesen“, Teil 1: Dämmstoffe für die Wärmedämmung, letzte Ausgabe 1979, Teil 2: Dämmstoffe für die Trittschalldämmung, letzte Ausgabe 1979.

(2) DIN 52 612 Teil 2: „Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit mit dem Plattengerät, Weiterbehandlung der Meßwerte für die Anwendung im Bauwesen“.

(3) DIN 4108 Teil 4: „Wärmeschutz im Hochbau; Stoffkennwerte“.

(4) Zehendner, H.: „Verhalten von Schaumkunststoffen unter Druckbeanspruchung bei 20 und 80 °C“; Kunststoffe im Bau, Themenheft 23.

(5) DIN 53 422: „Prüfung von harten Schaumstoffen, Scherversuch“.

(6) DIN 53 423: „Prüfung von harten Schaumstoffen, Biegeversuch“.

(7) DIN 53 427: „Bestimmung der Scherfestigkeit von harten Schaumstoffschichten zwischen Metallplatten“.

(8) Achtziger, J.: „Schaumkunststoffe als Dämmstoffe für die Trittschalldämmung“; Kunststoffe im Bau, Themenheft 29.

(9) DIN 52 214: „Bestimmung der dynamischen Steifigkeit von Dämmschichten für schwimmende Estriche“.

(10) DIN 4109 Teil 6: „Schallschutz im Hochbau; Bauliche Maßnahmen zum Schutz gegen Außenlärm“.

