

## Neue Lichtmikroskopiertechnik ermöglicht neue Erkenntnisse über Schaumstoffeigenschaften.

Lichtmikroskopaufnahmen: Kurt Olbrich, Interdisziplinäre Grundlagenforschung.

**Qualitätsunterschied zwischen Trittschall- und Verpackungsfolien aus PE-Schaum wird sichtbar, nachmessbar und auswählbar / Wie erkennt man die unterschiedlichen Wärmeleitfähigkeiten von 0,045, 0,042 und 0,039 bei PE-Schaumrohrisolierungen? / Die besondere Qualität von PUR-Hartschaumdämmplatten erkennt man an der Schaumstoffzellengeometrie, an den mikroporendichten Zellenwänden und den hohlprofilähnlichen Stegen.**

Für den 25. 4. 1985 hatte das Institut für das Bauen mit Kunststoffen, IBK zu einem Seminar „Dämmung von Rohren nach der Heizanlagenverordnung“ eingeladen. In einer Vorankündigung für die Presse hieß es:

„Der **BD Dipl.-Ing. Kapmeyer** von BM-Bau wird über die Entstehung und den Inhalt der Heizanlagenverordnung sprechen. Herr **Dipl.-Ing. Zehender** vom FIV wird über Dämmstoffe, Eigenschaften, Anforderungen und Nachweise referieren. Herr **Olbrich** wird von seinen Forschungen über Schaumstrukturen berichten, woraus sich kritische Betrachtungen zu den Eigenschaften ergeben, was wiederum Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit hat. Hiermit werden erstmalig Erkenntnisse öffentlich vorgestellt, wonach festgefügte Ansichten neu zu überdenken wären. Anwendungsbezogene Vorträge über die verschiedenen Dämmstoffgruppen runden das Thema ab.“

Nun, später verließ die Verantwortlichen des IBK der Mut und sie strichen den Vortrag von Herrn Olbrich aus dem Programm.

Wie dem auch sei, im folgenden soll der Versuch unternommen werden, die in der Tat atemberaubenden Möglichkeiten der neuen Lichtmikroskopiertechnik von Kurt Olbrich zumindest ansatzweise erkennbar und verständlich zu machen.

### Einleitung

Der Markt wird immer enger, die Anforderungen an das Produkt höher, der Schutz der Umwelt und die Schonung der Ressourcen immer dringlicher und der Trend zu immer umfangreicherer Produzentenhaftung unverkennbar. Diese und weitere aktuelle Gegebenheiten wirken sich immer gewichtiger auf Produktion und Handel aus. Der sich zunehmend verschärfende Wettbewerb reicht heute bis in die Arbeit der Normenausschüsse, das Zulassungs- und Verbandswesen. Dadurch wird einerseits der Zwang größer, bereits in der Produktionsstufe Fehler umgehend abzustellen, die Qualität schneller verbessern zu können (ohne größeren Aufwand, versteht sich) und auf wem auch immer die Beweislast in Auseinandersetzungen lastet, lechzt man nach schnell greifbaren und eindeutigen Hilfsmitteln. Die neue Lichtmikroskopiertechnik ist bereits heute aus Gutachten und Produktionsoptimierungen nicht mehr wegzudenken.

Im folgenden sollen nur die Bereiche Trittschallschutz, Verpackungsschaumfolien, Rohrisolierungen und PUR-Hartschaumdämmstoff angesprochen werden.

Im Gegensatz zu Wärmedämmstoffen werden die Materialien zur Trittschalldämmung nicht nach der Dichte, sondern nach ihrer dynamischen Steifigkeit und einer gleichzeitig möglichst geringen Zusammengehörigkeit bewertet.

Von Seiten der Bauphysik ist alles klar. Vom Gesetzgeber her gesehen ist nun PE-Schaum aber ein „zulassungsbedürftiger Dämmstoff“, da extrudierter PE-Schaumstoff als Trittschalldämmstoff einer bauaufsichtlichen Zulassung bedarf, weil er nicht in der zuständigen DIN 18 164, Teil 2 genannt worden war (... die PE-Schaum-Lobby muß seinerzeit im Urlaub gewesen sein). Dr.-Ing. Hans-Peter Lühr, der für diese Zulassungen verantwortliche Sachbearbeiter beim Institut für Bautechnik (Berlin), formulierte [1] das Notwendige kompetent folgendermaßen: „Die im Rahmen der Zulassungsprüfungen nachzuweisenden Anforderungen gelten für Schaumstoffbahnen, die bei Massivdecken der Gruppe II mit Anforderungen an den Trittschallschutz nach DIN 4109 verwendet werden sollen. Im Rahmen der Zulassungsprüfungen sind neben einem Trittschall-Verbesserungsmaß von mindestens 19 dB und einem ausreichenden Brandverhalten (mind. Baustoffklasse B2 nach DIN 4102 Teil – normalentflammbar) Nachweise hinsichtlich einer gleichmäßigen Dichte und Zellenstruktur, der Dicke unter Belastung, der Formbeständigkeit unter Belastung und Wärmeeinwirkung, der dynamischen Steifigkeit und Zugfestigkeit sowie der Rohdichte und Wärmeleitfähigkeit zu führen.“

Bei der Dämmung von Rohren nach der Heizanlagenverordnung liegt ein ähnliches Problem vor wie beim Trittschallschutz, d.h. ein Teil der Dämmstoffe ist bereits von Normen erfaßt (hier Mineralwolle und PUR-Hartschaum), ein Teil nicht (Kautschuk- und PE-Schaum). An sich begrüßen alle eindeutige und nachvollziehbare Vorschriften des Gesetzgebers. Eine Konfusion wurde allerdings dadurch ausgelöst, daß bei der Umrechnung von Dämm-dicken gemäß § 6 Abs. 3 keine verbindlichen Vorgaben von

Seiten des Verordnungsgebers erlassen wurden. Er weist nur ganz allgemein auf die „anerkannten Regeln der Technik“ hin. Und genau hier liegt der Hund begraben, wie eine Analyse der gängigen Rechenverfahren [2] deutlich macht:

Es gibt von der HeizAnIV tolerierte

- Unterschiede bei den Wärmeverlusten bis zu 30% (für gedämmte Rohre gleicher Dämmstärke) auf Grund des groben Rasters bei der Zuordnung der Dämmdicken zu den einzelnen Rohrenweiten;
- Unterschiede bei gleichen Nennweiten und der Verwendung des gleichen Dämmstoffes bis zu 20% bei den Wärmeverlusten, je nachdem ob Kupfer-, VPE- oder Stahlrohr zu dämmen ist;
- Spielräume bei der DIN bezüglich der Wärmeleitfähigkeits-Messungen bis zu 10% ( $\pm 5\%$ ).

In der Praxis kommt zudem hinzu, daß durch thermostatgesteuertes Ein- und Ausschalten der Heizung kein gleicher Wärmedurchgang gegeben ist, der aber als Prämisse für sämtliche Rechenmethoden zu Grunde gelegt wird. Unter gleichem Wärmedurchgang wird insbesondere verstanden: konstante Durchflußmenge, konstante Temperatur des Mediums und der Umgebung sowie konstantbleibende Wärmeleitfähigkeit. Alle diese Annahmen stellen grobe Vereinfachungen dar.

In den einschlägigen Werbemitteln der gequälten und teilweise auch ratlosen Anbieter von PE-Schaum-Rohrisolierungen umspannt denn auch die Argumentation bzw. „Information“ hinsichtlich der Wärmeleitfähigkeit folgende (nicht vollständigen) Aussagen von

- 0,040 bei 0°C (= 0,047 bei 40°C!)
- 0,040 nach DIN 52 612 (nur für Platten zulässig)
- 0,040 nach DIN 52 613
- 0,040 als geprüfter Wert
- 0,040 als vorhandener Rechenwert
- 0,040 als verhöflichter Rechenwert (also incl. Fremdüberwachung)

bis hin zu Formulierungen wie „Wärmeleitfähigkeit EMPA geprüft“.

Also auch hier ein Gemisch von Hilflosigkeit bis bewußter Täuschung auf der ganzen Linie. Hier ist nach wie vor der Gesetzgeber bezüglich einer eindeutigeren Formulierung bzw. amtlichen Auslegung der HeizAnIV gefordert. Die Möglichkeiten der neuen Lichtmikroskopiertechnik können hier, abgesehen von der Produktionsoptimierung, nur zur Klärung im Einzelfall beitragen.

[1] Dr.-Ing. Hans-Peter Lühr: „Zulassungsbedürftige Dämmstoffe und wärmedämmende Bauarten“, in „wksb-Sonderausgabe“, 1985

[2] Ing. Jean-Paul Strasser: „Analysen und Kommentare über die Dämmung von Rohren nach der Heizanlagenverordnung“, Hepperheim, Oktober 1984

# 1. Trittschaldämmfolie aus Polyäthylenschaum

Trittschall entsteht, wenn Fußböden durch Begehen in Schwingungen versetzt und die Schallwellen von den umgebenden Bauteilen in benachbarte Räume übertragen werden, deren Bewohner es gar nicht schätzen, solchermaßen „fremd-beschallt“ zu werden. Bei entsprechenden Gegenmaßnahmen – sprich Trittschaldämmung – muß man berücksichtigen, daß nicht nur die trennenden Bauteile sondern meistens auch die flankierenden Bauteile an der Übertragung der Schallwellen beteiligt sind. Dämmstoffe besitzen je nach Art mehr oder weniger große Hohlräume, die vom Dämmstoffwerkstoff umgeben sind. Der Schall breitet sich sowohl im Werkstoff als auch in den

Hohlräumen aus, wird aber auch vom Dämmstoff absorbiert. Die Größe der Hohlräume und die Art des Dämmstoffes bestimmen die Zusammendrückbarkeit. Dämmstoffe mit einer niedrigen dynamischen Steifigkeit weisen im allgemeinen eine bessere Schaldämmung aber auch eine größere Zusammendrückbarkeit auf, als Dämmstoffe mit großer dynamischer Steifigkeit. [3]  
Wie man auch als Laie eine Trittschallfolie aus PE-Schaum von einer Verpackungsfolie aus PE-Schaum unterscheiden kann, wird im nächsten Kapitel behandelt. Wie muß nun aber eine gute Trittschaldämmfolie aus PE-Schaum aussehen?

## **Bild 1 und Bild 2 = Maßstab 30:1**

*(Fotos oben links und rechts)*

Hier ist ein Querschnitt einer sehr guten Trittschaldämmfolie zu sehen, und zwar quer zur Extrusionsrichtung. Die Zellen sind bis zur Außenfläche hin in der Idealform, also fast kreisförmig ausgebildet und somit voll belastbar.

### **Für den Fachmann:**

Das Bild 1 (*Foto oben links*) zeigt die gesamte Zellenoberflächenstruktur, während auf Bild 2 (*Foto oben rechts*) die orangeförmige Zellenwandoberfläche deutlich sichtbar wird, d. h., daß diese Schaumzellen aufgrund dieser Oberflächenstruktur bis zu 30% gedehnt werden können ohne zu zerreißen. Die Zellenwände sind etwa 0,35 bis 0,45  $\mu$  stark.

## **Bild 3 und Bild 4 = Maßstab 30:1**

*(Fotos links und rechts in der Mitte)*

Hier ist ein Längsschnitt (parallel zur Extrusionsrichtung) derselben guten Trittschaldämmfolie abgebildet. Zellen dieser (in Längsrichtung) ellipsenförmigen Zellenausbildung können quer zur Foliendicke belastet werden, sie bleiben dabei flexibel und haben ein hohes Rückstellvermögen. Wären die Schaumzellen im Längsschnitt kugelförmig (wie beispielsweise im nächsten Kapitel bei den Verpackungsschaumfolien erkennbar) wäre das hier ungünstig, da diese bei zu hoher Belastung einknicken und wie es um das Rückstellvermögen geknickter Persönlichkeiten steht, weiß man ja.

### **Für den Fachmann:**

Diese Trittschaldämmfolien werden in der Regel nach dem Extrusionsvorgang thermisch nachbehandelt und gereckt, um über den gesamten Querschnitt eine gleichmäßige ellipsenförmige Zellenstruktur zu erreichen. Die Zellenwände zeigen kaum Spannungslinien (= überdehnte Zellenwandflächen). Das Zellengefüge ist bis zur Außenfläche der Trittschaldämmfolie exakt gleichmäßig (= eine sehr gute Schaumqualität).

## **Bild 5 und Bild 6 = Maßstab 1070:1**

*(Fotos links und unten rechts)*

Für den Laien besagen diese Fotos nur im Vergleich mit den entsprechenden Fotos der Verpackungsschaumfolie etwas: Man sieht deutlich, daß hier etwas „drin“ ist, was beim Verpackungsschaum einfach fehlt, selbst wenn man die Kamera bis über die Grenze des Auflösungsvermögens hin quält. Und was man hier als ausreichend vorhanden und gut verteilt erkennen kann, sind im linken Bild die Flammenschutz- und Nukleierungsmittel und im rechten Bild die gute Polyäthylenstruktur, die jeden Verdacht auf die Verwendung von Regenerat oder ähnlich finstere Gedanken schon im Ansatz ersticken.

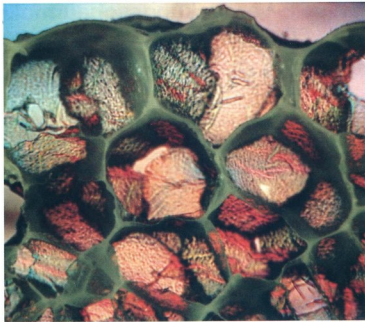
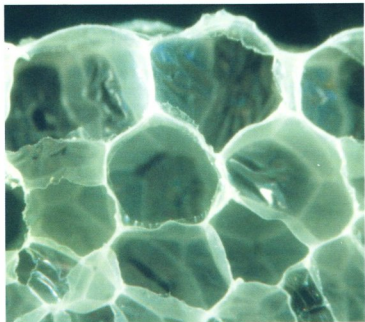
### **Für den Fachmann:**

Bei Bild 5 (*Foto unten links*) wird die Materialzusammensetzung der Flammschutz- und Nukleierungsmittel sichtbar. Als Nukleierungsmittel wurde stäbchenförmiges Talkum von etwa 0,6 bis 0,8  $\mu$   $\varnothing$ , mit einer Länge von 2,5 bis 3  $\mu$  verwendet. Das glimmerförmige Talkum hat eine Kantenlänge von etwa 1,4 bis 2  $\mu$ , das verwendete Calciumcarbonat 0,8 bis 1,2  $\mu$  und das Antimontrioxyd 0,25 bis 0,30  $\mu$ .

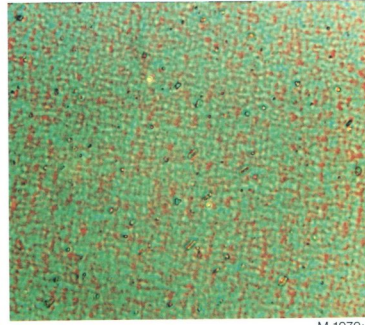
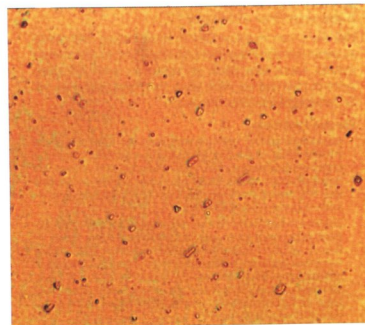
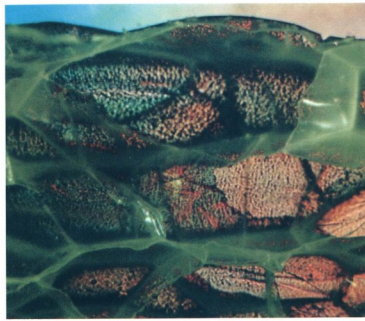
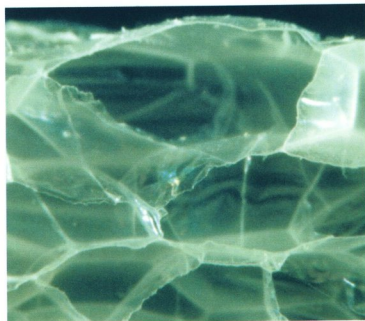
Bild 6 (*Foto unten rechts*) ist der gleiche Ausschnitt wie Foto links. Hier wird durch spezielle Ausfilterung die Polyäthylenstruktur sichtbar. Es handelt sich hier um ein sehr elastisches, dehnfähiges, jedoch wärmebeständiges Polyäthylen und wird durch ein Abmischen von zwei bestimmten Polyäthylentypen erreicht. Die Nukleierungs- und Flammenschutzmittel sind nur schwach sichtbar. Aufgrund ihrer Zusammensetzung und Konzentration entspricht dies B 1 nach DIN.

[3] Dipl.-Ing. Udo Radtke: „Das ABC der Warmwasser-Fußbodenheizung“, Kapitel „Schallschutz“, Seite 53ff., Winnenden, 1984

M 30:1



M 30:1



M 1070:1

## 2. PE-Verpackungsschaumfolien: Für den Bau zu dünn, zu brennbar und zu wenig steif

Legt man die Trittschalldämmfolie und die Verpackungsfolie nebeneinander, ist von der Oberfläche her für den Laien der Unterschied sehr gering.

Der wesentliche Unterschied ist, daß bei der Trittschalldämmfolie die Zellenwände an den Außenflächen nicht eingefallen sondern in Längsrichtung (Extrusionsrichtung) orientiert sind, während die Schaumzellenwände bei der Verpackungsfolie eingefallen, d. h., daß kreisförmige Einfallstellen bei genauer Betrachtung sichtbar sind.

Mit einer Lupe (2- bis 3fache Vergrößerung) kann man diese Merkmale deutlich sehen und somit eine Trittschalldämmfolie von einer Verpackungsfolie unterscheiden. Die Elastizität ist bei manchen Verpackungsfolien fast gleich wie die der Trittschalldämmfolie. Die hohe Form- und Warmstandfestigkeit, wie sie für eine Trittschalldämmfolie gefordert wird, wird in den meisten Fällen bei den üblichen Verpackungsfolienqualitäten nicht erreicht.

### **Bild 1 und 2 = Maßstab 30:1** (Fotos oben links und rechts)

Hier sieht man es förmlich knistern, so überdehnt sind die Zellenwandflächen, wie die Spannungslinien dokumentieren. Man meint, daß unsichtbare Hände an den Zellenwandoberflächen in entgegengesetzter Richtung zeren.

Die Aufnahmen zeigen einen Querschnitt (und zwar quer zur Extrusionsrichtung) der Verpackungsfolie.

### **Für den Fachmann:**

Das Material ist insgesamt etwas spröde. Die Zellenwände sind aufgrund ihrer Struktur kaum dehnfähig (Foto oben rechts).

Weil hier praktisch kaum mit Nukleierungsmittel gearbeitet wurde, sind bereits während des Aufschäumvorgangs sehr viele Schaumzellen zerplatzt (die dicken Stege setzen sich aus mehreren aufgeplatzten Zellenwänden zusammen).

### **Bild 3 und 4 = Maßstab 30:1** (Fotos in der Mitte links und rechts)

Die Aufnahmen zeigen einen Längsschnitt (parallel zur Extrusionsrichtung). Die Zellenstruktur ist im Prinzip gleich wie im Querschnitt bei den Fotos oben. Diese Art Zellenstruktur ist z. B. für eine Trittschalldämmfolie völlig ungeeignet. Sie würde sich bereits nach kurzer Belastung zusammendrücken lassen, und zwar bleibend!

### **Für den Fachmann:**

Aufgrund dieser dicken Stege (entstanden durch mehrere aufgeplatzte Zellenwände) würde nur eine sehr schlechte Trittschalldämmung erreicht und somit weit unter der geforderten Norm liegen. Diese Verpackungsfolie ist ein ausgesprochenes Billigprodukt und für Einwegverpackung gedacht.

Im Gegensatz zur Trittschalldämmfolie werden bei einer guten Verpackungsschaumfolie andere Eigenschaften gefordert und zwar, daß das verpackte Gut bei Stoßbelastung nicht zu Schaden kommt und die auftretende Energie von der Verpackungsfolie abgebaut wird. Deshalb sind kugelförmige Schaumzellen hier besser geeignet.

### **Für den Fachmann:**

Die Zelldurchmesser sind bei der Verpackungsfolie etwa 1 bis 1,3 mm. Die intakten Zellenwände liegen bei etwa 0,4 bis 0,8  $\mu$ m, die dicken Stege (bestehend aus mehreren aufgeplatzten Zellenwänden) erreichen Dicken bis zu 30  $\mu$ m.

Durch diese Zellengeometrie wird eine relativ hohe Druckfestigkeit erreicht. Bei Überbeanspruchung gehen diese Zellenwände zu Bruch. Ein Rückfedern ist bei Entlastung nur in geringem Umfang möglich. Bei bleibender Belastung wird diese Folie zusammengepreßt und genau das sollte bei einer Trittschalldämmung ja nicht passieren; von der fehlenden Brandschutzausrüstung einmal ganz abgesehen.

### **Bild 5 und 6 = Maßstab 1950:1** (Fotos unten links und rechts)

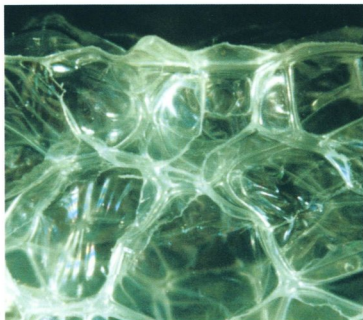
Hier sieht man im linken Bild im wesentlichen, daß nichts zu sehen ist! Von Flammenschutzmitteln (und Nukleierungsmitteln) kaum eine Spur, so sehr sich auch die Linse krümmt (hier hat es nicht etwa der Photograph an der Scharfeinstellung fehlen lassen!).

### **Für den Fachmann:**

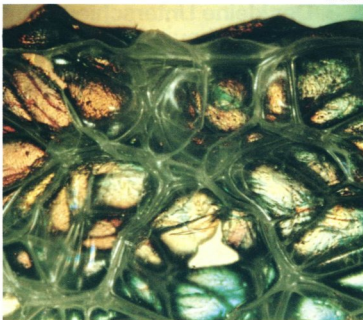
Abgesehen davon, daß natürlich auch der Spezialist daran interessiert ist, ob hier (wie Bild 5 dokumentiert) Flammenschutzmittel usw. vorhanden oder nicht vorhanden sind, erkennt der geschulte Blick, daß in Bild 6 (also unten rechts) die Struktur des Polyäthylens auf ein Standard-LDPE (möglicherweise auch Regenerat!) schließen läßt.

Zusammenfassend kann man also sagen, daß auch gute Verpackungsschaumfolien (gut für Stoßbelastungen) nichts im Bau zu suchen haben, da sie selten die erforderliche Dicke von 5 mm besitzen, im Brandverhalten nicht der mindestens erforderlichen Baustoffklasse B2 nach DIN 4102, Teil 1 entsprechen und durch ihr niedriges Raumgewicht (meist weit unter 30 kg/m<sup>3</sup>) natürlich auch nicht die erforderliche dynamische Steifigkeit erreichen.

M 30:1

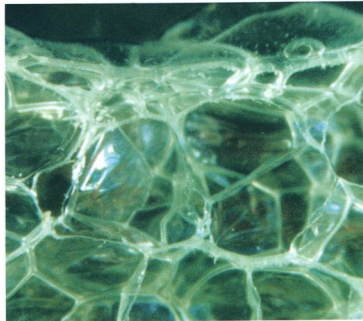


1

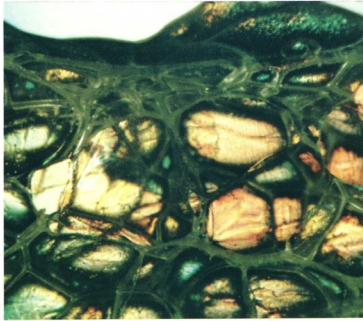


M 30:1

2



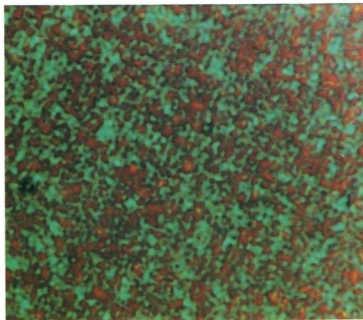
3



4



5



6

M 1950:1

### 3. Der kleine Unterschied beim Lambda: LDPE-Schaumrohre mit 0,045 bzw. 0,042 und 0,039

„Bewährte und gebräuchliche Wärmedämmstoffe sind genormt“, stellt Dr.-Ing. Hans-Peter Lühr [4] ebenso schlicht wie eindeutig fest und zählt dann auf:

- Schaumkunststoffe in DIN 18 165, Teil 1
- Schaumglas in DIN 18 174
- Ortschaftäume in DIN 18 159, Teil 1 und 2
- Korkerzeugnisse in DIN 18 161, Teil 1 und
- Schaumkunststoffe für die Trittschalldämmung in DIN 18 164, Teil 2.

Macht man sich nun in diesem besonderen Zweig der Fachliteratur kundig, kommt man zu der Feststellung, daß hinsichtlich der Schaumstoffe aus Polyäthylen (oder Polyolefin ganz allgemein) ein Schuh daraus wird: PE-Schaumstoff ist danach weder als Partikelschaum noch als Extrusionsschaum (unabhängig ob als Platte oder Schlauch extrudiert) *kein* „bewährter und gebräuchlicher Wärmedämmstoff“.

#### Bild 1 = Maßstab 330:1

(Foto oben)

Die nach DIN 52 613 gemessene Wärmeleitfähigkeit liegt hier bei nur 0,045 W/m · K. Dem Schaumhersteller ist hier die Schaumzellenstruktur mißraten (zu länglich!). Die verwendeten Nukleierungs- und Flammschutzmittel sind zum Teil zu grob. Darunter leidet nun wieder die Grenzflächenverbindung zum LDPE-Material. Außer der so entstandenen schlechten Wärmeleitfähigkeit besteht noch die Gefahr, daß die Zellenwände in diesem Bereich aufplatzen.

#### Für den Fachmann:

Die Zellengröße der trapez- bis ellipsenförmigen Schaumstruktur hat einen durchschnittlichen Durchmesser von 0,5 bis 0,7 mm. Die Teilchengröße der Nukleierungs- und Flammschutzmittel beträgt bis zu 18 µ, die kleinste Partikelgröße wurde mit 1,5 µ ausgemessen. Die Grenzflächenverbindung der Nukleierungsmittel zum LDPE ist stellenweise schlecht.

#### Bild 2 = Maßstab 330:1

(Foto in der Mitte)

Die nach DIN 52 163 gemessene Wärmeleitfähigkeit liegt hier bereits bei 0,042 W/m · K. Die Zellenform nähert sich (wie bei einer Fußball-Hülle) bereits der Kugelform und damit der Idealform. Die Zellenwände sind insgesamt dichter. Man sieht deutlich, daß wesentlich weniger größere Einschlüsse von Nukleierungsmittel (Talkum) vorhanden sind. Deshalb ist die Wärmedämmung bereits besser als bei der Schaumqualität im Bild 1.

#### Für den Fachmann:

Die kugelförmigen Zellen haben einen durchschnittlichen Durchmesser von 0,4 bis 0,6 mm. Die Schaumzellenwanddicke liegt bei 0,35 bis 0,45 µ.

PE-Schaum muß sich diese Anerkennung erst mühsam verdienen, da führt kein Weg daran vorbei. Dabei spielt die Wärmeleitfähigkeit eine besondere Rolle um deren Meßbarkeit sich Dipl.-Ing. Horst Zehender [5] besonders bemüht hat. Selbst wenn man als Verantwortlicher in Produktion und Gewährleistung oder ganz einfach als energiebewußter Isolierer, Heizungsbauer oder Bauherr die berühmte-berüchtigte und gleichermaßen notwendige wie verwirrende Lambda-R-Rechnerei bzw. bauteilengerichter ausgedrückt: Millimeterf...erei satt hat, würde es einen doch gelegentlich reizen, einmal „in den Schaum hineinsehen“ zu können, ob überhaupt und was man nun eigentlich für sein gutes Geld bekommt. Nebenstehende Lichtmikroskop-Aufnahmen einer besonderen Art ermöglichen nun den gewünschten Einblick zu realisieren. Das Raumbgewicht liegt bei allen 3 folgenden Schaumproben zwischen 34 und 38 kg/m<sup>3</sup>.

#### Bild 3 = Maßstab 330:1

(Foto unten)

Die gemessene Wärmeleitfähigkeit nach DIN 52 613 liegt hier bei 0,039 W/m · K und nähert sich damit schon der Wärmedämmfähigkeit von Polyurethanhartschaum. Die hier erzielte Qualität mit feinverteilten Nukleierungsmitteln, geschlossenen und elastischen Zellenwänden, kugelförmigen Zellen usw. stellt eine Schaumzellenstruktur dar, die sich jeder Hersteller von PE-Isolierschaumrohren wünscht ... und die man erst bei wenigen guten Produzenten antreffen kann.

#### Für den Fachmann:

Die Beherrschung der Feinstverteilung bei Nukleierungs- und Flammschutzmitteln ist hier schon eine Klasse für sich. Die Nukleierungsmittel sind sehr fein, etwa 0,5 bis 2 µ.

[4] Dr.-Ing. Hans-Peter Lühr: „Zulassungsbedürftige Dämmstoffe und wärmedämmende Bauarten“, in „wktb-Sonderausgabe“, 1985

[5] Dipl.-Ing. Horst Zehender: „Wärmeleitfähigkeit von Wärmedämmstoffen an Rohrleitungen“, in „Isolierung“, Heft 3/1982

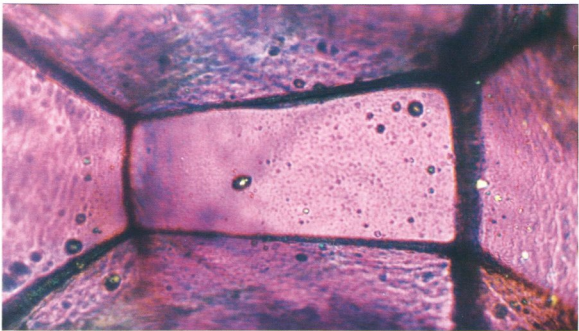


Bild 1

M 330:1

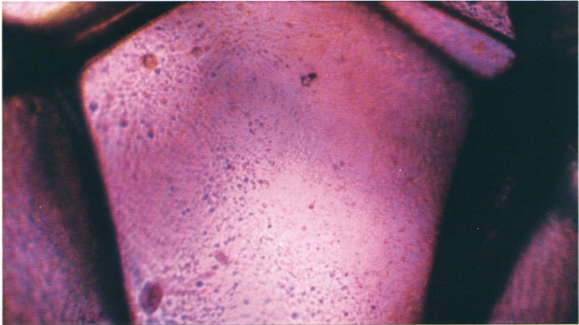


Bild 2

M 330:1

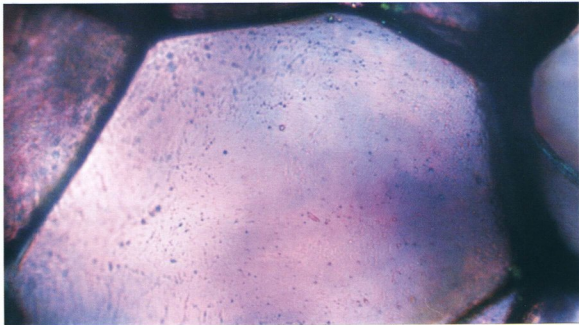


Bild 3

M 330:1

## 4. PUR-Hartschaumdämmplatten ohne Schaumschlägerei

Seit dem 1. 11. 1977 müssen für praktisch alle Bauteile dämmtechnisch wesentlich erhöhte Anforderungen erfüllt werden und eine weitere deutliche Erhöhung der Anforderungen brachte die Novellierung der Wärmeschutzverordnung vom 24. Februar 1982 [6], die bekanntlich zum 1. Januar 1984 in Kraft trat und soviel Hoffnungen bei der Dämmstoffindustrie erweckte.

Nun ist das Wort Schaum nicht gerade von positiven Assoziationen begleitet: Von der geplatzen Blase über Schaumschlägereien bis zum Abschaum der Menschheit reichen die gängigen, unfreundlichen Redewendungen in diesem Zusammenhang; also das Gegenteil von robust, kernig und solide.

Daß Schaum eine enorme Kraft entwickeln kann, wissen mittlerweile alle, die einmal mit scheinbar harmlosem Dossenschaum eine Türzarge einschäumten und anschließend die Tür nicht mehr aufbekamen. Ob offenzelliger

oder geschlossenzelliger Schaum vorliegt, kann auch der Laie mittels einer Schüssel Wasser feststellen. Leider bleibt unserem Auge und damit auch unserem Verständnis aber die große Bandbreite von miserablen Schäumen bis zu den prachtvollen, elastischen und gleichermaßen belastbaren Schaumstoffzellen verborgen.

Während die bekannten Abbildungen der Polyurethan-Hartschaum-Zellenstruktur [7] im wesentlichen wie eine Ansammlung von Tischtennisbällchen mit Delle aussehen (die ansonsten nahezu unschlagbare Elektronenraster-Mikroskopie läßt beim Schaum die meisten Wünsche offen, da die Schaumzellen in der Vakuumkammer platzen usw.), ermöglicht eine neue Denkrichtung der guten alten Lichtmikroskopie einen Einblick in die Konstruktion, den Aufbau und den Zustand einer Zelle, der das Herz des Labor- und Produktionsverantwortlichen schneller schlagen läßt, wie die nebenstehenden Aufnahmen dokumentieren.

### Bild 1 = Maßstab 165:1

(Foto oben)

Wer weiß schon, daß die (im Bild dunklen) Stege zwischen den einzelnen geschlossenzelligen PUR-Hartschaumzellen ähnlich einem Rohrprofil im Querschnitt hohl ausgebildet sind und ein äußerst solides Gerüst bilden. Die Zellenwand etwa in der Mitte des Bildes, welche gleichzeitig die höchste Fläche der geschlossenen Schaumzelle darstellt, hat lediglich eine Abmessung von  $0,07 \times 0,15$  Millimeter, also von ungefähr einem Hundertstel Quadratmillimeter ... diese Konstruktion bricht so schnell nicht ein!

Im übrigen stimmt bei dieser Zelle so ziemlich alles: Emulgator, Härtermenge und Treibgasmenge sind optimal aufeinander abgestimmt und verraten höchstes Know-how und optimale Wirkung.

### Für den Fachmann:

Die hier abgebildeten Schaumzellen haben einen Durchmesser von etwa 0,4 bis 0,5 mm. Die Dicke der Zellenwände liegt zwischen  $0,18$  und  $0,25 \mu$  ( $0,00018$  bis  $0,00025$  mm). Das Raumgewicht beträgt hier  $25 \text{ kg/m}^3$  und die Wärmeleitfähigkeit liegt bei  $40^\circ\text{C}$  (Mitteltemperatur =  $0,025 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ ).

### Bild 2 = Maßstab 640:1

(Foto in der Mitte)

Nur weil der Anblick so schön ist, wird hier noch einmal ein ähnlicher Schaum stark vergrößert gezeigt. Man kann bei dieser Vergrößerung im Maßstab 640:1 sehen, daß die Zellenwände praktisch ebenso mikroporendicht sind wie eine Glasscheibe. Man sieht ebenso deutlich, wie die hauchdünnen Zellenwände durch einen Hohlprofilrahmen gehalten werden.

### Für den Fachmann:

Sicher haben Sie den Haarriß bemerkt, der innerhalb der Zellenwand (im Bild oben Mitte) sichtbar ist; er ist übrigens  $42 \mu$  lang und  $1 \mu$  breit. Das Verhältnis von Emulgator und Härtermenge stimmt hier zwar noch, die leichte Schädigung wurde durch zu großen Überdruck des Treibgases hervorgerufen. Die Qualität des Schaumes liegt also nicht (wie oft behauptet) am Treibgas, sondern an der mikroporendichten Ausbildung der Zellenwände und Stege und der geringen Gerüstleitfähigkeit des PUR-Materials.

### Bild 3 = Maßstab 330:1

(Foto unten)

Hartschaum ist auch elastisch! Man sieht, daß durch die besondere Zellenkonstruktion der PUR-Hartschaumzelle, trotz des relativ harten und spröden Polyurethanmaterials, eine Elastizität gegeben ist (Ziehharmonikaeffekt), so daß auch bei thermischer Schockbelastung die PUR-Hartschaumzellen nicht zerplatzen ... auch nicht durch das plötzliche Ausdehnen des Treibgases.

Wären zum Beispiel die Stege nicht als U-Profil sondern voll ausgebildet, wäre das ganze „Gerüst“ so starr, daß die Zellen bei den geringsten thermischen Belastungen, also durch die Expansion des eingeschlossenen Treibgases, zerplatzen würden. Dem ist aber nicht so, dank der in Bild 1 und 2 sichtbaren meisterhaften Gerüstausbildung der PUR-Hartschaumzellen.

### Für den Fachmann:

Schon wenn der Emulgator (Menge bzw. Typ) und Härter nicht „stimmt“, platzen die Zellenwände ... umgekehrt formuliert wird ein Tip zur Produktionsoptimierung daraus.

[6] Broschüre: „Polyurethan und DIN 18 164“, Stuttgart, 1982

[7] z.B. im Beitrag von Peter Kindermann: „PUR-Hartschaum zur Wärmedämmung im Bauwesen“, in „Kunststoffe im Bau“, Heft 2, 1980, Seite 101



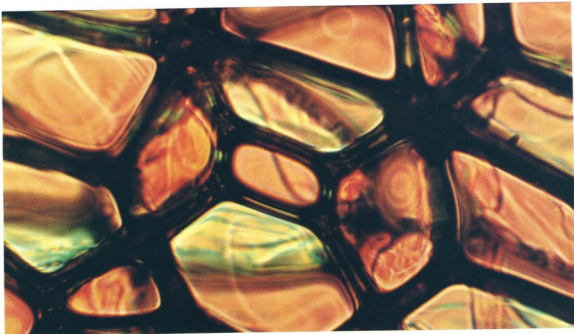


Bild 1

M 165:1

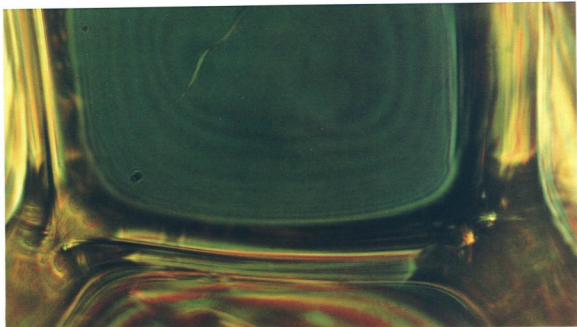


Bild 2

M 640:1



Bild 3

M 330:1