

- 6.1 **Beständigkeit von Schaumstoffen aus Styropor gegen tierische und pflanzliche Schädlinge**
- 6.2 Sonderdruck zur Atmungsfähigkeit von Hauswänden
- 6.3 Beurteilung von EPS-Hartschaum unter besonderer Berücksichtigung biologischer Aspekte
- 6.4 Gutachten zur Emission von Styrol aus "Polystyrol-Hartschaum"
- 6.5 Merkblatt über die Alterungsbeständigkeit von Styropor
- 6.6 Gutachten über die Unbedenklichkeit von Gasen beim Verbrennen von Styropor
- 6.7 Wärmedämmstoffe: Gesundheitliche und ökologische Bewertung
- 6.8 EPS-Dämmstoffe: Eine Lebenswegbilanz

Technische Information
Bauwesen**Allgemein, Eigenschaften**

1104

**Beständigkeit von Schaumstoffen
aus Styropor gegen tierische und
pflanzliche Schädlinge**

Schaumstoffe aus Styropor bestehen bekanntlich aus geschäumtem Polystyrol. Polystyrol dient Lebewesen jedoch nicht zur Nahrung, und deshalb sind auch Schaumstoffe aus Styropor kein Nährboden für Schimmelpilze und Fäulnisbakterien. Nagetiere und Insekten allerdings können bei der Futtersuche oder auch aus Spieltrieb den Schaumstoff benagen, da er aufgrund seiner feinzelligen Struktur wenig Widerstand bietet.

Der wärmedämmende Schaumstoff wird von verschiedenen Insektenarten auch gern als Nistplatz gewählt. In erster Linie handelt es sich um Vorratsschädlinge in Stallungen und Lagerschuppen, nämlich um die Motten der Gattung *Ephestia elutella* (z. B. die Heumotte und die Mehlmotte). Die bei ihrer Vermehrung sich entwickelnden Raupen dringen in den Schaumstoff ein, um sich darin zu verpuppen.

Die Grabwespen bohren Gänge und Höhlen in den Schaumstoff für ihre Eier und ihre Futtermittel (Blattläuse, Fliegen usw.) für den schlüpfenden Nachwuchs.

Bekämpfungs- und Vorbeugungsmaßnahmen**Insekten**

Futtermittel in Lagerhallen auf Schädlingsbefall kontrollieren. Infektionsherde z. B. durch Begasung beseitigen. Auch mit den üblichen Insektiziden kann dem Befall vorgebeugt werden. Dabei ist zu beachten, daß ausgewachsene Raupen, die kurz vor der Verpuppung stehen, sehr widerstandsfähig sind. Insektizidhaltige Streifen an den Wänden führen deshalb oft nicht zum gewünschten Erfolg. Besser sind mechanische Barrieren.

Grabwespen

Zur Bekämpfung von Grabwespen wird der Brutplatz mit handelsüblichen Insektiziden (z. B. mit einer 0,1-

bis 0,2%igen wäßrigen [®]Perfektan-Lösung) in Abständen von etwa 2 Wochen gespritzt.

Termiten

Durch Anstreichen des Styropor-Schaumstoffs mit einer Mischung aus 118 g [®]Lutofan 300 D (50%), 59 g [®]Xyli- gen CE 5021 TF und 29 g Titandioxid je Quadratmeter können Termiten für längere Zeit vom Eindringen in den Schaumstoff abgehalten werden (Prüfzeugnis über die Prüfung von Schaumstoffproben aus Styropor auf Termitenfestigkeit der Bundesanstalt für Materialprüfung: Aktenzeichen 5.1/1024 vom 12. 9. 67). Eine wirksame Schutzmaßnahme ist auch das Überstreichen der gefährdeten Flächen mit Zementschlempe, bestehend aus Zement, Sand und Wasser, der zur besseren Haftung auf dem Schaumstoff noch eine Polymerdispersion beigegeben werden sollte.

Nagetiere, wie z. B. Mäuse und Ratten

Die bestbewährte Methode, die Tiere am Eindringen in den Schaumstoff zu hindern, ist das Anbringen von Streckmetall oder feinmaschigem Gewebe in Kombination mit einem Verputz oder das Anbringen von Armierungen aus Blech oder Stahlbändern.

- 6.1 Beständigkeit von Schaumstoffen aus Styropor gegen tierische und pflanzliche Schädlinge
- 6.2 **Sonderdruck zur Atmungsfähigkeit von Hauswänden**
- 6.3 Beurteilung von EPS-Hartschaum unter besonderer Berücksichtigung biologischer Aspekte
- 6.4 Gutachten zur Emission von Styrol aus "Polystyrol-Hartschaum"
- 6.5 Merkblatt über die Alterungsbeständigkeit von Styropor
- 6.6 Gutachten über die Unbedenklichkeit von Gasen beim Verbrennen von Styropor
- 6.7 Wärmedämmstoffe: Gesundheitliche und ökologische Bewertung
- 6.8 EPS-Dämmstoffe: Eine Lebenswegbilanz

Sollen Hausaußenwände atmungsfähig sein?

Dr.-Ing. H. Künzel
FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK
(Leiter: o. Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl A. Gertis)

Holz und Ziegel stehen insbesondere heute beim „biologischen Bauen“ wieder hoch im Kurs, höher als Beton, Glas und Kunststoffe. Aus Sicht der Bauphysik gibt es hierfür aber keine stichhaltigen Gründe.

Oft hört man sagen, unsere Wohnungswände seien die „dritte Haut“ des Menschen, wobei man die Kleidung als die „zweite Haut“ bezeichnet. Dieser Vergleich kann die Meinung suggerieren, daß auch an Außenwände gewisse physiologische Anforderungen zu stellen sind, so wie bekanntermaßen Kleidung „hautfreundlich“ und atmungsfähig sein soll. In dieser Richtung wurden früher und werden noch heute Mutmaßungen in Fülle darüber geäußert, wie die Außenwände die Gesundheit und das Wohlbefinden des Menschen beeinflussen können. So werden Holz, Lehm und Ziegel als bewährte Baustoffe angesehen, die eine über Jahrtausende reichende menschliche Baugeschichte haben, was für Beton, Glas und viele Kunststoffe nicht zutrifft [1]. In der Volksgesundheitslehre von Pfarrer Kneipp aus dem Jahr 1886 kann man lesen:

Man wohne nie in einem Haus, das an einem feuchten Platze steht; denn in einem solchen findet man sicher keine gesunde Wohnung. Ist der Grund feucht, werden auch die Mauern feucht. Feuchte Wände aber sind schädlich, weil sie die Luft nicht durchlassen.

Sind die Wände als die dritte Haut des Menschen zu sehen und hat es wirklich etwas mit der „Atmungsfähigkeit“ der Wände auf sich? Sind neben der Standsicherheit und dem Wärmeschutz noch andere Gesichtspunkte der Beurteilung von Wohnungswänden zu berücksichtigen, wenn man „gesund“ bauen und wohnen will? Diesen Fragen wird im folgenden nachgegangen.

Ein wenig Historie

Wenn man verstehen will, wie die Hypothese über das Atmen der Wände zustande kam, muß man ins vorige Jahrhundert zurückgehen. Max von Pettenkofer hat sich im beginnenden Industriezeitalter große Verdienste hinsichtlich der Verbesserung der hygienischen Verhältnisse – vor allem in den immer größer werdenden Städten – erworben. Er hat

erkannt, daß die Mitte bis Ende des 19. Jahrhunderts in Großstädten wie München und Hamburg aufgetretenen Choleraepidemien mit der mangelhaften Trinkwasserqualität und mit dem unzureichend gelösten Problem der Abwasserbeseitigung zusammenhängen. Wer es sich leisten konnte, hat in den immer wiederkehrenden Epidemieperioden die Großstädte verlassen. So hat z. B. Carl Spitzweg, in München geboren und auch dort gestorben, die meiste Zeit seines Lebens nicht in seiner Heimatstadt, sondern in Kleinstädten und auf dem Land zugebracht. Und dies bewußt aus Angst vor der Cholera [2]. Als gelernter Apotheker war er besonders vorsichtig gegenüber Krankheiten aller Art. Erst als in München auf Betreiben Pettenkofer eine Schwemmkanalisation eingeführt und das Trinkwasser – wie heute noch – vom Taubenberggebiet in die Stadt geleitet worden war, gab es keine Choleraepidemien mehr. Pettenkofer's Bemühen galt gleichermaßen der Verbesserung der Luftqualität in Räumen, insbesondere in Krankenhäusern, Kasernen und Schulen, in denen in Verbindung mit den damaligen Heizmöglichkeiten oft mangelhafte Verhältnisse anzutreffen waren. Dabei führte Pettenkofer erstmals Luftwechselmessungen mit Kohlendioxid als Indikatorgas durch, eine Methode, die im Prinzip heute noch angewandt wird. Dabei ergaben die in einem 75 m³ großen Raum gewonnenen Ergebnisse relativ große Luftwechselraten, obwohl Fugen und Ritzen abgedichtet worden waren [3]. Die Luftwechselrate gibt an, welcher Teil des Raumvolumens pro Zeiteinheit durch frische Außenluft ersetzt wird. Typische Luftwechselraten liegen heute bei 0,5 bis 1 pro Stunde. Die damals gemessenen hohen Luftwechselraten erschienen Pettenkofer nur dadurch erklärbar, daß ein Luftaustausch durch die Ziegelwände des Raumes erfolgte. In Wirklichkeit wird die Abdichtung mit starkem Papier und Kleister nicht ausreichend gewesen sein und es wurde wohl nicht berücksichtigt, daß in dem Raum ein Ofen mit Kaminanschluß stand, der zusätzlich für einen

Luftaustausch sorgte. Pettenkofer fand aber seine Hypothese über die *Ventilation durch Wände* durch folgenden Versuch bestätigt, den er in seinen Vorlesungen vorführte:

Ein Stück Luftkalkmörtel von zylindrischer Form, etwa 12 cm lang und mit 4 cm Durchmesser, wurde auf der Mantelfläche mit Wachs abgedichtet. Auf beide Stirnflächen wurde ein Trichter angesetzt, wie Abbildung 1 zeigt. Bläst man in das Rohr des einen Trichters, so strömt durch die Probe hindurch ein Luftstrom, der – gebündelt durch den anderen Trichter – eine Kerze zum Verlöschen bringen kann. Dies funktioniert – nach Pettenkofer – gleichermaßen bei Ziegel, Holz und porösem Sandstein, nicht aber bei dichtem Kalkstein oder Bruchstein. Daß auch durch eine Bruchsteinmauer – trotz des dichten Steins – ein Luftaustausch möglich ist, erklärt Pettenkofer durch den infolge der Unregelmäßigkeit der Steine größeren Anteil an porösem Mörtel. Aus dem Kerzenversuch ergab sich für Pettenkofer noch eine weitere Erkenntnis. Er stellte fest, daß ein Durchblasen dann nicht möglich war, wenn die Probe zuvor befeuchtet worden ist. Daraus schloß er, daß durch feuchte Wände keine Ventilation stattfinden kann und sah dies als den wesentlichen Nachteil von feuchten Wänden an.

Der Kerzenversuch wurde im Institut für Bauphysik nach den Angaben von Pettenkofer nachvollzogen mit dem Ergebnis, daß es tatsächlich möglich ist, eine Kerze durch eine Ziegelprobe von der angegebenen Größe hindurch auszublasen und zwar sowohl durch alte Ziegel als auch durch Vollziegel heutiger Herstellung. Allerdings ist dafür ein Überdruck von 700 bis 10 000 Pa erforderlich, der einige hundertmal größer ist als der an den Außenwänden üblicherweise auftretende Staudruck von 10 bis 30 Pa.

Wegen der allgemeinen wissenschaftlichen Autorität, die Pettenkofer als Hygieniker besaß, wurde seine Hypothese über die Ventila-

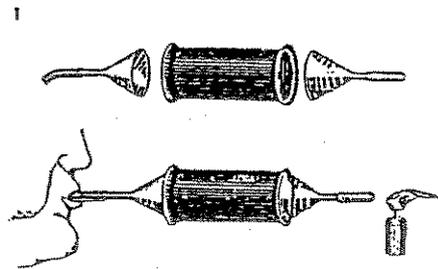


Abb. 1. Darstellung des „Kerzenversuchs“ nach einer Veröffentlichung von Pettenkofer [3].

Abb. 2. Titelbild eines Aufsatzes von Max von Pettenkofer im Münchner Kalender von 1886.

tion durch Wände unbestritten akzeptiert. Sie wurde auch sehr bekannt, da Pettenkofer in vielen populären Schriften publizierte, unter anderem auch im Münchner Kalender aus dem Jahr 1886 [4], aus dem im folgenden zitiert wird (siehe auch Abbildung 2):

Die meisten Menschen glauben noch, wenn sie in einem Zimmer bei wohl schließenden und verschlossenen Türen und Fenstern sitzen, daß sie dann auch von der äußeren Luft abgeschlossen seien. Diese Voraussetzung ist glücklicherweise nicht richtig, denn nicht nur, daß Fenster und Türen nie luftdicht schließen, geht auch Luft durch die Wände ohne unser Wissen und Wollen und verdünnt und reinigt die Zimmerluft. Der Luftwechsel durch die Wände erfolgt nur, wenn die Wände trocken sind, nasse Wände lassen keine Luft durch, und wird deshalb die Luft in Wohnräumen mit nassen Wänden auch erfahrungsgemäß viel schlechter. Manchen Menschen ist es schwer, an den Luftwechsel durch Wände zu glauben. Daß aber durch trockene Wände Luft gehen muß, ergibt sich schon aus der Tatsache, daß unsere Wände, wie jedermann weiß, nicht wasserdicht sind, da Wasser durch sie hindurch geht. Da das Wasser 770 mal schwerer als Luft ist, so muß Luft 770 mal leichter durchgehen ...

Diese Schilderungen machen deutlich, wie durch Fehlinterpretationen von Untersuchungsergebnissen durch einen anerkannten Wissenschaftler, falsche Ansichten und Meinungen entstehen können, die sich sehr lange halten. Noch im Jahr 1915 erschien eine wissenschaftliche Veröffentlichung aus dem Laboratorium für Technische Physik der Königlich Technischen Hochschule München mit folgender Einleitung [5]:

Schon seit Pettenkofers ersten Versuchen ist es bautechnischen und medizinischen Kreisen hinlänglich bekannt, daß die Luft- oder, allgemein gesagt, die Gasdurchlässigkeit von Baumaterialien im Wohnhausbau von großer Bedeutung ist. Wenn man auch durch geeignete „künstliche“ Ventilation, wie durch Fenster, Türen oder durch besondere Ventilationsanlagen dem Wohlbefinden der Bewohner Rechnung tragen kann, so ist doch gerade diese „natürliche“, durch die Luftdurchlässigkeit des Bauwerkes bedingte Ventilation von großem Wert, und daher für den Architekten die Kenntnis der Luftdurchlässigkeit seiner Baustoffe von Wichtigkeit.

Erst E. Raisch [6] widerlegte 1928 eindeutig die Hypothese Pettenkofers durch Untersuchungen, die ebenfalls im wesentlichen im Laboratorium für Technische Physik der Technischen Hochschule München durchgeführt worden sind. Er stellt fest:

Eine Betrachtung der mitgeteilten Versuchsergebnisse zeigt, daß die Forderung des Hygienikers nach „atmenden Wänden“ zum Zwecke der

Lufterneuerung in Räumen keine berechtigte Begründung hat. Denn im Vergleich zu den übrigen Undichtheiten, wie sie an Fenstern und Türen unvermeidlich auftreten, kommt der Luftaustausch durch die übliche verputzte Wand nicht in Frage.

Man sollte bei einer Bewertung dieser historischen Zusammenhänge und Gegebenheiten berücksichtigen, daß im ausgehenden 19. Jahrhundert ein großes Interesse für Fragen der Hygiene bestand. Das Erlebnis der Choleraepidemien, das mit der beginnenden Industrialisierung verbundene Wachstum der Städte und die dadurch bedingte größere Wohndichte machten die Menschen aus geschlossen für alle mit der Hygiene zusammenhängenden Fragen. Man kann sich vorstellen, daß der Hygiene-Verbesserung damals das gleiche Interesse entgegengebracht wurde, wie heute z. B. den Fragen der Energieproblematik und des Umweltschutzes. Auch da ist man heute nicht gefeit vor einseitigen Darstellungen und gewissen Polarisierungen.

Heute kann niemand mehr, der ernst genommen werden will, einem Luftaustausch durch Außenwände das Wort reden. Aber die Formulierungen „Atmen der Wände“ oder „Atmungsfähigkeit“ sind noch gang und gäbe. Inzwischen wurden diese Begriffe auf die Dampfdiffusion übertragen, von der Pettenkofer noch nichts wußte. Bei den massiven, dicken Wänden der alten Bauten spielten Vorgänge der Wasserdampfdiffusion keine Rolle. Diese wurden erst im Zusammenhang mit dem Leichtbau und den dampfdurchlässigen Dämmstoffen evident und erforderten Beachtung.

Der heutige Wissensstand

Wasserdampfsorption zur Pufferung der Raumluftfeuchte

Poröse Stoffe – wie Mauersteine, Holz oder auch Textilien – sind nie völlig trocken. Sie nehmen vielmehr eine Wassermenge auf, die von der Feuchtigkeit der umgebenden Luft abhängt. In Abbildung 3 ist für einige Stoffe diese Ausgleichs- oder Gleichgewichtsfeuchte in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte dargestellt. Man nennt wasser-aufnehmende Stoffe hygroskopisch. Dagegen können Glas oder Metalle, die keine Kapillaren oder Poren aufweisen, kein Wasser aus der Luft einlagern. Den Vorgang der Feuchteaufnahme bezeichnet man als Ab-

sorption¹⁾, den der -abgabe als Desorption. Deshalb wird die Ausgleichsfeuchte auch als Sorptionsfeuchte bezeichnet.

Die Einstellung des Gleichgewichts zwischen Stoffeuchte und Luftfeuchte durch Absorption oder Desorption erfolgt relativ rasch, zumindest an den Oberflächen der Stoffe. Jedem ist bekannt, daß Kleider, die in der Nacht im Freien hängen, wegen der dann vorliegenden hohen Luftfeuchtigkeit klamm werden. Papier wellt sich, weil mit der Feuchtigkeitenaufnahme ein Quellen verbunden ist. Die Zeitverläufe der Absorption und Desorption einiger Stoffe sind in den Abbildungen 4 und 5 dargestellt. Daraus ist zu erkennen, daß die Absorptionseigenschaften einer mineralischen Schicht, wie Putz oder Gasbeton durch eine Oberflächenschicht verbessert bzw. die Absorption reduziert werden kann. Geeignet sind hierfür z. B. Papiertapeten (Abb. 4) oder Beschichtungen (Abb. 5). Daß unter diesen Umständen die Luftfeuchte in einem Raum ganz entscheidend durch die Sorptionseigenschaften der Raumumschließungsflächen und der Möbel beeinflusst wird,

¹⁾ Die hygroskopische Feuchtigkeit ist durch Bindung von Wasser im Stoff bedingt, z. B. durch Adsorption an Oberflächen, Kapillarkondensation oder Lösungsvorgänge. Zusammenfassend werden diese Phänomene bei bauphysikalischen Betrachtungen als *Absorption* bezeichnet (DIN 52620).

Informationskasten I:

Wasseraufnahmekoeffizient w

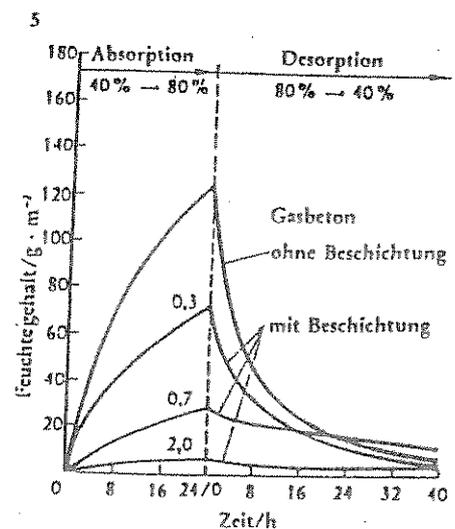
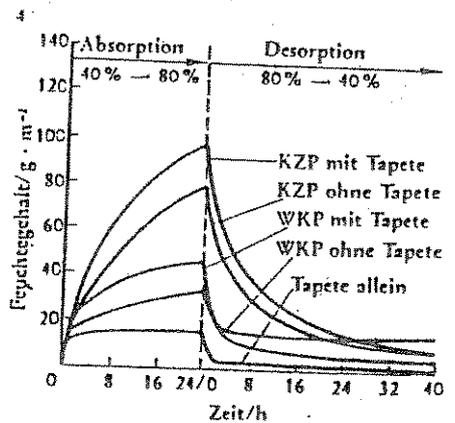
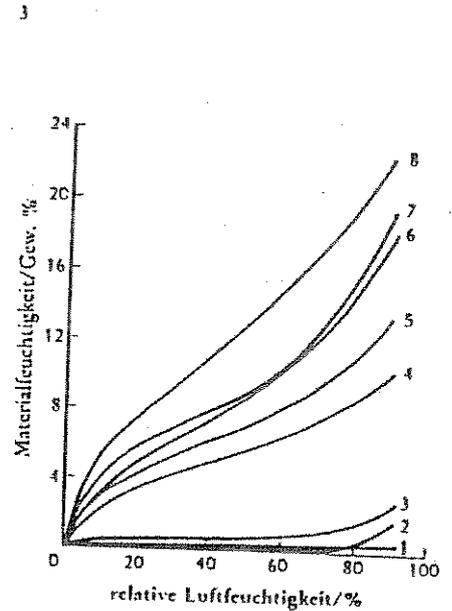
Die Saugfähigkeit eines kapillarporösen Stoffes – wie z. B. Ziegel – bestimmt man durch einen einfachen Versuch: Eine Probe wird mit definierter Fläche (seitlich abgedichtet) in Wasser eingetaucht und die flächenspezifische Wasseraufnahme W durch zeitweiliges Wiegen der Probe ermittelt. Dabei wird anfangs mehr Wasser aufgenommen, später weniger. Trägt man die Meßergebnisse in Abhängigkeit von der Quadratwurzel der Zeit auf, dann erhält man Geraden. Somit gilt die einfache empirische Beziehung $W = w \sqrt{t}$, wobei die Steigung der Geraden den Wasseraufnahmekoeffizienten w repräsentiert. w wird in der Einheit $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1/2}$ angegeben.

ist verständlich. Verdeutlicht wird dies durch das Ergebnis von Untersuchungen in zwei Versuchsräumen gleicher Größe, von denen in einem die Wände und Decke mit Ölfarbe gestrichen und im anderen normal verputzt waren. Bei Verdampfen gleicher Wassermengen stieg im letztgenannten Fall die Luftfeuchte nur geringfügig, im Falle der dicht gestrichenen Wände dagegen stark an (Abb. 6). Je mehr absorptionsfähige Oberflächen in einem Raum existieren, um so geringer sind die Schwankungen der Luftfeuchte bei wechselnder Feuchtezufuhr oder -abfuhr. In Wohn- und sonstigen Aufenthaltsräumen sind daher „durchlässige“ Anstriche auf Tapeten, Putz oder Holz zu bevorzugen. Andernfalls können auch Textilien im Raum kompensierend wirken. Zu nennen sind hier Teppiche, Vorhänge oder Polstermöbel. Eine vergleichende Gegenüberstellung geben die in Tabelle 1 aufgeführten Absorptionskoeffizienten für einige Stoffe. Die positive Wirkung der Wasserdampf-Absorption von Stoffen im Sinne einer Minderung oder Pufferung der Luftfeuchteschwankungen ist hauptsächlich bei Wohn- und Aufenthaltsräumen zu sehen, bei denen einerseits große Absorptionsflächen vorhanden sind, andererseits keine „stoßartige“ Feuchtezufuhr zu erwarten ist. Anders ist dies bei Bädern oder Kleinküchen. Hier kann der kurzfristig auftretende Wasserdampf anfall durch die zur Verfügung stehenden Absorptionsflächen nicht nennenswert beeinflusst werden. Richtig ist es in diesen Fällen, die Wände durch Fliesen vor Spritz-

Ein analoger Zusammenhang gilt für die Aufnahme von Wasserdampf an Probenoberflächen bei Änderung der Luftfeuchte. Auch diese wird gravimetrisch ermittelt, wobei sich ebenfalls eine \sqrt{t} -Abhängigkeit ergibt.

Diffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_d

Hinter diesem umständlichen Begriff verbirgt sich eine ganz einfache Aussage: Der s_d -Wert gibt die Dicke einer Luftschicht in Metern an, die den gleichen Diffusionswiderstand wie die betrachtete Putzschicht oder Anstrichschicht hat. Ein üblicher, 2 cm dicker Außenputz hat z. B. eine diffusionsäquivalente Luftschichtdicke von 0,4 m, d. h. er hat einen Diffusionswiderstand, der einer 0,4 m dicken ruhenden Luftschicht gleichkommt.



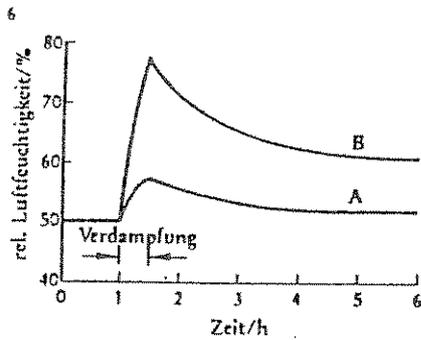


Abb. 3. Ausgleichsfeuchte (Sorptionsfeuchte) verschiedener Materialien in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte. Es bedeuten 1 = Ziegel, 2 = Gips, 3 = Kalkzementputz, 4 = Leinen, 5 = Papier, 6 = Holz, Naturside und 8 = Wollstoff. Die Abhängigkeit der Materialfeuchte von der relativen Luftfeuchte ist bei Textilien und Papier (Tapeten) besonders stark. Aus der Darstellung wird auch der Unterschied zwischen Wasseraufnahme und Wasserdampfaufnahme (Absorption) deutlich. Ziegel ist bekanntlich sehr saugfähig, nimmt aber nur wenig Wasserdampf durch Absorption auf.

Abb. 4. Wasserdampf-Absorption in Abhängigkeit von der Zeit für Kalkzementputz (KZP) und Weißkalkputz (WKP) ohne und mit Rauhfasertapete sowie von der Tapete allein (aufgeklebt auf Metallplatte) bei Änderung der relativen Luftfeuchte von 40% auf 80% und anschließende Desorption bei Absenken der Luftfeuchte von 80% auf 40%. Man erkennt daraus, daß bei gleicher Einwirkungsdauer nicht nur die unmittelbare Oberflächenschicht (Tapete) sondern auch die Putzeigenschaften zum Tragen kommen.

Abb. 5. Wasserdampf-Absorption in Abhängigkeit von der Zeit für Gasbeton ohne Beschichtung und mit verschiedenen Beschichtungen (unterschiedlichen Diffusionswiderständen) bei Änderung der relativen Luftfeuchte von 40% auf 80% und anschließende Desorption bei Absenken der Luftfeuchte von 80% auf 40%. Die Diffusionswiderstände der Beschichtungen sind durch deren diffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_d gekennzeichnet. Je höher der s_d -Wert, desto geringer ist die Absorption. Ein Anstrich mit einem s_d -Wert von 0,3 m ist ein „durchlässiger“ (mineralischer) Anstrich, mit $s_d = 0,7$ m ein Dispersionsanstrich und $s_d = 2$ m repräsentiert einen relativ dichten Anstrich.

Abb. 6. Änderung der relativen Luftfeuchte bei Verdampfen von 200 g Wasser innerhalb einer halben Stunde in zwei unmöblierten Räumen A und B mit 4 m x 4 m x 2,5 m Größe, jedoch unterschiedlicher Beschaffenheit der Innenoberflächen von Wänden und Decken: A = Kalkputz und B = Ölfarbe auf Kalkputz. Infolge der Wasserdampf-Absorption des Kalkputzes steigt die Luftfeuchte langsamer und weniger an als bei „dichten“ Wänden. Im Fall B besteht viel mehr als im Fall A die Möglichkeit der Tauwasserbildung an Wärmebrücken.

wasser zu schützen und auf die Absorptionswirkung zu verzichten.

Das verlangsamte Ansteigen der Raumluftfeuchte bei Feuchteproduktion in einem Raum auf Grund der Oberflächenabsorption ist insbesondere im Winter günstig. Die Möglichkeit der Tauwasserbildung an kalten Wandstellen ist dann weniger zu befürchten. Andererseits muß man aber berücksichtigen, daß der Vorgang der Desorption ähnlich langsam verläuft wie der Vorgang der Absorption (Abb. 4 und 5). Wenn daher den „Befeuchtungsphasen“ nicht entsprechende „Regenerationsphasen“ gegenüberstehen, kann es im Laufe der Zeit im Winter zu einem „Aufschaukeln“ der Raumluftfeuchte insgesamt und es kann zu Schimmelbildung an kritischen Wandstellen, etwa an Wärmebrücken kommen. Man muß bedenken, daß durch einmaliges, kurzes Lüften zwar die Feuchtigkeit aus der Luft, nicht aber die in Oberflächenschichten absorbierte Feuchte abgeführt werden kann. Dies war nur bei den früher verwendeten undichten Fenstern möglich, die einen ständigen Luft- und Feuchteausgleich mit der Außenluft zuließen. Dabei spielten auch die Windverhältnisse eine entscheidende Rolle. Im Hinblick auf die Energieeinsparung braucht man eine gezielte „Bedarfslüftung“. Diese setzt dichte Fenster voraus und verlangt vom Bewohner ein gewisses Fingerspitzengefühl über das „richtige“ Lüften. Dieses muß – je nach Feuchteanfall – durch mehrmaliges, etwa einminütiges Stoßlüften oder durch zeitlich begrenztes mäßiges Lüften über Lüftungsöffnungen erfolgen. Wichtig sind dabei folgende Fakten:

- warme Luft kann weit mehr Feuchte transportieren als kalte;
- an kalten Wintertagen hereingelassene trockene Außenluft vermag deutlich mehr Feuchtigkeit aufzunehmen als feuchtwarme Luft im Sommer;
- wenn in ausreichend wärmedämmten Wohnungen Schimmel auftritt, wird entweder zu wenig geheizt oder nicht richtig gelüftet [7].

Beim heutigen Wärmedämmniveau kommt den Lüftungswärmeverlusten bereits eine große Bedeutung zu. Da in Zukunft im Hinblick auf die Energieeinsparung noch stärker gedämmt werden muß, bleibt wohl nur die aktive Lüftung mit Wärmerückgewinnung.

Tabelle 1. Wasserdampf-Absorptionskoeffizienten von Innenputzen, Beton, Holz und Textilien. Die Wasserdampfabsorption ist um so größer und damit die „Pufferwirkung“ um so besser, je größer der Wasserdampf-Absorptionskoeffizient d des Materials ist. Natürliche Textilfasern und Holz haben eine große Absorptionsfähigkeit. Holz sollte daher als Wandbekleidung im Innenbereich möglichst nicht behandelt werden (vgl. Informationskasten I).

Material	$d \cdot 10^3$ in $\text{kg m}^{-2} \text{h}^{-1/2}$
Innenputze, Beton	
Weißkalkputz, Gipsputz	7 - 12
Kalkzementputz	14 - 16
Beton (B15, B25, B45)	7 - 9
Innenputze und Beton mit Papiertapete	10 - 20
Holz	
Fichte, Kiefer, Buche, natur	20 - 25
Eiche, natur	12
Eiche, gewachst (Fußboden)	3
Textilien	
Vorhangstoff aus natürlichen Fasern 0,15-0,3 kg/m^2	5 - 15
Teppiche aus natürlichen Fasern	30 - 36
Teppiche aus synthetischen Fasern	15

Wasserdampfdiffusion durch Außenwände

Die traditionelle Bauart in Deutschland ist der Massivbau. Die Außenwände von Wohngebäuden wurden früher in der Regel aus Natursteinen oder Ziegeln aufgemauert. In ländlichen und waldreichen Gebieten war der Holz-Blockbau heimisch. Aus letzterem hat sich im Zuge der Vorfertigung der Holz-Tafelbau entwickelt: Ein Holz-Ständerwerk wird beidseitig beplankt durch Gipskartonplatten, Holzspanplatten oder Holzschalung; zwischen die Beplankung wird ein Dämmstoff – meist Mineralfaserstoffe – eingebracht. Diese Bauart ist im Vergleich zum verputzten Mauerwerksbau in größerem Maße wasserdampfdurchlässig.

Wasserdampf kann bei einem vorgegebenen Dampfdruckgefälle zwischen den beiden Seiten durch eine Wand hindurchdiffundieren; dabei ist deren Wasserdampfdurchlässigkeit maßgeblich. Warme Luft hat in der Regel einen höheren Wasserdampfpartialdruck als kalte Luft, so daß im Winter sowohl ein Temperaturgefälle, als auch ein Dampfdruckgefälle von innen nach außen besteht.

In einer früheren Arbeit wurde dargelegt, daß der Diffusionsanteil des Feuchte transportes durch konventionelles Mauerwerk nur 1 bis 2 % des möglichen Lüftungsanteils ausmacht [8]. Eine Wasserdampfdiffusion durch Außenbauteile hindurch ist somit für das Feuchteniveau im Raum unbedeutend; sie ist sogar unerwünscht und kann zu Schäden in der Lauer oder Dämmung führen. Lediglich ein gewisser Feuchte austausch zwischen der Raumluft und den Oberflächenschichten der Bauteile, wobei Diffusionsvorgänge mitwirken, ist zweckmäßig.

Verputztes Mauerwerk hat – wie bereits ausgeführt – einen großen Diffusionswiderstand; deshalb ist die Auswirkung von Diffusionsvorgängen im Normalfall unbedeutend. Normalfall heißt hier bei üblicher Raumnutzung, wie z. B. beim Wohnen. Beim Holzfertigbau oder allgemein beim Leichtbau aus dünnen Begrenzungsschichten und dampfdurchlässigen Dämmschichten sind Diffusionsvorgänge anders zu bewerten. Im Laufe einer Winterperiode kann nämlich die von innen nach außen diffundierende Feuchte durch Tauwasserbildung in der Konstruktion zu einer schädlichen Feuchteerhöhung führen. Dadurch kann der Wärmeschutz gemindert und die Konstruktion selbst geschädigt

werden, etwa durch Holzfäule oder Rosten von Stahlverbindungen. Durch das Einbringen von Dampfsperren hinter der inneren Beplankung sind solche Nachteile zu vermeiden. Dampfsperren sind in diesen Fällen nützlich und notwendig und keinesfalls nachteilig für das Raumklima, wie von Verfechtern des „biologischen Bauens“ oft behauptet wird.

Bei massiven Bauteilen müssen Diffusionsvorgänge nur dann berücksichtigt werden, um Durchfeuchtungen zu vermeiden, wenn vom eingangs erwähnten „Normalfall“ abgewichen wird. Dies ist z. B. bei Fabrikationsräumen mit produktionsbedingt ständig erhöhter Raumluftfeuchte der Fall (z. B. Spinnereien und Wäschereien). Auch Kühlhäuser oder -räume, bei denen ständig das Temperatur- und damit Dampfdruckgefälle in einer Richtung verläuft, stellen einen Sonderfall dar. Ebenso trifft dies auf Bauteile zu, die auf der kalten Seite völlig dicht sind, wie nicht belüftete Flachdächer. In solchen Fällen sind geeignete Maßnahmen zur Vermeidung diffusionsbedingter Feuchteschäden notwendig.

Gesichtspunkte des Regenschutzes

Schutzanstriche für Außenputze oder Holz sollen möglichst kein Wasser in flüssiger Form eindringen lassen. Andererseits sollen sie aber für Wasser in Dampfform durchlässig – „atmungsfähig“ – sein, um erhöhte Anfangsfeuchte vom Bau oder auf anderen Wegen eingedrungene Feuchte wieder ausdiffundieren zu lassen. Dies ist ein schwieriges Problem. Einfach wäre es, wenn man Bauteile im trockenen Zustand riß- und fehlerfrei beschichten könnte; dann dürfte die Beschichtung beliebig dicht sein, dicht für Wasser und dicht für Wasserdampf. Denn: Wenn nichts mehr rein kann, muß auch nichts mehr raus. Leider muß man jedoch immer damit rechnen, daß in einer Außenputzfläche Risse vorhanden sind oder vor oder nach dem Beschichten entstehen. An Fensteranschlüssen kann es Risse geben und in gestrichenem Holz können Schwindrisse auftreten, deren Flanken dann nicht den Schutz des Anstrichs haben.

Über solche Fehlstellen kann Wasser eindringen, sich hinter der Beschichtung im Material verteilen und nur durch Diffusion – also in Dampfform – hauptsächlich über die Beschichtung wieder abgegeben werden. Es stellt sich dann im Material ein Feuchtegehalt

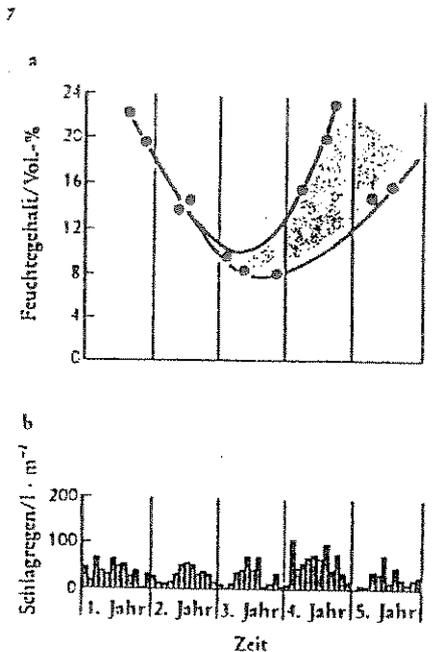


Abb. 7. a) Mittlerer Feuchtegehalt einer natürlich bewitterten Gasbetonwand in Abhängigkeit von der Zeit, b) Angabe der aufgetroffenen Schlagregenmengen. Die neu aufgebaute, mit Außenputz und Anstrich versehene Wand trocknete zunächst trotz Beregnung aus. Nach etwa zwei Jahren änderte sich dies; die Wand wurde wieder zunehmend feuchter. Der wasserabweisende Anstrich bekam nämlich Risse infolge Alterung (Versprödung). Durch diese konnte mehr Wasser bei Beregnung eindringen, als in den Trocknungsperioden wieder abgegeben wurde.

Abb. 8. a) Mittlere Feuchtegehalte einer natürlich bewitterten Gasbetonwand, versehen mit zwei Außenputzen in Abhängigkeit von der Zeit, b) Angabe der aufgetroffenen Schlagregenmengen. Mit einem

ein, der von den Beschichtungseigenschaften und den Befeuchtungs- und Trocknungsperioden abhängt. Je nach den Verhältnissen im Einzelfall kann sich die Feuchtigkeit in einer beregneten Wand „ansammeln“ (Abbildung 7) oder die Wand kann trotz häufiger Beregnung trocknen (Abb. 8).

Allgemein kann man sagen, ein Außenputz oder eine Beschichtung soll so wasserdicht und so wasserdampfdurchlässig wie möglich sein. Aus diesen Überlegungen heraus wurden in der Putznorm DIN 18 550 [9] wasser-

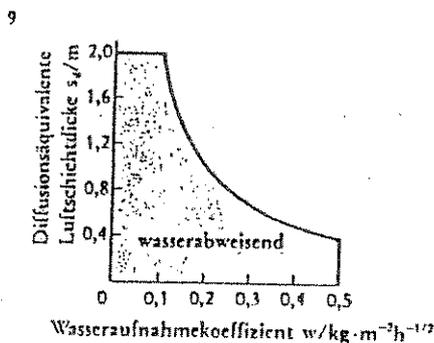
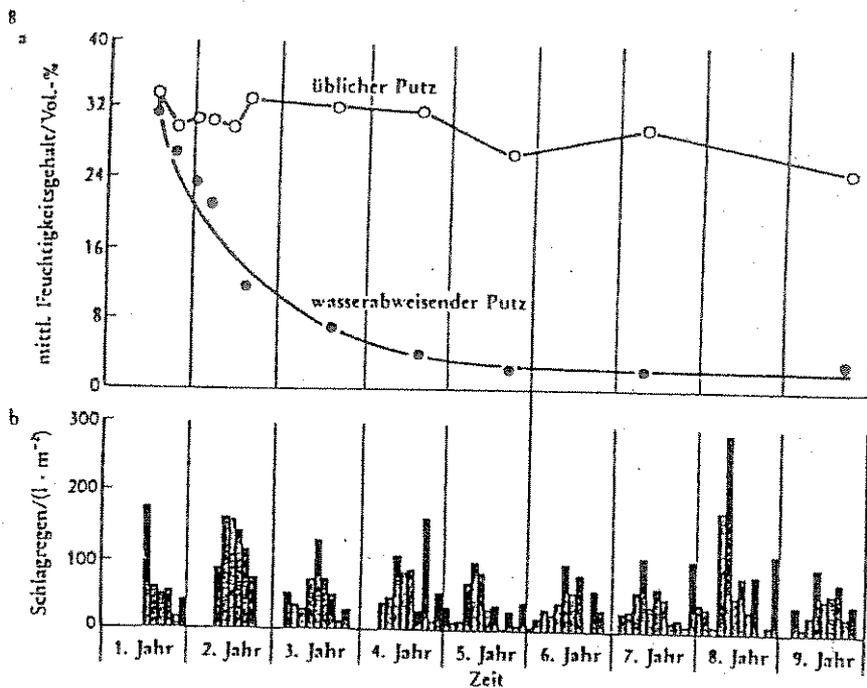


Abb. 9. Zusammenhang zwischen Wasseraufnahmekoeffizient w , kennzeichnend für die Wasseraufnahme bei Beregnung und diffusionsäquivalenter Luftschichtdicke s_d , kennzeichnend für die Trocknungsmöglichkeit, für wasserabweisende Außenputze (grauer Bereich). Der Anforderung liegt die Überlegung zugrunde, daß bei einem großen w -Wert der s_d -Wert klein sein muß und andererseits bei einem kleinen w -Wert der s_d -Wert größer sein darf, damit die Bilanz zwischen Wasseraufnahme bei Beregnung (w -Wert) und die Wasserabgabe in Trocknungsperioden (s_d -Wert) stimmt. Diese Anforderung wurde von dem wasserabweisenden Putz (Abbildung 8) erfüllt. Die eingezeichnete Grenzkurve genügt der Beziehung $s_d \cdot w = 0.2 \text{ kg} \cdot m^{-1} \cdot h^{-1/2}$.

Wasserabweisenden Putz kann die Wand bei häufiger Beregnung austrocknen und bleibt trocken. Bei dem „üblichen“ Außenputz ist die Wasseraufnahme im Vergleich zur möglichen Abgabe zu groß, so daß sich der anfangs gegebene Feuchtegehalt im Mittel hält.

Wasserabweisende Putze mit mineralischen oder organischen Bindemitteln nach ihren Eigenschaften gegenüber flüssigem und dampfförmigem Wasser definiert (vgl. Daten in Abbildung 9).

Zusammenfassung und Folgerungen

Durch eine fachgerecht ausgeführte, riß- und fugenfreie Außenwand findet so gut wie kein Feuchtigkeitsaustausch zwischen der Raumluft und der Außenluft statt. Unter diesem Gesichtspunkt unterscheiden sich Wände aus konventionel-

len Baustoffen wie Ziegel oder Holz nicht von Wänden aus Beton oder Stahl. Der erforderliche Luftwechsel in Räumen muß durch Lüftung über Fenster oder spezielle Lüftungseinrichtungen erfolgen. Wichtig ist in allen Fällen eine ausreichende Wärmedämmung, die bei nicht oder wenig dämmenden Baustoffen zusätzlich eingebracht werden muß. Bei so entstehenden Schichtkonstruktionen oder bei sehr dampfdurchlässigen Bauteilen müssen gegebenenfalls Dampfsperren vorgesehen werden, um langfristig Feuchteerhöhung zu vermeiden und den Wärmeschutz zu gewährleisten.

Wünschenswert und vorteilhaft ist außerdem, daß die Rauminnenoberfläche Wasserdampf absorbiert, um Schwankungen der Luftfeuchte bei wechselnder Feuchtezufuhr auszugleichen. Dies ist z. B. durch Papiertapeten, unbehandeltes Holz und Textilbeläge in ausreichendem Maße gegeben. Deshalb muß die Wasserdampf-Absorption im Normalfall nicht als besonderer Gesichtspunkt bei der Einrichtung von Wohnungen gesehen werden. In anderen Fällen wird die Luft durch raumlufttechnische Anlagen entsprechend aufbereitet und eingestellt.

Beim Regenschutz von Außenbauteilen spielen die Eigenschaften der Durchlässigkeit für Wasser und Wasserdampf von Außenputzen und Beschichtungen eine Rolle. Zur Vermeidung von Schäden müssen diese Eigenschaften aufeinander abgestimmt sein. Dies ist aber nur ein Teil des Problems; Dauerhaftigkeit und Verbundfestigkeit sind weitere Eigenschaften, die für Schadensvermeidungen bedeutsam sind.

- [1] F. Steininger, Die wohnungshygienische Bedeutung der Baustoffe in der Ökologie des Menschen und seiner Haustiere. Gesundheitswesen und Desinfektion 61, 1 (1969).
- [2] S. Wichmann, Carl Spitzweg, Schuler Verlagsgesellschaft, Herrsching 1985.
- [3] M. v. Pettenkofer, Populäre Vorträge „Über das Verhalten der Luft zum Wohnhause des Menschen“, Braunschweig 1877.
- [4] M. v. Pettenkofer, Über Ventilation oder Luftwechsel in Wohngebäuden. Münchner Kalender (1886).
- [5] H. v. Thielmann, Die Luftdurchlässigkeit von Baumaterialien, Ges.-Ing. 38, 265 (1915).
- [6] E. Raisch, Die Luftdurchlässigkeit von Baustoffen und Baukonstruktionen. Ges.-Ing. 51, 481 (1928).
- [7] H. Künzel, Richtiges Heizen und Lüften in Wohnungen, wksb 32/22, 12 (1987).
- [8] H. Künzel, Kritische Beobachtungen zur Frage des Feuchtigkeitshaushaltes von Außenwänden. Ges.-Ing. 91/1, 21 und 91/2, 42 (1979).
- [9] DIN 18 550, Teil 1, Beuth Verlag, Berlin 1985

- 6.1 Beständigkeit von Schaumstoffen aus Styropor gegen tierische und pflanzliche Schädlinge
- 6.2 Sonderdruck zur Atmungsfähigkeit von Hauswänden
- 6.3 Beurteilung von EPS-Hartschaum unter besonderer Berücksichtigung biologischer Aspekte**
- 6.4 Gutachten zur Emission von Styrol aus "Polystyrol-Hartschaum"
- 6.5 Merkblatt über die Alterungsbeständigkeit von Styropor
- 6.6 Gutachten über die Unbedenklichkeit von Gasen beim Verbrennen von Styropor
- 6.7 Wärmedämmstoffe: Gesundheitliche und ökologische Bewertung
- 6.8 EPS-Dämmstoffe: Eine Lebenswegbilanz

INSTITUT BIO-BAUFORSCHUNG

K A R L H E I N Z S I R T L

Institut Bio-Bauforschung · Postfach 1410 · 8047 Karlsfeld

I V H
INDUSTRIEVERBAND HARTSCHAUM e.V.
In der unteren Rombach 6 L
Postfach 10 30 06

6900 Heidelberg 1

Ingenieurbüro für angewandte Baubiologie

IBBF

- Forschung
- Entwicklung
- Beratung
- Gutachten
- Produktprüfung
- Messungen

Datum 29. 6. 1982
AZ: si/K.-IBBF-

BEURTEILUNG

von EPS-Hartschaum unter besonderer Berücksichtigung biologischer Aspekte.

Vorbemerkungen

Der Unterzeichner befaßt sich seit nahezu 20 Jahren in Theorie und Praxis mit Dämmstoffen aus Polystyrol-Hartschaum, wie sie z.B. unter der Bezeichnung "STYROPOR" hergestellt und vertrieben werden.

Nachdem seit etwa 1976 verstärkt der Ruf nach einem gesünderen Bauen und Wohnen laut wurde, jetzt forciert unter dem Begriff "BAUBIOLOGIE", lag es nahe, der Frage nachzugehen, inwieweit sich Polystyrol-Hartschaum bei Berücksichtigung baubiologischer Vorstellungen als geeignet erweist.

Die Notwendigkeit eingehender Untersuchungen schien insbesondere auch deshalb geboten, weil hinsichtlich der biologischen Wirkung dieses Materials verschiedentlich Vermutungen geäußert wurden, die es entweder zu bestätigen oder aber zurückzuweisen galt.

Zwar sind die Methoden des exakt wissenschaftlichen Nachweises beeinflussender Wirkungen auf den Menschen derzeit noch begrenzt, z.T. auch offiziell-Wissenschaftlich nicht anerkannt, jedoch können Versuche unterschiedlichster Art nach derzeitigem Erkenntnisstand relevant erscheinende Ablärung bringen.

1. V E R S U C H E

In den Jahren 1978 bis 1982 führte ich Versuche wie folgt durch:

- a) Bioindikatortests mit Pflanzen und Vermes
- b) Mikrobiologische Tests mit Pilz-, Bakterien- und Zellkulturen
- c) Körperwiderstandsmessungen nach Dr. med. Hartmann im Doppel-blindversuch
- d) Gaschromatographische Analysen
- e) Elektrometrische pH-Wert-Messungen
- f) Messungen elektrostatischer Aufladung
- g) Bewitterungs- und Kontaminationstests
- h) Versuche mit Algen
- i) Diverse weitere Tests als "Fastversuche".

Verwendete Materialien:

- a) Handelsübliche EPS-Hartschaumplatten mit Rohdichten zwischen 15 und 30 kg/m³;
- b) Polystyrol-Perlen;
- c) Polystyrol-Perlen in Verbindung mit sog. "Dämmputzen";
- d) Verpackungsmaterial aus Polystyrol-Hartschaum.

2. U N T E R S U C H U N G E N aufgrund von Beauftragungen durch:

- a) THERMODACH-Dachtechnik GmbH, Marktredwitz (Dachdämm-Elemente aus EPS 20);
- b) EGGOLIT Dämm- und Edelputz GmbH, Eggenstein 1 (Dämmputz)*
- c) MONTENOVO-WERKE HANS HEITMANN KG, Finnetrop (Dämmputz)*

* Beinhaltet Polystyrolperlen als Zuschlagstoff.

- d) Intern: Handelsübliche Polystyrol-Verpackungen, u.a. solche japanischen Ursprungs.

3. P R Ü F Z I E L

Die Aufgabenstellung war, zu kontrollieren, ob und inwieweit durch EPS-Hartschaum nachweisbare, negative Wirkungen auf lebende Organismen resultieren.

4. Beschreibung der Untersuchungen

a) Bioindikatortests

Auf EPS-Hartschaum wurden in mehreren Versuchen Samen angesetzt * und vergleichend auf unbehandelten Holzbrettern. Kontrolliert wurde die Ankeimung, die Ausbildung der Keimlinge und das weitere Wachstum bei gleichen Bedingungen und analoger Behandlung.

Desgleichen wurden in weiteren Versuchen Mehlwürmer angesetzt und deren Verhalten sowie die weitere Entwicklung kontrolliert.

b) Mikrobiologische Tests

bb) EPS-Hartschaum wurde in Verbindung mit ubiquitär vorkommenden Schimmelpilzen auf Sabouraud-Glucose (2%)-Agar angesetzt und mehrmals täglich über einen jeweiligen Zeitraum von 10 - 14 d stereomikroskopisch kontrolliert und pH-Wert-Messungen vorgenommen.

bc) EPS-Hartschaum wurde in flüssige Nährmedien gebracht und mit Bakterien-Mischkulturen beimpft. Vergleichende Versuche mit reinen Nährmedien als "Leerversuch" durchgeführt. Sonst wie vor.

bd) Auf EPS-Hartschaum wurden im flüssigen Nährmedium Hefezellkulturen angesetzt, ebenso pflanzliche Zellen. Sonst wie vor.

c) Körperwiderstandsmessungen

Gemessen wurde mittels geeichtem HIOKI-Multi-Tester über zwei je 27 mm Ø -Messing-Handelektroden, alle 0,5 min im XIK-Bereich (Rated value \pm 3%). Doppelblindversuche mit jeweils zwei männlichen Probanden, wobei zunächst die Leerversuche, danach die Belastungsversuche im unmittelbaren Körperkontakt mit dem Prüfgut erfolgten.

Die resultierenden Werte wurden im Kiloohm/Zeit-Diagramm festgehalten.

* Alfalfa und Kresse

d) Gaschromatographische Analysen

Durchgeföhrt jeweils außerhalb meiner Einrichtung von promovierten Chemikern mittels 3 m-Trennsäule OV-101 (3%), Elektroneneinfangdetektor ^{63}Ni , womit die semi-selektive Erfassung flüchtiger chemischer bzw. organischer Substanzen möglich ist.

Angewandte Methode: Lösung von Polystyrol in n-Hexan und gaschromatographische Analyse eines Aliquots.

Elektronische Aufzeichnungen resultierender Werte.

e) Elektrometrische pH-Wert-Messungen

Durchgeföhrt mittels SCHOTT-Digital-pH-Meter CG 822 bei jeweils 20° C.

f) Messungen elektrostatischer Aufladung

Durchgeföhrt mit Elektrofeldsonde System "Janke" und vergleichend mit Sonde "Endotron NF".

EPS-Dämmstoff als Dachmodell mit Lagerung "über Kopf", gemessen von unten und unter normalen Raumbedingungen, sowie nach Reiben auf der unteren Oberfläche des Prüfguts.

g) Bewitterungs- und Kontaminationstests

EPS-Hartschaum wurde in Abmessungen von etwa DIN A 5 im Freien gelagert und im Erdreich vergraben. Versuchsdauer jeweils mehrere Wochen zu verschiedenen Jahreszeiten-

h) Versuche mit Algen

Von fremder Seite in einem Wald deponierter EPS-Hartschaum unbekannter Herkunft, Rohdichte 16 kg/m^3 , wurde entnommen, im Labor bei entsprechender Klimatisierung gelagert und der weitere Verlauf über mehrere Monate sporadisch stereomikroskopisch kontrolliert.

i) Diverse weitere Tests

ii) Verrottungsversuche unter verschiedenen, natürlichen Bedingungen

ik) Versuche mit natürlicher und künstlich erzeugter UV-Strahlenbelastung

il) Messungen der Feuchtigkeitsaufnahme und -abgabe mittels GANN-Hydromette.

5. ERGEBNISSE

zu a)

Die Keimversuche lieferten für EPS-Hartschaum und Holz gleiche Werte im Hinblick auf die Ankeimung, die Ausbildung der Keimlinge in Form und Farbe, aber auch in Größe und weiterem Wachstum. Es konnten keinerlei Schadwirkungen festgestellt werden. (Wirkungsindikatoren!).

Die für denselben Zweck auf dem Prüfgut angesetzten Würmer ließen gleichwohl keine negative Wirkung detektieren. Es stellten sich keinerlei Veränderungen ein.

Nachdem in das Prüfgut Löcher gebohrt waren, wurden diese zur Verpuppung angenommen. Auch im weiteren ließ sich keine Schädigung feststellen.

zu b)

Die mikrobiologischen Tests wurden in umfangreicher Weise betrieben, besonders deswegen, weil hinreichend bekannt ist, daß gerade Mikroorganismen auf Schadstoffe -auch in geringsten Mengen- äußerst empfindlich reagieren.

Die in vitro auf festen Nährböden in Verbindung mit zerkleinertem EPS-Hartschaum gezüchteten Schimmelpilzkulturen ließen in keiner der ablaufenden Phasen irgendeine Schädigung erkennen. Auch in den folgenden Generationswechseln ergaben sich keinerlei Änderungen.

Für die im flüssigen Nährmedium auf EPS-Hartschaum angesetzten aeroben und anaeroben Bakterien apathogener Spezies ergab sich in mehreren Versuchen weder eine mikrobiozide, noch eine mikrobiostatische Wirkung. Wie durch Vergleiche nachgewiesen werden konnte, stellten sich für die rasch ablaufenden Generationswechsel keine signifikanten Änderungen ein, die den Status verändert hätten.

Identisch verliefen die Untersuchungen in Verbindung mit Zellkulturen. Die Züchtung über mehrere Wochen ergab lediglich eine charakteristische Indifferenz. Hypertrophien waren nicht nachweisbar.

Anmerkung: Im Zuge einer Untersuchung von EPS-Dachdämm-Elementen wurden Versuche mit höher entwickelten Mikroorganismen durchgeführt (Stentor coerulens, Paramecium caudatum, Volvox und Clamydomonas sowie Hydra), diese gezüchtet.

Auch damit gelang kein Nachweis morbider oder degenerativer Mutation.

zu c)

Bei Körperwiderstandsmessungen, nach /1/ als Georhythmogramm bezeichnet, fließt bei Kontakt mit zwei gleichmetallischen Handelektroden ein Gleichstrom von 1,5 V und wenigen mA über die Handflächen durch den Körper der Probanden. Diesem Strom setzt der Mensch als lebendes Kolloid einen sog. "Polarisationswiderstand" entgegen, wobei sich die physiologischen Polarisationswiderstände bei Menschen zwischen 5 bis 40 Kilo-Ohm bewegen.

Durch diese -derzeit von der offiziellen Wissenschaft noch nicht anerkannte) Meßmethode können positive oder negative Auswirkungen von beliebigen Prüfgütern nachgewiesen werden, wenn diese in unmittelbarem Körperkontakt zu Probanden gebracht werden.

Als Kriterium aus heutiger Sicht darf gelten, daß Hebungen des Widerstandspegels nicht über den Werten des Leerversuchs auf ungestörtem Feld liegen und allenfalls Sprünge bis 5 Kilo-Ohm tolerierbar sind.

Bei den oftmaligen Versuchen mit EPS-Hartschaum unterschiedlichster Arten wurden die vorgegebenen Kriterien jeweils erfüllt./2/

zu d)

Bei mehreren gaschromatographischen Analysen konnten entweder keine oder nur äußerst geringe flüchtige Substanzen detektiert werden in einem Konzentrationsbereich bis 0,5 mg/kg, die als Hilfsstoffe für die Polymerisation Verwendung finden.

Es konnten keine flüchtigen Fungizide bzw. Insektizide gemessen werden.

zu e)

Die elektrometrisch durchgeführten pH-Wert-Messungen zeigten für 12 unterschiedliche EPS-Hartschäume jeweils Werte zwischen pH = 6,7 und 8,2 (20° Isotherme).

zu f)

Die Messungen erfolgten an einer Versuchskonstruktion. Es konnte jeweils eine elektrostatische Aufladung von ≥ 300 V/m über der normalen Raumladung liegend ermittelt werden, wenn keine äußeren Einwirkungen erfolgten.

Nach starker Reibung stellten sich Werte $\geq 10\ 000$ V/m ein, was jedoch im eingebauten bzw. verbautem Zustand nicht von Relevanz sein kann, da elektrostatische Felder praktisch von jedem Baustoff abgeschirmt werden./3/

Eine relativierte Gewichtung von Meßwerten elektrostatischer Aufladung erscheint angesichts der örtlichen und zeitlichen, auch witterungsabhängigen Verhältnisse mit den dadurch bedingten Differenzen schwer realisierbar.

Im übrigen wäre erst durch umfangreiche, weitere Untersuchungen zu klären, inwieweit elektrostatische Aufladungen in Größenordnungen, wie sie nachweisbar auch in der freien Natur auftreten, negative Auswirkungen auf lebende Organismen, insbesondere auf den Menschen zeitigen./4/

zu g)

Auch widrige, klimatisch bedingte Einwirkungen schädigen EPS-Hartschaum nicht, wie ungeschützte Lagerungen im Freien eindeutig belegen.

Auf dem Prüfgut kontaminierten Pilze und Bakterien aus der Luft und vermehrten sich, soweit die Bedingungen dafür gegeben waren. Pilze arbeiten sich in der Regel tiefer in EPS-Hartschaum vor, wie die vielfachen mikroskopischen Kontrollen für die Schimmelpilzgattungen *Aspergillus niger* und *Mucor* auswiesen.

Wird EPS-Hartschaum im Boden vergraben, so erfolgt zügige, oberflächige Kontamination der vorkommenden Bodenbakterien. Ein Produktabbau erfolgt jedoch nicht.

Für Schimmelpilze zeigte sich, daß bei Lagerung in der freien Natur die lag-Phase etwas länger dauert als bei Versuchen in vitro. Die log-Phase verläuft dagegen analog, die Absterbephase ebenfalls. Auch für Schimmelpilzkulturen unterschiedlichster Gattungen zeigte sich, daß sie nicht in der Lage sind, EPS-Hartschaum etwa durch Vergärung etc. abzubauen, zu zersetzen.

zu h)

Für die Untersuchungen diente EPS-Material welches mit Grün- und Blaualgen, ein anderes, welches mit Kopplungsformen besiedelt war.

Die native, stereomikroskopische Betrachtung zeigte, daß Algen und Flechten ausschließlich oberflächlich angesiedelt sind. Sie dringen nicht tiefer in EPS-Hartschaum vor. Aber sie nehmen die Oberfläche zur Besiedelung an und gedeihen darauf, verglichen mit den Oberflächen von Steinen, Pflanzen, Holz, Ziegel udgl., in gleicher Weise. Irgendwelche Veränderungen der Kulturen waren auch über einen Zeitraum von rund einem Jahr nicht feststellbar.

Die Algen u/o Flechten sterben erst dann und nur dann ab, wenn ihnen die nötigen Lebensbedingungen für Entwicklung und Wachstum entzogen werden. (Z.B. Licht, Feuchtigkeit).

zu i)

Unter natürlichen Bedingungen ist eine Verrottung von EPS-Hartschaum nicht feststellbar gewesen. Äußere Einflüsse, wie z.B. Gülle, phosphatgedüngtes Erdreich, saure Regen u.a. blieben ohne signifikante Auswirkung.

Extreme UV-Strahlen-Einwirkung dagegen kann zumindest oberflächlich geringfügige Änderungen bewirken. Mikrotomschnitte durch das Prüfgerät ergaben unter dem Mikroskop bei 1350-facher Vergrößerung für die Oberfläche bestrahlten Materials geringe Veränderungen der Struktur. Gleichwohl war oberflächlich ein "Vergilben" erkennbar.

Die Messungen bzgl. der Feuchtigkeitsaufnahme ergaben, daß EPS-Hartschaum (hier PS 15 SE) bis zu 2,2 Vol.-% aufnahm. Unter einem Druck von 1,2 atü konnte eine Wasseraufnahme in der Größenordnung von 2-3 Vol.-% bewirkt werden.

Beim Prüfgut mit einer Dicke von 50 mm erwies sich bevorzugt die Oberfläche bis zu einer Tiefe von 5-6 mm als verstärkt wasseraufnahmefähig. (Blockgeschnittene Ware!).

Vergleichende Versuche mit sog. "Automatenware" der Güteklasse PS 20 zeigten wesentlich weniger Wasseraufnahme, was insbesondere für die oberflächige Aufnahme gilt.

Polystyrolperlen, wie sie z.B. als Zuschlag für sog. "Dämmputze" verwendet werden, erwiesen sich als mehr feuchtigkeitsaufnehmend, je nach Perlengröße.

Allgemeines aus Praxis und Studium

EPS-Hartschaum unterliegt einem eigenen Güteschutz (RAL) und wird in Rohdichten von 15-30 kg/m³ hergestellt.

Die amtliche Überwachung wird durch die Gütegemeinschaft Hartschaum e.V. in Frankfurt auf der Basis von DIN 18 164 vorgenommen.

Grundprodukt für die Herstellung ist Erdöl.

Aus Vinylbenzol bzw. Styrol (aus Benzol und Äthylen) entsteht durch Polymerisation Polystyrol. Nach dem STYROPOR-Verfahren der BASF werden vorgeschäumte Teilchen nochmals auf ca. 100° C erwärmt, wobei sie zusammenkleben bzw. versintern (verfrittete Zellverbände)./5/

Je höher der Polymerisationsgrad, desto geringer ist der Restgehalt unreaktierten Monostyrols und die Bemühungen der Industrie, Polystyrol auch von kleinsten Resten an Styrol zu befreien, ließ sie neue Methoden entwickeln./6/

In einer kritischen Abhandlung /7/ wird festgestellt, daß die Polymere reaktionsträge sind und daher als ungefährlich gelten.

Aufgrund des hohen Polymerisationsgrades ist nach /8/ keine Gesundheitsgefährdung für Menschen wahrscheinlich und an anderer Stelle wird festgestellt:"ist nichts über eine krebserzeugende Wirkung von Hartschaum bekannt".....

In einem Gerichtsgutachten betr. EPS-Dachdämmelemente kommt /3/ zu der zusammenfassenden Feststellung, daß unter Annahme von nur 0,1 Luftwechsel/h eine maximale Styrolkonzentration von 0,1 ppm vorliegen kann, wobei dann, wenn nicht die gewählten schlechtesten Bedingungen vorliegen, dieser Wert um mindestens den Faktor 10 abgeschwächt werden kann.

Die vorgenannten Aussagen decken sich bei kausaler Betrachtung mit meinen bisherigen Untersuchungen, die zwar nicht als endgültig abgeschlossen gelten können, jedoch adäquater erscheinen, als etliche Tierversuche Anderer. Veröffentlichungen forschender Wissenschaftler lassen die Zweifel erkennen, daß Tierversuche auch tatsächlich Aufschluß über negative Wirkungen auf den Menschen zulassen./7/

Kritisierende Veröffentlichungen zeigten vielfach, daß immer von STYROL die Rede ist, nicht jedoch von Polystyrol. Das darf auch für einige Tierversuche gelten, wo im übrigen und bekanntermaßen mit hohen Dosisverabreichungen gearbeitet wird.

Jahrelange Beobachtungen zeigten, daß Tiere EPS-Erzeugnisse nicht meiden. So werden z.B. Polystyrol-Perlen von Hühnern gefressen, von Mäusen zum Nestbau benutzt, von Ameisen mit in Bauten genommen. Insekten benutzen den Hartschaum zur Eiablage, so z.B. Wildbienen, Wespen, Fliegen und Käfer. Irgendwelche insektizide Wirkung war nie nachweisbar.

Auch im Hinblick auf die Ankeimung und Aufzucht von Topfpflanzen ließ sich bei Einsatz von EPS-Hartschaum, z.B. verwendet als Blumentöpfe oder Perlen-Beimengung zwecks Auflockerung der Topferde, keinerlei negative Wirkung nachweisen.

Daß es im Brandfall unter widrigsten Umständen zur Ausbildung toxischer Gase kommt, ist unbestritten.

Von Bedeutung ist aber auch, daß EPS-Hartschaum grundsätzlich schwerentflammbar eingestellt ist (entspr. DIN 4102) und überwiegend im Verbund mit Baustoffen der Klassifizierung A (DIN 4102) im Hochbau verwendet wird. In diesem Zusammenhang sei auf Versuche in der Schweiz verwiesen./9/

Wir die Ausbildung schädigender Brandgase betrachtet, ist nicht zu übersehen, daß aus natürlichen brennbaren Werkstoffen in gleichem oder größerem Maß Kohlenmonoxid entsteht, welches in hohem Grad toxisch wirkt./10/11/

In Anbetracht der Vermeidung jedweder Umweltschädigung u/o Belastung sollte das Verbrennen gebrauchten EPS-Hartschaums (beispielsweise Verpackungsmaterial) sowohl auf Mülldeponien, als auch in Heizanlagen von Gebäuden verboten werden. Dies gerade auch deswegen, weil Methoden der Beseitigung im Pyrolyse-Verfahren bekannt sind, der relativ hohe Heizwert des Materials nutzbar ist und im übrigen Rückstände verwertbar ausgefiltert werden können.

Bei Gebäude-Abbrüchen ist EPS-Hartschaum (z.B. aus Dachdämmungen) wiederverwendbar. Einlassungen Dritter, daß EPS-Hartschaum in solchen Fällen als "Sondermüll" zu betrachten ist, kann nach dem derzeitigen Erkenntnisstand als nicht stichhaltig bezeichnet werden.

EPS-Hartschaum wird seit vielen Jahren im Kühl- und Tiefkühlraum-bau verwendet, teilweise als sichtbar gelassene Dämmung, also ohne jede weitere Verkleidung, ohne daß dabei bisher irgendwelche negativen Einwirkungen auf Kühlgüter detektiert werden konnte. Daß dabei EPS-Hartschaum in der gesamten Kühlkette eine beachtliche Rolle spielt, sei nebenbei erwähnt.

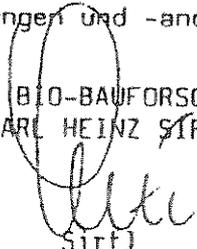
Als in der Praxis tätiger Dämmtechniker sind mir bei den bisher tonnenweise verarbeiteten Polystyrol-Hartschäumen keinerlei Erkrankungen des Montagepersonals, also weder dermatologische, noch solche des Respirationstrakts odgl. bekannt geworden, wie sie vordem bei der überwiegenden Verarbeitung von Korkerzeugnissen erkennbar waren.

Polystyrol-Hartschaum kann deshalb nach heute gültigen Erkenntnissen zwar nicht als "symbiotischer", wohl aber als biologisch neutrales Produkt der weltweit produzierenden Chemie gewertet werden.

Die weitere Forschung in der aufgezeigten Richtung muß ebenso wie die Revidierung bei Bekanntwerden neuerer und weiterführender Erkenntnisse vorbehalten bleiben.

Die durchgeführten Untersuchungen sind bei gleichen Versuchsvoraussetzungen und -anordnungen reproduzierbar.

INSTITUT BIO-BAUFORSCHUNG (IBBF)
KARL HEINZ SIRTIL



Sirtil

- 6.1 Beständigkeit von Schaumstoffen aus Styropor gegen tierische und pflanzliche Schädlinge
- 6.2 Sonderdruck zur Atmungsfähigkeit von Hauswänden
- 6.3 Beurteilung von EPS-Hartschaum unter besonderer Berücksichtigung biologischer Aspekte
- 6.4 **Gutachten zur Emission von Styrol aus "Polystyrol-Hartschaum"**
- 6.5 Merkblatt über die Alterungsbeständigkeit von Styropor
- 6.6 Gutachten über die Unbedenklichkeit von Gasen beim Verbrennen von Styropor
- 6.7 Wärmedämmstoffe: Gesundheitliche und ökologische Bewertung
- 6.8 EPS-Dämmstoffe: Eine Lebenswegbilanz

Unsere neue Telefonnummer
0222/798 16 01-0

Gutachten

Gutachten Nr.: 4013

Datum: 1992 02 26

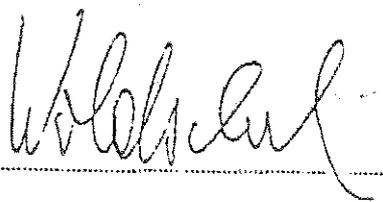
6. BEGUTACHTUNG

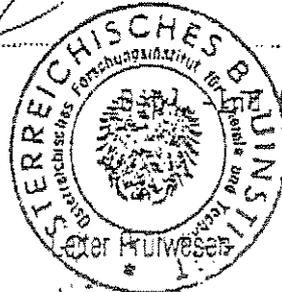
Weder Literaturrecherchen noch eigene Arbeiten gaben Hinweise, daß praxismgerecht verarbeitete EPS-Dämmstoffe Schadstoffe an die Rauminnenluft abgeben. Nur unter extremen Bedingungen (unverputzt, kein Luftwechsel, geringes Raumvolumen und hohes Dämmstoffvolumen) konnte monomeres Styrol nachgewiesen werden, allerdings in einer Menge, die 2 Zehnerpotenzen unter dem MAK-Wert lag. Ein nachteiliger Einfluß auf die Bewohner kann daher ausgeschlossen werden.

Experimentelle Sachbearbeiter

Abteilungsleiter


Ing. J. Nirschl


Dr. techn. E. Wildschek




Dipl.-Ing. Dr. techn. E. Wildschek

PROF. DR. MED. H. G. SONNTAG

DIREKTOR

Abt. Hygiene und Umwelthygiene

HYGIENE-INSTITUT DER UNIVERSITÄT

An den

Industrieverband Hartschaum e.V.

z. Hd. Herrn Schmitt

In der Unteren Rombach 6

6900 Heidelberg 1

Im Neuenheimer Feld 324 19.11.1984

6900 HEIDELBERG 1

Tel.: (0 62 21) 56 20 80 / 20 81 hi/scha

BETR.: Fachhygienisches Gutachten zur Emission von Styrol aus
"Polystyrol-Hartschaum Marke STYROPOR" in Ergänzung
zum GUTACHTEN vom 8.5.1984.

Gemäß dem uns erteilten Auftrag wurde vom 22. bis 30.8.1984 in der
Raumluft von 2 innenliegenden mit Polystyrol-Hartschaum wandverkleideten
Räumen des Hygiene-Institutes der Universität Heidelberg der Gehalt an
monomerem Styrol bestimmt.

Angaben zur angewandten Methodik

Die Kenndaten der für die Exposition der Polystyrol-Hartschaumplatten zur
Verfügung stehenden Räume sowie die Mengenangaben der in diesen
aufgestellten "Polystyrol-Hartschaumplatten PS 15 SE 50 mm" bitten wir
unserer gutachterlichen Stellungnahme vom 8.5.1984 zu entnehmen. Die
Polystyrol-Hartschaumplatten verblieben in der zwischen der damaligen und
der jetzigen Untersuchungsreihe liegenden Zeit wie aufgestellt in der
Dunkelkammer und dem Brutraum des Institutes. Während sich die
Raumlufttemperatur in der Dunkelkammer zwischen 20°C und 22°C bewegte,
wurde die Temperatur der Klimakammer nach einer dreiwöchigen Phase mit
50°C vom 2. bis 3. März auf 37°C heruntergefahren und verblieb bis zum
Ende der jetzigen Meßperiode bei diesem konstant gehaltenen
Temperaturwert. Während die Dunkelkammer verschlossen blieb und somit
nicht zugänglich war, ist für die Klimakammer von einer zwei bis achtmal
am Tag erfolgenden Öffnung der Tür mit kurzfristigem Aufenthalt von
Mitarbeitern des Institutes in diesem Raum auszugehen.

Die Adsorption des aus den Polystyrol-Hartschaumplatten emittierten Monostyrols erfolgte auf Aktivkohleröhrchen der Firma Dräger bei jeweils mehrstündiger Verwendung des Luftsammelgerätes "Polymeter" der gleichen Firma. Nach Desorption mit Schwefelkohlenstoff erfolgte die Zugabe von Tetradekan als innerem Standard und eine gaschromatische Bestimmung am gleichen Tage, spätestens nach 24 Stunden bei Aufbewahrung der Probe bei plus 4°C.

Die gaschromatographische Bestimmung erfolgte mittels Quarzkapillar-Trennsäule, Einzeldaten der analytischen Methode stehen auf Wunsch zur Verfügung.

Untersuchungsergebnisse

Datum $\mu\text{g Monostyrol/m}^3$ Raumluft

Klimakammer:

22.8.	n.n.
26.8.	n.n.
30.8.	n.n.

Dunkelkammer

22.8.	n.n.
26.8.	n.n.
30.8.	n.n.

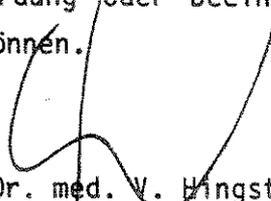
(Nachweisgrenze 50 $\mu\text{g Monostyrol/m}^3$ Luft)

Lufthygienische Beurteilung

Bei einer Nachweisgrenze von 50 $\mu\text{g Monostyrol/m}^3$ Raumluft konnte in keiner der untersuchten Proben Monostyrol quantitativ nachgewiesen werden. Es kann aufgrund der durchgeführten Untersuchungen daher davon ausgegangen werden, daß selbst bei den gewählten für einen positiven Nachweis von Monostyrol günstigen Untersuchungsbedingungen (Verhältnis von Hartschaumplatten-Volumen zu Untersuchungsraum-Volumen, extrem geringer Luftwechsel, zum Teil erhöhte Raumlufttemperatur) aus den seinerzeit fabrikfrisch angelieferten Polystyrol-Hartschaumplatten PS 15 SE 50 mm Monostyrolmengen

emittiert werden, die nach dem derzeitigen Stand des Wissens nicht als gesundheitsschädigend oder -gefährdend eingestuft werden können. Nachdem sich der Gehalt an Monostyrol unter verschärften Versuchsbedingungen 10 Wochen nach Aufbau fabrikfrisch angelieferter Hartschaumplatten bereits in kontinuierlichem Abfall einem Wert von 1.000stel des derzeitigen MAK-Wertes genähert hatte, (siehe auch Vorgutachten vom 8.5.1984), ist somit nach 6-monatiger (Dunkelkammer) bzw. 10-monatiger (Klimakammer) Exposition der emittierte Monostyrolgehalt auf unter der Nachweisgrenze von 50 µg/m³ Raumluft liegende Werte abgefallen. In Übereinstimmung mit der im Juni vom Bundesgesundheitsamt erfolgten Bewertung wird aufgrund dieser Untersuchungsergebnisse von den Unterzeichnern dieses Gutachtens die Auffassung geteilt, daß sich bei regelrechter Verwendung von Polystyrol-Hartschaumplatten im Wohnungsbau in der Raumluft von Wohnungen keine Konzentrationen von Monostyrol ergeben, die nach dem derzeitigen Stand des Wissens eine gesundheitliche Gefährdung oder Beeinträchtigung der darin lebenden Wohnbevölkerung bewirken können.


(Prof. Dr. med. H.-G. Sonntag)
Geschäftsf. Direktor


(Dr. med. V. Hingst)
wiss.-Ang.

- 6.1 Beständigkeit von Schaumstoffen aus Styropor gegen tierische und pflanzliche Schädlinge
- 6.2 Sonderdruck zur Atmungsfähigkeit von Hauswänden
- 6.3 Beurteilung von EPS-Hartschaum unter besonderer Berücksichtigung biologischer Aspekte
- 6.4 Gutachten zur Emission von Styrol aus "Polystyrol-Hartschaum"
- 6.5 Merkblatt über die Alterungsbeständigkeit von Styropor**
- 6.6 Gutachten über die Unbedenklichkeit von Gasen beim Verbrennen von Styropor
- 6.7 Wärmedämmstoffe: Gesundheitliche und ökologische Bewertung
- 6.8 EPS-Dämmstoffe: Eine Lebenswegbilanz

15 Jahre auf dem Dach

Diese Stichprobe wurde einem Industrieflechdach
(Warmdach) entnommen.

eingebaut: März 1955
ausgebaut: 31.12.1969

Aus dem Gutachten:
... keinerlei Alterungserscheinungen ..."

Ein Beweis unter vielen:

Hartschaum aus Styropor
ist alterungsbeständig!

® Styropor **BASF**



ach-
ndert
ht ge-
erunga-
n, Ver-
aben
aufge-

gen Dachbe-
ht mehr dem
as günstige
praktisch
sollte nicht
dämmte Dach-
e und Ausgleichs-

WISSENSCHAFTLICHES INGENIEURBÜRO
FRANZ BRAUNSTEIN
Beratender Ingenieur für Bauphysik
Architekturen, Bauherren-Abdichtungen
Beratung von Bauherren-Verständigen-Gutachten



Informationszentrum Styropor 6708 Ludwigshafen Carl-Bosch-Straße 38



Informationszentrum ®Styropor

6700 Ludwigshafen Carl-Bosch-Straße 38 Telefon: 06 21 / 51 95 39

© Registriertes Warenzeichen der BASF

Untersuchung des Instituts für technische Physik, Stuttgart

(Amtlich anerkannte Prüfstelle für die Zulassung neuer Baustoffe, Bauteile und Bauarten)

Zur Ergänzung der Erfahrungen, die innerhalb des BASF-Bereiches gewonnen wurden und sich vorwiegend auf Dächer beziehen, wurden durch Umfragen Objekte ermittelt, bei denen Styropor-Hartschaumplatten in Wänden eingebaut worden waren. Das Institut für technische Physik, Stuttgart, wurde beauftragt, Proben zu entnehmen und festzustellen, ob das Material Erscheinungen einer Alterung zeigt. Bei dieser Gelegenheit wurde auch der Feuchtigkeitsgehalt der Proben bestimmt, um Erfahrungswerte für den praktischen Feuchtigkeitsgehalt von eingebauten Styropor-Hartschaumplatten zu gewinnen. Das Durchschnittsalter bei diesen Anwendungsfällen betrug neun Jahre. In keinem Fall war der Schaumstoff „verschwunden“; das Ergebnis wird am besten gekennzeichnet durch den Satz: „An den entnommenen Styropor-Hartschaum-Proben waren in keinem Falle Anzeichen einer Strukturänderung zu erkennen.“

FRAUNHOFER-GESSELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.
**INSTITUT FÜR TECHNISCHE PHYSIK
STUTTGART**
Amtlich anerkannte Prüfstelle für die Zulassung neuer Baustoffe, Bauteile und Bauarten
Institutleiter: Prof. Dr.-Ing. habil. K. Gösele P. No 5/69

Thema: Zust. von eingebauten Styropor-Hartschaumplatten
in Baukonstruktionen

durchgeführt im Auftrage der
Badischen Anilin- und Soda-Fabrik AG
Ludwigshafen am Rhein
in der
Autonomen Holzkirchen des
Instituts für Technische Physik Stuttgart
der Fraunhofer-Gesellschaft

6 Blätter
1 Tabelle
6 Bilder

Das autorisierte Veröffentlichung dieses
Berichts ist ausschließlich der
Verwendung zur eigenen technischen
Physik, Bauteile, gestattet.

Stuttgart/Holzkirchen, den 30. September 1969

Abteilungsleiter: *W. Künnel* Institutsleiter: *K. Gösele*
Dr.-Ing. H. Künnel Prof. Dr.-Ing. habil. K. Gösele

Die Zusammenfassung dieses Gutachtens lautet:

„An 24 Baukonstruktionen von Wohn- und gewerblichen Bauten in der Praxis, in denen Styropor-Hartschaumplatten als Wärmedämmschichten eingebaut waren, wurden Untersuchungen über Zustand, Rohdichte und Feuchtigkeitsgehalt des Styropor-Hartschaumes durchgeführt. Das Alter der überprüften

Konstruktionen lag zwischen 2 und 13 Jahren, im Mittel bei 9 Jahren.

In allen Fällen war der Hartschaum aus Styropor bei der Entnahme in einwandfreiem Zustand und ließ keine visuell feststellbaren Veränderungen erkennen. Die Rohdichte des Materials bei den verschiedenen Objekten betrug im Mittel 20,5 kg/m³.

In feuchtigkeits technischer Hinsicht war ein Teil der überprüften Konstruktionen mangelhaft ausgeführt (fehlende Feuchtigkeitsisolierung gegen feuchtes Mauerwerk, fehlende bzw. nicht ausreichende Dampfsperren). In allen Fällen, in denen keine baulichen Mängel gegeben waren, lag der Feuchtigkeitsgehalt des Styropor-Hartschaumes unter dem als „praktischer Feuchtigkeitsgehalt“ des Materials anzunehmenden Wert von 0,1 Vol.-%. In der Mehrzahl aller Fälle (70%) wurde ein Feuchtigkeitsgehalt zwischen 0 und 0,04 Vol.-% festgestellt. Bei den unsachgemäß ausgeführten Konstruktionen wurden Feuchtigkeitsgehalte zwischen 0,2 und 3 Vol.-% gemessen.“ Der Untersuchungsbericht steht auf Anfrage zur Verfügung.

Keine Materialermüdung durch dynamische Beanspruchung

Ein mechanisch beanspruchter Teil kann auch unter dem Einfluß von ständigem Lastwechsel versagen, man spricht dann von Materialermüdung. Durch Dauerschwingversuche kann ermittelt werden, welche Lebensdauer bei bestimmter Beanspruchung zu erwarten ist und ob ausreichende Sicherheit vorhanden ist. Dauerschwingversuche an Styropor-Schaumstoffplatten und praktische Erfahrungen zeigen, daß bei den Anwendungen im Bau (z. B. als Trittschalldämmplatten) keine Materialermüdung eintritt.

Alterungsbeständigkeit schwerentflammbarer Hartschaumplatten aus Styropor

Die Dauerwirksamkeit der Brandschutzausrüstung von Schaumstoffen aus Styropor F 210 wurde durch brandschutztechnische Prüfungen bei der amtlich anerkannten Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM), Berlin, nachgewiesen. Aus dem Prüfungszeugnis geht hervor, daß bei Proben, die 7½ Jahre (ca. 4 Jahre im Normalklima 20/65 DIN 50014, anschließend ca. 3½ Jahre unter Dach, jedoch der Witterung im Freien ausgesetzt) gelagert waren, keine Beeinträchtigung der Schwerentflammbarkeit des Schaumstoffes eingetreten war. Nach der Zusammenfassung der Versuchsergebnisse in Tabelle 5 des Prüfungszeugnisses hat der Schaumstoff den Anforderungen, die an schwerentflammbare Baustoffe gestellt werden, entsprochen. Auf Wunsch kann das Prüfungszeugnis BAM Nr. 2.41/14271 vom 9. 5. 1969 angefordert werden. Schwerentflammbare Styropor-Hartschaumplatten, aus den neuen F-Marken der BASF hergestellt, zeigen bei amtlichen Prüfungen das gleiche Brandverhalten wie Platten aus Styropor F 210. Da diese Marken mit dem gleichen Brandschutzmittel ausgerüstet sind, ist auch hier die Alterungsbeständigkeit der Eigenschaft „schwerentflammbar“ gegeben.

Diese technischen Informationen entsprechen dem derzeitigen Stand der Erfahrungen. Sie beziehen sich nur auf Schaumstoff-Erzeugnisse aus *STYROPOR, dem aufschäumbaren Polystyrol der BASF. Schutzrechte sind zu beachten. Alle Rechte vorbehalten.

Informationszentrum *Styropor

6700 Ludwigshafen Carl-Bosch-Straße 38 Telefon: 0621 / 51 95 39

KG - 3047 - 675 - 37/5



TI 1-140 d
49439 Juli 1992

Bitte heften Sie diese Druckschrift in den Ordner „Styropor“ ein.
Ersetzt TI-1102 d vom Juni 1984

® = Registriertes Warenzeichen

Eigenschaften

Alterungsbeständigkeit; Langzeitverhalten

Schaumstoffe aus Styropor sind verrottungsfest und bei werkstoffgerechtem Einbau alterungsbeständig. Bei allen im Bauwesen möglichen Anwendungen konnte dies durch langjährige Beobachtungen und Untersuchungen auch von neutralen Gutachtern und wissenschaftlichen Instituten nachgewiesen werden.

Zunächst seien einige Begriffe erläutert:

Alterung

Von Alterung eines Materials spricht man, wenn es trotz werkstoffgerechtem Einsatz – also unter Beachtung seiner Anwendungsgrenzen – durch die gegebenen natürlichen Einflüsse der Umwelt seine Eigenschaften verändert. Dabei interessieren hier natürlich nur bauübliche Anwendungen und Zeiträume. Im allgemeinen äußert sich eine Alterung darin, daß der Stoff brüchig wird und schließlich sogar zerfällt.

Ursache für diese Veränderungen sind Umwelteinflüsse, wie die Einwirkung von Luft (-sauerstoff), Wasser, Wärme und Licht, vor allem der energiereichen ultravioletten Strahlung des Sonnenlichts. Auch können manche Kunststoffe durch UV-Strahlung verspröden, wenn sie nicht stabilisiert oder gegen diesen Einfluß geschützt werden. Bei Dämmstoffen ergibt sich dieser Schutz meistens schon durch den Einbau und die Abdeckung mit anderen Stoffen.

Stoffalterung und die Folgeerscheinungen sind grundsätzlich zu unterscheiden von einer vorzeitigen Beschädigung oder gar Zerstörung eines Materials durch unsachgemäße, d. h. nicht werkstoffgerechte Anwendung (z. B. der Verarbeitung zusammen mit Stoffen, die das Material angreifen); vgl. Abschnitt: Anwendungsgrenzen!

Verrottung

Durch Einwirkung von Feuchtigkeit und Luftsauerstoff können natürliche organische Stoffe, wie Gummi, Holz, Leder, Textilien, im Laufe der Zeit verrotten. Synthetische organische Stoffe (Kunststoffe) reagieren dagegen nicht so.

Schaumstoffe aus Styropor sind verrottungsfest.

Materialermüdung

Mechanisch beanspruchte Stoffe können auch unter dem Einfluß von ständigen Lastwechseln versagen. Man spricht dann von Materialermüdung. Durch Dauerversuche mit schnellen Lastwechseln kann ermittelt werden, welche Lebensdauer bei bestimmten Beanspruchungen zu erwarten ist bzw. ob eine ausreichende Sicherheit für den vorgesehenen Einsatz besteht.

Dauerschwingversuche an Schaumstoffplatten aus Styropor und praktische Erfahrungen zeigen, daß bei bauüblichen Anwendungen (z. B. auch bei Trittschalldämmplatten) keine Materialermüdung eintritt.

Der Normenentwurf für die europäische Norm „Wärmedämmstoffe für das Bauwesen“ beschreibt ein Verfahren zur Ermittlung von Langzeitwerten hinsichtlich des Kriechverhaltens bei Druckbeanspruchung von Wärmedämmstoffen. Dieses Verfahren kann angewendet werden, um die zulässige Belastung in praktischen Anwendungen abzuschätzen und/oder das Langzeit-Druckverhalten bestimmter Produkte zu überprüfen.

Das Berechnungsverfahren beruht auf einer mathematischen Funktion, der sog. „Kindley Gleichung“. Unter definierten Voraussetzungen kann damit die Langzeitverformung für jede beliebige Zeit berechnet werden, wobei jedoch die Extrapolation nur bis zum 30fachen der Prüfzeit erlaubt ist (siehe Diagramme 1–3).

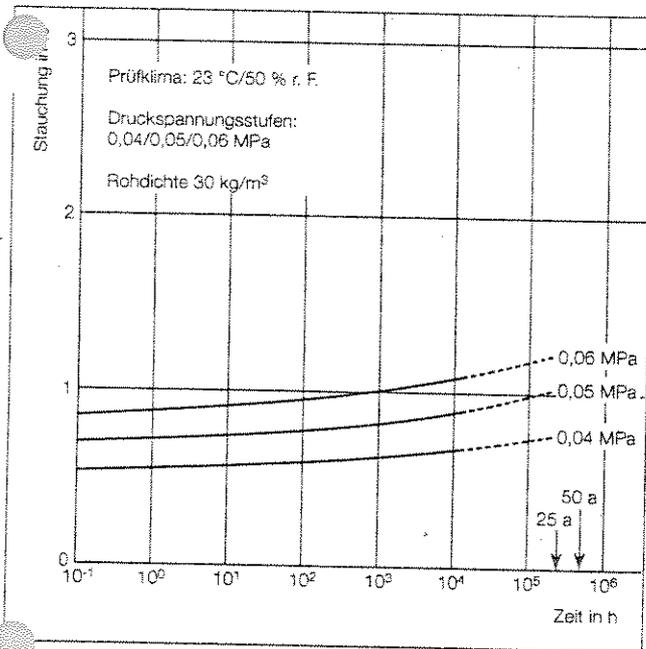
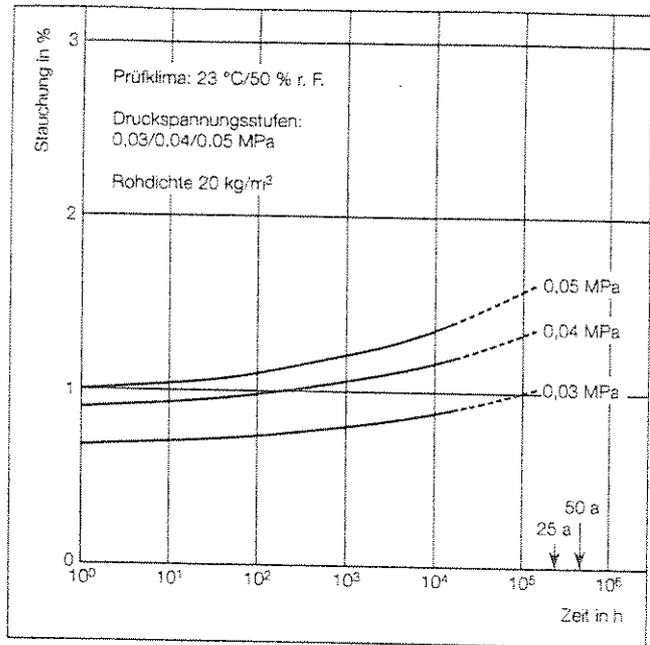
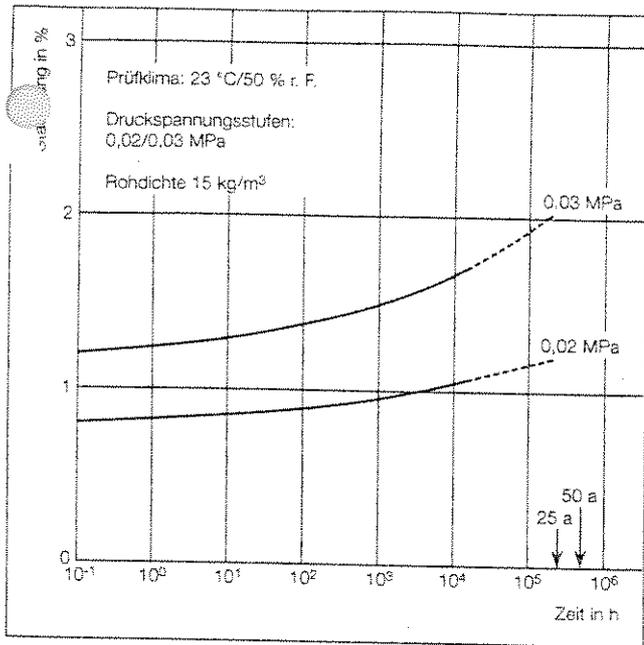


Diagramm 1-3
Zeitstanddruck-
verhalten von
EPS-Hart-
schaumstoff.

Anwendungsgrenzen

Die Anwendungsgrenzen eines jeden Stoffes sind durch seine chemischen und physikalischen Eigenschaften bestimmt. Maßgebend sind seine Beständigkeit bei mechanischer Belastung, thermischer Beanspruchung und seine Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse. Diese Eigenschaften von Schaumstoffen aus Styropor werden in der TI 1-101 ausführlich beschrieben.

Zement-, Kalk-, Gips- und Anhydritsowie mit Kunststoffdispersionen vergütete Mörtel beeinträchtigen Schaumstoffe aus Styropor nicht. Ihre Verarbeitung mit allen beim Bau üblichen Mörtel-, Putz- und Estricharten (mit Ausnahme von Heißfußasphalt) ist deshalb möglich.

Vor dauernder Sonneneinstrahlung müssen Schaumstoffe aus Styropor jedoch geschützt werden. Hohl-

räume (z. B. hinter Verkleidungen oder in zweischaligen Kaltdächern), in denen Schaumstoffe aus Styropor frei verlegt werden, sind gegen das Eindringen von Mäusen und anderen Nagetieren abzusichern.

Schaumstoffe aus Styropor darf man keinen Dauertemperaturen über 95 °C aussetzen und nicht mit bestimmten Lösemittelhaltigen Produkten in Verbindung bringen. So werden diese Schaumstoffe z. B.: von Kaltbitumen auf Lösemittelbasis, von manchen Lacken und Verdünnern und deren Dämpfen sowie von ölhaltigen Holzschutzmitteln und teerhaltigen Produkten angegriffen (nicht von Bitumen). Heißbitumen wird in vielen Anwendungsfällen (Dach, Kühlhaus) als besonders geeigneter Kleber eingesetzt. Dabei entsteht eine kurzfristige Belastung von über 100 °C, die auf die Maßstabilität des Dämmstoffs praktisch ohne Einfluß ist.

Nachweise der Alterungs- beständigkeit

Eigene Praxisversuche

Ergebnisse von Laboruntersuchungen allein lassen keinen endgültigen Schluß auf das Langzeitverhalten von Stoffen in der Praxis zu, bei der viele – oft nicht im Labor nachstellbare – Einflüsse gleichzeitig einwirken. Deshalb führt die BASF seit vielen Jahren technische Bewährungsversuche im Praxismaßstab und unter Praxisbedingungen durch.

Auch über die Anwendung von Schaumstoffen aus Styropor im Bauwesen laufen eine ganze Reihe derartiger Untersuchungen. Im Rahmen der Bautätigkeit innerhalb der BASF bot sich dafür zunächst die Wärmedämmung von Flachdächern an. Trotz der harten Beanspruchung hat sich bei keinem dieser Dächer ein Grund zur Beanstandung des Schaumstoffs ergeben; ein „Verschwinden“ oder Altern ist in keinem Fall eingetreten.

Gutachten über 31 Jahre alte Flachdachdämmung

Eine der ältesten Bauanwendungen mit Schaumstoff aus Styropor ist die Wärmedämmung eines Flachdaches auf einem Betriebsgebäude der BASF Aktiengesellschaft. Die Platten wurden im Jahr 1955 verlegt und am 20.06.86 auf Antrag des Industrieverbandes Hartschaum e.V., Heidelberg im Beisein eines vereidigten Sachverständigen zur Überprüfung entnommen.

Die visuelle Überprüfung ergab: Die Fugen zwischen den einzelnen Dämmplatten waren dicht geschlossen. Irreversible Maßänderungen durch Schrumpfen oder Schwinden waren ebensowenig feststellbar wie

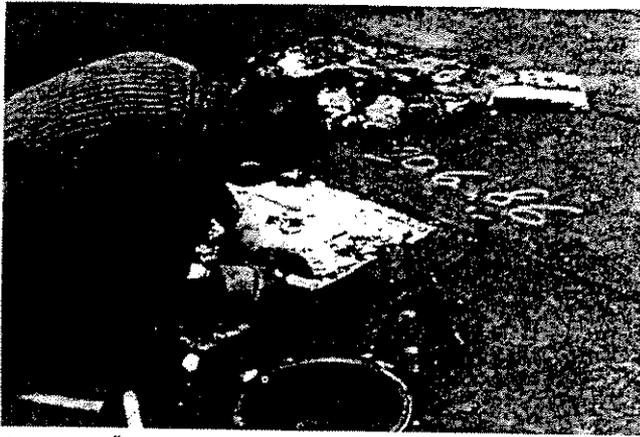


Abb. 1 Öffnen des Flachdaches und Überprüfen der vor fast 31 Jahren verlegten Schaumstoffplatten aus Styropor. Die Dämmplatten liegen fugendicht.

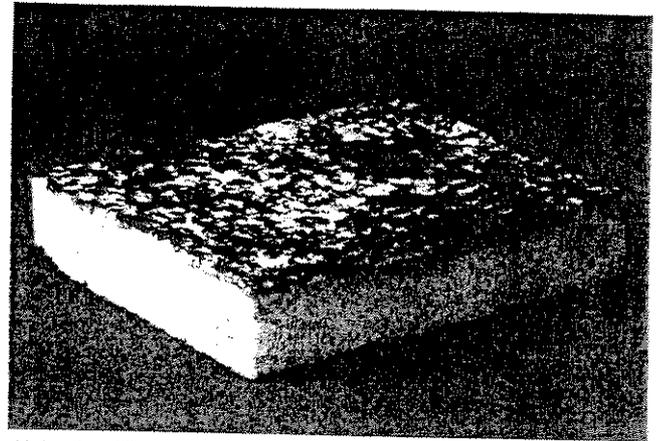


Abb. 2 Flachdachprobe wie Abb. 1. Die ausgebaute Schaumstoffprobe aus Styropor zeigt keine Veränderungen.

durch thermische Beanspruchung auftretende Deformierungen oder Stauchungen. Der Zustand der Schaumstoffplatten aus Styropor konnte nach der visuellen Überprüfung ohne Einschränkung als sehr gut bezeichnet werden.

Mehrere Dämmplattenstücke wurden bei dieser Gelegenheit vom Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München auf

1. Wärmeleitfähigkeit
2. Feuchtegehalt

geprüft.

Ergebnis:

1. Die Wärmeleitfähigkeit (gemessen nach DIN 52 612) bei einer Rohdichte von $17,4 \text{ kg/m}^3$ betrug

$0,0345 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ und erfüllt damit die Forderung der DIN 4108 „Wärmeschutz im Hochbau“ mit dem verwendeten Rechenwert von $0,040 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ (Prüfbericht F. 2-351/86 vom 16.10.86).

2. Als volumenbezogener Feuchtegehalt wurden $0,02\%$ bei Rohdichte 20 kg/m^3 ermittelt.

Auch die sonstigen Prüfergebnisse beweisen, daß sich Schaumstoffplatten aus Styropor über einen Zeitraum von 31 Jahren ohne jegliche Funktionseinschränkung bewährt haben und nach wie vor die Anforderungen der DIN 18 164, T. 1 („Schaumkunststoffe als Dämmstoffe für das Bauwesen“) erfüllen.

Untersuchungen amtlich anerkannter Prüfinstitute

Die innerhalb des BASF-Baubeereichs gewonnenen Praxiserfahrungen wurden ergänzt durch die Ermittlung und Überprüfung zahlreicher Bauobjekte, in denen Hartschaumstoffplatten aus Styropor bereits vor längerer Zeit eingebaut worden waren. Die mit der Untersuchung beauftragten Prüfinstitute und Sachverständigenbüros konnten in allen Fällen bescheinigen, daß die Schaumstoffplatten aus Styropor auch nach über 2 Jahrzehnten Einbauzeit in ihrem visuellen Zustand und in ihrem Eigenschaftsspektrum den Anforderungen der DIN 18 164 T. 1 entsprechen (Abb. 5). Bei allen



Abb. 3 Probeentnahme der Dämmschicht aus Styropor bei einem Außendämm-Verbundsystem mit gewebearmiertem Kunstharzputz.

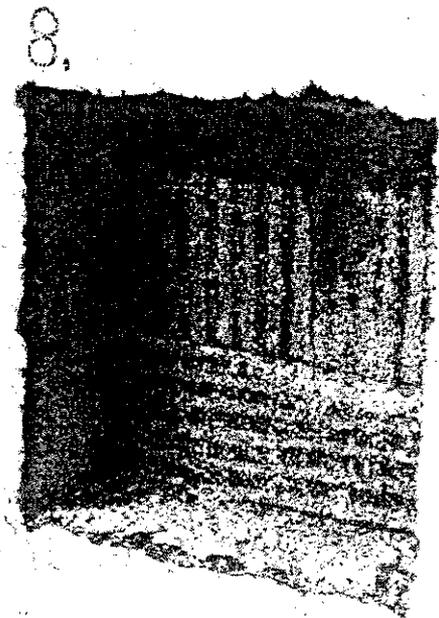


Abb. 4 Schaumstoffplatten aus Styropor in der Außenwand eines Obstlagerraumes.

Alter bei Öffnung	10 Jahre
Rohdichte	$14,9 \text{ kg/m}^3$
Feuchtegehalt	$0,021 \text{ Vol.-%}$
Wandaufbau von innen nach außen:	
Zementmörtelputz	1:3
Schaumstoff aus Styropor P	100 mm
Schwerbeton	400 mm

geprüften Konstruktionen von Wohn- und gewerblichen Bauten lag der Feuchtegehalt der Schaumstoffdämmung unter dem als „praktischer Feuchtegehalt“ anzunehmenden Wert von 0,1% (vol.-bez.).

Von besonderem Interesse ist eine umfangreiche Untersuchung der Außenstelle Holzkirchen des Instituts für Bauphysik der Fraunhofer Gesellschaft e. V. zur Überprüfung von Außendämmverbund-Systemen mit Dämmplatten aus Styropor.

Zur Objektauswahl standen Referenzlisten der Hersteller zur Verfügung. Aus diesen Listen wurden von dem Prüfinstitut 93 Gebäude für die Bewertung des Langzeitverhaltens ausgesucht.

Auswahlkriterien waren Unterschiede in der Beanspruchung der Dämmsysteme, bedingt durch geographische Lage, Höhenlage, Gebäudeart und Unterschiede im Alter. Die zum damaligen Zeitpunkt der Überprüfung (1974–76) teilweise bis zu 16 Jahre alten Außendämmverbund-Systeme (häufigstes Alter 3–4 Jahre) waren fast alle schadensfrei. Von den 93 untersuchten Gebäuden zeigten sich nur in drei Fällen gewisse Schäden, die aber nicht systembedingt, sondern auf Verarbeitungsfehler zurückzuführen waren. In allen Fällen waren die Schaumstoffplatten aus Styropor dimensionsstabil und noch voll funktionsfähig. An Stichproben, die in einigen Fällen entnommen werden konnten, wurden durchweg niedrige Feuchtegehalte unter 0,05% (vol.-bez.) festgestellt.

Vom gleichen Institut und an den gleichen Bauobjekten wurde 1983 eine weitere Untersuchung durchgeführt, mit dem Ziel, ergänzend zu den vorliegenden Ergebnissen, weitere Aussagen über das Alterungsverhalten des Außen-

dämmverbund-Systems mit Schaumstoff aus Styropor machen zu können.

Hierzu wurde der Einfluß von weiteren 8 Jahren Bewitterung auf den Dämmstoff und die Putzschicht aus gewebearmiertem Kunstharzputz ermittelt.

In dem zusammenfassenden Bericht des Prüfinstituts wird u. a. festgestellt: „... lediglich bei 20% der überprüften Gebäude wurden bisher Renovierungsarbeiten durchgeführt und zwar fast ausnahmslos Renovierungsanstriche aus ästhetischen Gründen. Unter weiterer Berücksichtigung des Alters bis zur Renovierung (Anstrich) von im Mittel 11 Jahren ist davon auszugehen, daß die Zeitdauer bis zur Überarbeitung vergleichbar ist mit demjenigen bei einem mineralischen Putz und Anstrich – im Einklang mit dem von Künzel* angegebenen Wert von 10 bis 25 Jahren.“

„...Feuchtemessungen an Polystyrol-Dämmplatten ergaben den für die Wärmedämmung unkritischen Wert von maximal 0,06% (vol.-bez.). Somit ist abschließend festzustellen, daß sich die bei der vorangegangenen Untersuchung abgegebene Beurteilung von Wärmedämmverbund-Systemen mit Hartschaumplatten aus Styropor und Kunstharzputzen als eine praktikable und bewährte Möglichkeit für eine erhöhte Wärmedämmung von Außenwänden auch nach weiteren acht Jahren Alterung bestätigt.“

* Prof. Künzel
Institut für Bauphysik der Fraunhofer Ges. e. V.

Praxiserfahrungen mit Schaumstoffen aus Styropor im Erd- und Grundbau

...belegen wohl am überzeugendsten die besonderen Eigenschaften dieses geschlossenzelligen Hartschaumstoffs, wie Stabilität und Dauerhaftigkeit, Unempfindlichkeit gegen Feuchteeinfluß und Bodenorganismen sowie biologisch neutrales Verhalten (nicht grundwassergefährdend).

Bereits seit Mitte der sechziger Jahre bewährt sich Schaumstoff aus Styropor als Dämmstoff zum Schutz gegen Frostschäden bei Fundamenten und Rohrleitungen sowie im Unterbau von Straßen- und Eisenbahnstrecken (Abb. 6). Derartige Bauweisen sind vor allem in nordischen Ländern mit strengen Wintern und tiefen Bodenfrösten gebräuchlich. Die hieraus vorliegenden positiven Praxiserfahrungen ergaben die Basis für eine neue Baumethode, die seit 1972 in Norwegen entwickelt wurde und mittlerweile auch in anderen Ländern erfolgreich praktiziert wird:

Die Verwendung von Schaumstoffblöcken aus Styropor als lastverteilender Unterbau bei Straßen- und Brückenauffahrten in Gebieten mit schlecht tragfähigen Bodenverhältnissen (Abb. 7). Die dauerhaften Festigkeitseigenschaften der bis zu 8 m Höhe gestapelten Schaumstoffblöcke ermöglichen eine gute Druckverteilung auf dem morastigen Untergrund. Ein derart „leichtgewichtiger“ Straßendamm verhindert das Absinken der Straßenkonstruktion und daraus resultierende Höhenunterschiede, besonders im kritischen Anschlußbereich an tief gegründete Baukörper, wie z. B. an Brücken (s. TI 1-800).

Voraussetzung für die Akzeptanz und die Aufnahme dieser Bauweise in die Straßenbautechnik vieler Länder waren die langjährigen positiven Erfahrungen mit Schaumstoffen aus Styropor, wodurch eine abgesicherte Aussage über die Alterungsbeständigkeit und das Langzeitverhalten möglich wurde.

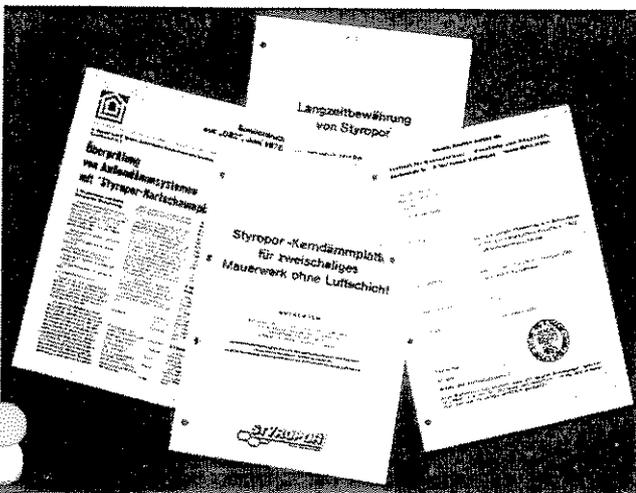


Abb. 5 Prüfberichte über das Langzeitverhalten von Hartschaumstoffen aus Styropor in verschiedenen Bauanwendungsbereichen.



Abb. 6 Hartschaumstoffplatten aus Styropor als Frostschutzschicht im Straßenbau: Probeentnahme nach 11 Jahren Einbauzeit. Der Zustand der Hartschaumstoffplatten ist unverändert.

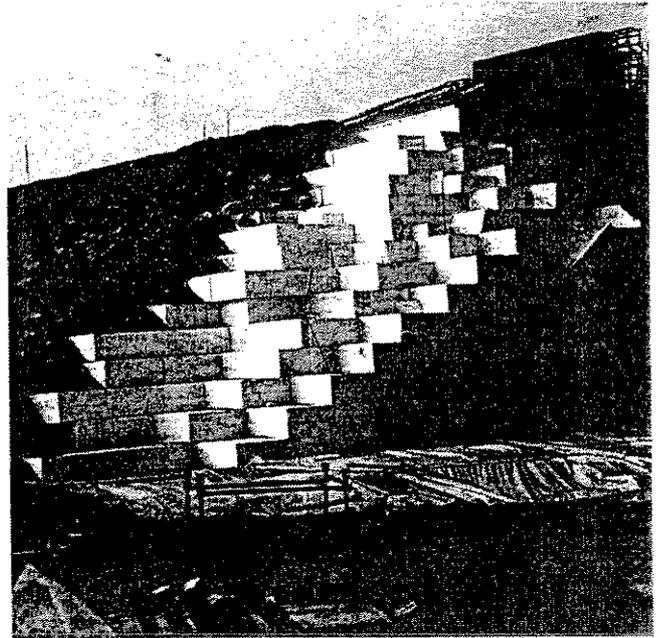


Abb. 7 Hartschaumstoffblöcke aus Styropor zum Bau von Straßendämmen und Brückenauffahrten in Gebieten mit schlechten Untergrundverhältnissen (Europastraße E6, Ljungskile, Schweden).

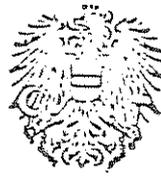
Alterungsbeständigkeit schwerentflammbarer Schaumstoffplatten aus Styropor

Die Dauerwirksamkeit der Brandschutzausrüstung von Schaumstoffen aus Styropor F wurde durch brandschutztechnische Prüfungen bei der amtlich anerkannten Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM), Berlin, nachgewiesen. Aus dem Prüfungszeugnis geht hervor, daß bei Proben, die 7 1/2 Jahre (ca. 4 Jahre im Normalklima DIN 50 014 – 20/65, anschließend ca. 3 1/2 Jahre unter Dach, jedoch der Witterung im Freien ausgesetzt) gelagert waren, keine Beeinträchtigung der Schwerentflammbarkeit des Schaumstoffs eingetreten war. Nach der Zusammenfassung der Versuchsergebnisse in Tabelle 5 des Prüfungszeugnisses hat der Schaumstoff den Anforderungen, die an schwerentflammbare Baustoffe gestellt werden, entsprochen. (Auf Wunsch kann das Prüfungszeugnis BAM Nr. 2.41/14271 zugesandt werden.)

Zur Beachtung

Die Angaben in dieser Druckschrift basieren auf unseren derzeitigen Kenntnissen und Erfahrungen. Sie befreien den Verarbeiter wegen der Fülle möglicher Einflüsse bei Verarbeitung und Anwendung unserer Produkte nicht von eigenen Prüfungen und Versuchen. Eine rechtlich verbindliche Zusicherung bestimmter Eigenschaften oder der Eignung für einen konkreten Einsatzzweck kann aus unseren Angaben nicht abgeleitet werden. Etwaige Schutzrechte sowie bestehende Gesetze und Bestimmungen sind vom Empfänger unserer Produkte in eigener Verantwortung zu beachten.

- 6.1 Beständigkeit von Schaumstoffen aus Styropor gegen tierische und pflanzliche Schädlinge
- 6.2 Sonderdruck zur Atmungsfähigkeit von Hauswänden
- 6.3 Beurteilung von EPS-Hartschaum unter besonderer Berücksichtigung biologischer Aspekte
- 6.4 Gutachten zur Emission von Styrol aus "Polystyrol-Hartschaum"
- 6.5 Merkblatt über die Alterungsbeständigkeit von Styropor
- 6.6 Gutachten über die Unbedenklichkeit von Gasen beim Verbrennen von Styropor**
- 6.7 Wärmedämmstoffe: Gesundheitliche und ökologische Bewertung
- 6.8 EPS-Dämmstoffe: Eine Lebenswegbilanz



STAATLICHE VERSUCHSANSTALT FÜR CHEMIE UND KUNSTSTOFFE

VERSUCHSANSTALT FÜR PAPIERPRÜFUNG (GEGR. 1866)

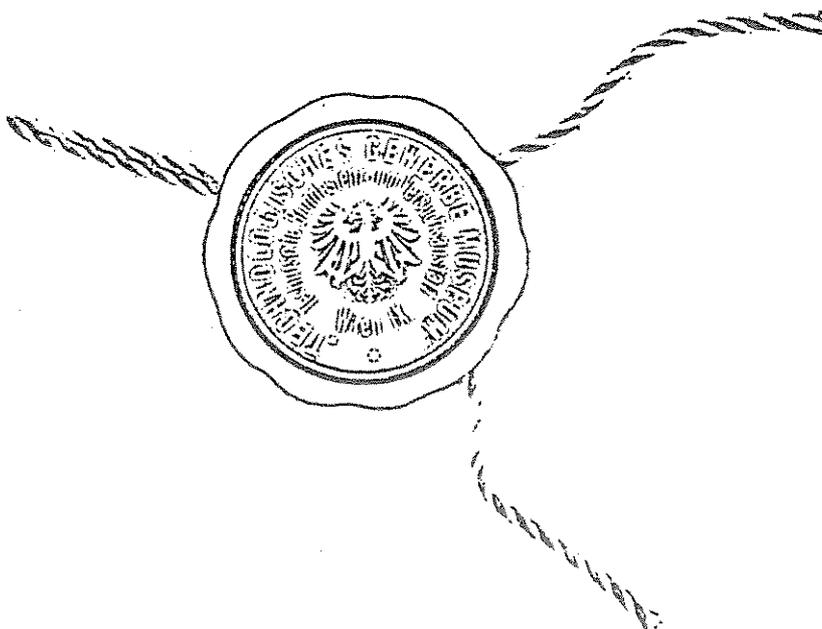
CHEMISCH-TECHNISCHE VERSUCHSANSTALT
FÜR MATERIALPRÜFUNG UND MATERIALSCHUTZ (GEGR. 1920)

VERSUCHSANSTALT FÜR KUNSTSTOFFTECHNIK (GEGR. 1957)

AM

TECHNOLOGISCHEN GEWERBEMUSEUM

HÖHERE TECHNISCHE BUNDESLEHR- UND VERSUCHSANSTALT
UND BERUFSPÄDAGOGISCHE BUNDESLEHRANSTALT



WÄHRINGER STRASSE 59, WIEN 9, ÖSTERREICH
TELEFON: 42 36 55 (TGM W), 42 56 95 (TGM S) 42 33 54 (LEITER)
TELEX: 07 48 20

27. 4. 1967

V E R S U C H E

Methode:

Zur Prüfung der Toxizität ihrer Verschmelzungsprodukte werden die Materialien in einem 30 cm langen Glasschiffchen gleichmäßig verteilt und dieses in ein "Verschmelzungsrohr" aus Glas (\varnothing 25 mm, Länge 120 cm) eingeführt. Das Verschmelzungsrohr wird von einem regulierbaren zylindrischen Heizofen umfaßt, der mit einer Geschwindigkeit von 1 cm/min über das Verschmelzungsrohr (mit Glasschiffchen und zu prüfendem Produkt) geführt wird.

Durch das Verschmelzungsrohr werden langsam 100 Liter Luft pro Stunde gegen die Laufrichtung des Heizofens gedrückt. Dieser Luftstrom mit den flüchtigen Verschmelzungsprodukten wird jenseits des Ofens mit 100 Ltr. Frischluft pro Stunde gemischt und über einen Verteiler durch 6 kleine Inhalationskammern geleitet, in denen sich je eine Ratte befindet.

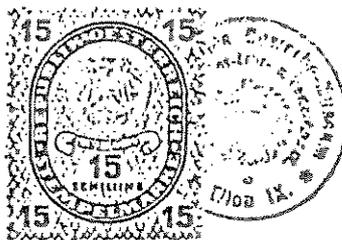
Die Verschmelzung erfolgte bei 300, 400, 500 und 600°C, die Expositionszeit betrug im allgemeinen 30 Minuten. Die Versuche wurden meist ein- oder zweimal wiederholt, sodaß die Ergebnisse auf 12 bzw. 18 Tieren beruhen.

Kurz vor der Inhalationsstelle, also nach Zumischen der Frischluft, wurden in den Schwelldämpfen mit dem Dräger'schen Gasspürgerät approximativ der Kohlenoxydgehalt (Kohlenoxydröhrchen 0,1%/a; 5/b; 10/a) und gegebenenfalls weitere Schwelprodukte bestimmt. Diese Messungen erfolgten jedoch nicht kontinuierlich, sondern lediglich 2-3mal innerhalb von 30 Minuten, sodaß die Ergebnisse mehr oder weniger zufällig sind. Zur Ermittlung der effektiven Belastung durch Kohlenoxyd wurde daher unmittelbar nach Beendigung der Exposition das Blut der Ratten auf seinen Kohlenoxyd-Hämoglobingehalt (CO-Hb₂) untersucht (Methode nach FRETWURST und MEINECKE). CO-Hb-Konzentrationen unter 15% können im Rattenblut mit dieser Methode allerdings nicht erfaßt werden, sind aber auch toxikologisch bedeutungslos.

Die Versuche wurden zunächst durch Verschmelzung gewichtsgleicher Teile (je 5 g), später auch volumengleicher Teile (300 x 15 x 10 mm) der Produkt durchgeführt.

I. Versuche mit gewichtsgleichen Teilen:

Die Untersuchungsergebnisse sind in Anlage 2 dargestellt, in der die einzelnen Produkte nach steigender Gefährlichkeit geordnet sind.



Styropor P brannte erst bei 600°C und entwickelte dabei Dämpfe, die für Ratten ausschließlich durch ihren Gehalt an Kohlenoxyd tödlich waren. Unterhalb von 600°C wurde die Inhalation der Styropor P-Schwelddämpfe von allen Tieren ohne Schädigungen überlebt.

Styropor F 200 entflammte in einem Teil der Versuche bereits bei 500°C , doch erlosch die Flamme dann vorübergehend wieder. Entflammte Styropor F 200 nicht, so überlebte die überwiegende Mehrzahl der Ratten den Versuch. Entzündete sich das Produkt, so starben die Tiere an einer Kohlenoxydvergiftung. Die bei Temperaturen von 400 und 300°C aus Styropor F 200 entstehenden Verschmelzungsprodukte wurden von den Ratten ohne Schädigungen überlebt.

Styropor F 210 glimmte bzw. brannte ab 500°C . Die entwickelten CO-Konzentrationen waren für Ratten meist tödlich. Bei 300 und 400°C überlebten alle Tiere.

Styropor KR 2180, KR 2180/1, KR 2180/2 und Styropor F 220 (früher Styropor KR 2180/3) entzündeten sich ebenfalls ab 500°C . Die dabei gebildeten CO-Konzentrationen waren für alle Ratten tödlich, während die bei 300 und 400°C entstehenden Verschmelzungsprodukte kaum CO enthielten und von allen Tieren überlebt wurden.

Expandierter Isolierkork glimmte oder brannte im Gegensatz zu Styropor bereits bei 400°C . Die gebildeten CO-Konzentrationen waren für einen Teil der Tiere tödlich. Ab 500°C starben alle Ratten an einer CO-Vergiftung.

Gummi brannte ebenfalls bereits ab 400°C . Die entstehenden Verschmelzungsprodukte waren für Ratten durch ihren Kohlenoxydgehalt tödlich.

Schafwolle entflammte erst ab 500°C , entwickelte aber selbst bei 600°C relativ wenig Kohlenoxyd. Bereits bei 400°C starben jedoch alle Tiere. Die Verschmelzungsprodukte von Schafwolle wirkten also nicht durch ihren Kohlenoxydgehalt, sondern durch andere toxische Komponenten tödlich.

Kiefernholz brannte ab 400°C , seine Verschmelzungsprodukte waren durch ihren Kohlenoxydgehalt tödlich. Im Gegensatz zu den bisher genannten Produkten entwickelte Kiefernholz jedoch bereits unterhalb der Entzündungstemperatur (300°C) relativ viel Kohlenoxyd.

Filz entflammte selbst bei 600°C noch nicht. Bereits die bei 300°C entstehenden Schwelddämpfe führten aber zu Todesfällen. Die Ratten dieser Versuchsreihe waren sicher nicht durch Kohlenoxyd verendet, sondern durch andere toxische Schwelprodukte.

Leder entflammte schon bei 300°C. Seine bei dieser Temperatur entstehenden Verschwelungsprodukte führten aber trotz niedriger CO-Hb-Konzentrationen bereits zum Tod aller Versuchstiere. Auch aus Leder entstehen außer Kohlenoxyd noch andere toxische Schwelprodukte.

II. Versuche mit volumengleichen Teilen:

Die Untersuchungsergebnisse sind in Anlage 3 dargestellt, in der die Produkte ebenfalls nach zunehmender Gefährlichkeit angeordnet sind.

Styropor P, Styropor F 200, Styropor F 210, Styropor KR 2180, KR 2180/1, KR 2180/2 und Styropor F 220 (früher Styropor KR 2180/3) brannten erst bei 600°C, doch entwickelten die Produkte selbst bei dieser Temperatur keine gefährlichen oder gar tödlichen CO-Konzentrationen.

Expandierter Isolierkork, Kiefernholz, Fichtenholz und Sperrholz entflammten bereits bei 400°C, und die Schweldämpfe dieser Produkte führten infolge ihres Kohlenoxydgehaltes bei Ratten zu tödlichen Vergiftungen.

Am gefährlichsten waren die Schweldämpfe der herkömmlichen Baustoffe Spanholzplatte, Dämmplatte und Preß-Spanplatte. Diese Produkte entflammten schon bei 300°C und entwickelten dabei tödliche Kohlenoxyd-Konzentrationen.

Gutachten



1. Aus dem Prüfbericht ist ersichtlich, daß der Flammpunkt nach der angewandten Versuchsmethode von expandiertem Kork und von porösen Holzfaserverplatten bei tieferen Temperaturen liegt als der der geprüften Muster Hartschaumstoff aus STYROPOR.

Auf den volumsbezogen etwa zwanzigfach höheren Heizwert des expandierten Korkes gegenüber Hartschaumstoffen aus STYROPOR sei besonders hingewiesen.

Die Kohlenmonoxidkonzentration in den Schwelprodukten im Verschwelungsapparat ist bei den sechs Mustern Hartschaumstoff aus STYROPOR etwa gleich hoch, jedoch um ein bis zwei Zehnerpotenzen niedriger als bei den anderen geprüften Baustoffen Holzfaserverplatten, expandierter Kork und Fichtenholz.

2. Bei der Verschmelzung gewichtsgleicher Teile sind die bei 300 - 600°C entstehenden Schwelprodukte von Hartschaumstoffen aus STYROPOR P, STYROPOR F 200, STYROPOR F 210, STYROPOR KR 2180, KR 2180/1, KR 2180/2 und STYROPOR F 220 (früher STYROPOR KR 2180/3) eindeutig weniger toxisch als die von expandiertem Isolierkork, Gummi, Schafwolle, Kiefernholz, Filz und Leder. Die Hartschaumstoffe entflammen erst bei höheren Temperaturen, und der dabei entstehende Rauch wirkt höchstens durch seinen Gehalt an Kohlenoxid toxisch. Im Gegensatz zu anderen Produkten wie Wolle, Filz und Leder entwickeln sich aus den untersuchten Hartschaumstoffen außer Kohlenoxid keine akut toxischen Schwelprodukte.

Die geringere Toxizität der Schwelprodukte der genannten Hartschaumstoffe wird bei Versuchen mit volumengleichen Teilen noch deutlicher, da selbst bei 600°C nur subtoxische Kohlenoxidmengen freiwerden. Dagegen entwickeln expandierter Isolierkork, Kiefernholz, Fichtenholz, Dämmplatte und Preßspanplatte sogar schon bei 300°C tödliche Kohlenoxid-Konzentrationen.

In den vorliegenden Versuchen starben die Ratten an einer Kohlenoxidvergiftung. Das Hämoglobin der Ratten unterscheidet sich hinsichtlich der CO-Bindungs-fähigkeit nicht vom menschlichen Hämoglobin, sodaß die berichteten Versuchsergebnisse auch Rückschlüsse auf den Menschen zulassen.

Die Verhältnisse beim Menschen liegen sogar günstiger: Bei der Ratte erfolgt die CO-Sättigung des Hämoglobins viel schneller als beim Menschen, besonders bei kurzfristiger Inhalation geringerer Konzentrationen (vergl. Anlage 4). Bei gleichen Konzentrationen tritt also eine CO-Vergiftung beim Menschen viel langsamer ein als bei der Ratte.

Es muß daraus gefolgert werden, daß die Verwendung von Hartschaumstoffen aus STYROPOR im Bauwesen bei einem etwaigen Schwelbrand mit einem weitaus geringeren toxikologischen Risiko verbunden ist als die Verwendung von herkömmlichen Bau- oder Naturstoffen.

Zusammenfassung:

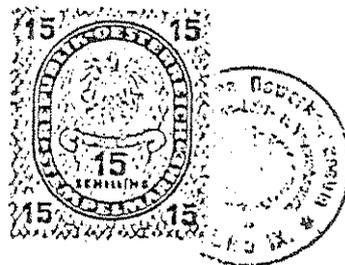
Auf Grund der angeführten und beschriebenen Untersuchungen und deren Ergebnissen ist festzustellen:

Die Muster Hartschaumstoff aus STYROPOR entzündeten sich im Brandfalle später und entwickeln weniger Wärme als die zum Vergleich herangezogenen herkömmlichen Werkstoffe.

Die Konzentration giftiger Gase und Dämpfe, von denen nur das Kohlenmonoxid von toxikologischer Bedeutung ist, ist bei den untersuchten Hartschaumstoffen aus STYROPOR um ein Vielfaches geringer als bei den herkömmlichen Werkstoffen.

Abschließend ergibt sich aus den vorliegenden Untersuchungen, daß sich die Hartschaumstoffe aus STYROPOR im Brandfalle im Sinne des Schutzes von Sachwerten und Gesundheit wesentlich vorteilhafter als die zum Vergleich herangezogenen herkömmlichen Werkstoffe erwiesen haben.

Wien, den 27. 4. 1967



TECHNOLOGISCHES GEWERBEMUSEUM

Höhere technische Bundes-Lehr- und Versuchsanstalt
Berufspädagogische Bundeslehranstalt
Berufspädagogisches Institut des Bundes

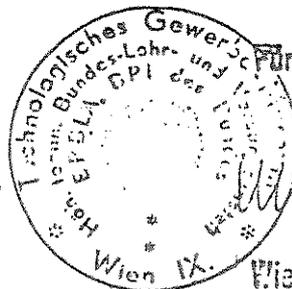
Der Direktor:

Der Leiter der Versuchsanstalt:

Dr. Brandstetter eh.

Schmitz eh.

Gutachter:
Schmitz eh.



Für die Richtigkeit der Abschrift

Wien, am 3. Mai 1967

Auszugsweise Wiedergabe von Gutachten oder Zeugnissen ist nur nach Vorlage des gewünschten Textes mit schriftlicher Zustimmung der Versuchsanstalt zulässig.

Die ermittelten Analysenwerte, beziehungsweise die aus denselben gefolgerten Schlüsse, beziehen sich ausnahmslos auf die übergebene und hierorts für die Dauer eines Jahres amtlich aufbewahrte Materialprobe.

- 6.1 Beständigkeit von Schaumstoffen aus Styropor gegen tierische und pflanzliche Schädlinge
- 6.2 Sonderdruck zur Atmungsfähigkeit von Hauswänden
- 6.3 Beurteilung von EPS-Hartschaum unter besonderer Berücksichtigung biologischer Aspekte
- 6.4 Gutachten zur Emission von Styrol aus "Polystyrol-Hartschaum"
- 6.5 Merkblatt über die Alterungsbeständigkeit von Styropor
- 6.6 Gutachten über die Unbedenklichkeit von Gasen beim Verbrennen von Styropor
- 6.7 Wärmedämmstoffe: Gesundheitliche und ökologische Bewertung**
- 6.8 EPS-Dämmstoffe: Eine Lebenswegbilanz



Wärmedämmstoffe gesundheitliche und ökologische Bewertung

Wärmetechnisch unterscheiden sich die verschiedenen Baustoffe in ihrer **Wärmeleitfähigkeit**. Diese wird mit λ bezeichnet und hat die Einheit W/mK (Watt pro Meter und pro Kelvin; 1 K ist die physikalische Bezeichnung für 1°C Temperaturdifferenz). Die Wärmeleitfähigkeit ist eine reine Materialeigenschaft und ist somit von Länge oder Dicke eines Baustoffs unabhängig. Sie sagt also nur aus, daß beispielsweise Beton ($\lambda = 2,1$ W/mK) Wärme besser leitet als ein Wärmedämmstoff ($\lambda = 0,04$ W/mK).

Wieviel Wärme durch ein Bauteil hindurchgeht, wird vom **Wärmedurchgangskoeffizienten** (k-Wert) gekennzeichnet, der die Einheit W/m²K besitzt. Der k-Wert wird aus Dicke, Wärmeleitfähigkeit und den beidseitigen Wärmeübergängen errechnet. Zur besseren Vorstellung seien nachfolgend die k-Werte von dreierlei Bauteilen genannt:

Holzfenster mit 2 Scheiben Isolierverglasung:	k=2,60 W/m ² K
Mauerwerk aus 24 cm Hochlochziegel, verputzt:	k=1,58 W/m ² K
24 cm Hochlochziegel mit 6 cm Wärmedämmstoff:	k=0,47 W/m ² K

Das bedeutet, daß bei oben genanntem Beispiel nach der Wärmedämmmaßnahme der Wärmeverlust der Außenwand nur noch 30 % des Ausgangswertes ohne Wärmedämmung beträgt.

Bezüglich des Brandschutzes gibt es bei sämtlichen Baustoffen folgendes zu beachten:

Baustoffe werden in 5 Baustoffklassen eingeteilt:

- Baustoffkl. A1 und A2: nicht brennbar
- Baustoffkl. B1: schwer entflammbar
- Baustoffkl. B2: normal entflammbar
- Baustoffkl. B3: leicht entflammbar

Damit ein Baustoff in die Baustoffklassen A, B1 oder B2 aufgenommen werden kann, muß er entsprechende Prüfzeugnisse besitzen, die dies bestätigen. Hat er kein solches Prüfzeugnis, so ist er automatisch entflammbar. Ferner muß auf der Verpackung die Baustoffklasse angegeben sein. Wenn diese Angabe fehlt, gilt ein Baustoff automatisch als leicht entflammbar. Leicht entflammbare Baustoffe dürfen aber laut Landesbauordnungen überhaupt nicht auf die Baustelle gebracht werden und erst recht nicht eingebaut werden. Nicht zuletzt müssen die Brandschutzvorschriften wegen der Gebäudebrandversicherung beachtet werden, die sonst im Schadensfall die Haftung ablehnen kann.

Bei der gesundheitlichen Bewertung von Wärmedämmstoffen muß beachtet werden, daß die Wärmedämmstoffe entweder außen oder als Innendämmung hinter einer Dampfsperre angebracht werden müssen, und daß dabei die Abgabe von Giftstoffen an den Wohnraum praktisch nicht möglich ist.

Polystyrol-Hartschaum

wird aus Styrol zu Polystyrolketten hergestellt. Polystyrol ist ein harter Kunststoff. Als Wärmedämmstoff wird es mit CO₂ zu Polystyrol-Hartschaum aufgeschäumt. Die Problematik ist ähnlich wie bei PVC, nur daß normalerweise keine Weichmacher, sondern Flammschutzmittel, zugegeben werden.

Als Wärmedämmstoff bringt Polystyrol-Hartschaum für die Bewohner keine Gesundheitsgefährdung, da die Wärmedämmung entweder außen oder als Innendämmung hinter einer Dampfsperre und evtl. dichtverspachtelten Gipskartonplatte angebracht wird, so daß keine giftigen Gase in die

Raumluft gelangen können. Einer gewissen Umweltbelastung bei der Herstellung und tatsächlichen Beseitigung steht eine Umweltentlastung durch die dadurch erreichte Energieeinsparung entgegen, deren Nutzen für die Umwelt wesentlich bedeutsamer ist.

Für Wärmedämmzwecke kann also Polystyrol-Hartschaum aus ökologischen Gründen toleriert werden, aus gesundheitlichen Gründen besteht bei richtig ausgeführten Wärmedämmmaßnahmen keinerlei Bedenken.

Polyurethan-Hartschaum

gibt es als fertige Platten zu kaufen, die gesundheitlich unbedenklich sind, wenn sie richtig eingebaut werden. Kritisch sind dagegen Ortschaften (Ausschäume von Fenster- und Türrahmen u.s.w.), die besonders während der Verarbeitung giftige Dämpfe abgeben.

Mineralfaserdämmstoffe

ist der Oberbegriff für Glaswolle und Steinwolle. Die mineralischen Fasern werden bei der Verarbeitung zu Bahnen (Rollen) oder Platten mit Kunstharzen gebunden. Im Gegensatz zu Asbest sind Mineralfaserdämmstoffe harmlos, da sich diese Fasern nur quer und nicht längs zur Faser teilen können. (Vergl. "Gesundheitsgefährdung durch Baustoffe?"). Dabei sind äußerst wenig Fasern im Bereich des kritischen Durchmessers. Mineralfaserdämmstoffe werden schon fast 100 Jahre lang hergestellt. Untersuchungen an Personen, die Mineralfaserdämmstoffe bereits jahrzehntelang herstellen und verarbeiten, haben ergeben, daß diesbezüglich keine Gesundheitsgefährdung besteht, auch nicht im Zusammenhang mit anderen Faktoren.

Bei Tierversuchen wurden nur dann Tumore festgestellt, wenn die feinen Mineralfasern z.B. Mäusen direkt unter die Bauchdecke injiziert wurden. Dies sind jedoch keine realistischen Bedingungen, da hierbei sämtliche Abwehrmechanismen in Bronchien und Lungen ausgeschaltet werden.

Beim Menschen kann davon ausgegangen werden, daß nahezu keine Krebsgefährdung durch Mineralfaserdämmstoffe besteht. Bei der Verarbeitung empfiehlt es sich jedoch Atemschutzvorrichtungen zu tragen, die im Fachhandel erhältlich sind. Im eingebau-

ten Zustand bestehen bei einer Außendämmung für den Bewohner keinerlei Bedenken. Bei einer Innendämmung muß ohnehin eine Dampfsperre angebracht werden, so daß auch hier keine Gefahr besteht.

Harnstoff-Formaldehyd-(UF)-Ortschaum

wird heute fast nicht mehr verwendet. Bei ausgeschäumten Dächern sind schon Fälle vorgekommen, bei denen unzumutbar hohe Formaldehydkonzentrationen beklagt wurden. Harnstoff-Formaldehydharz gibt es nicht in Plattenform.

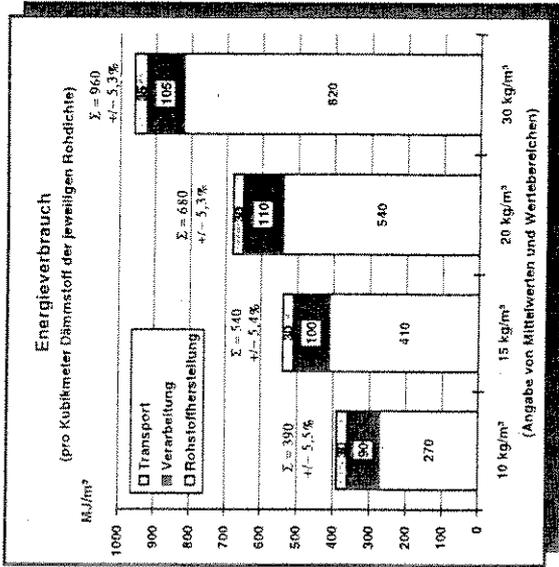
Schaumglas (Foamglas)

ist Glas, das mit CO_2 geschäumt wurde. Es ist relativ teuer, dafür aber stark mechanisch belastbar.

Kork

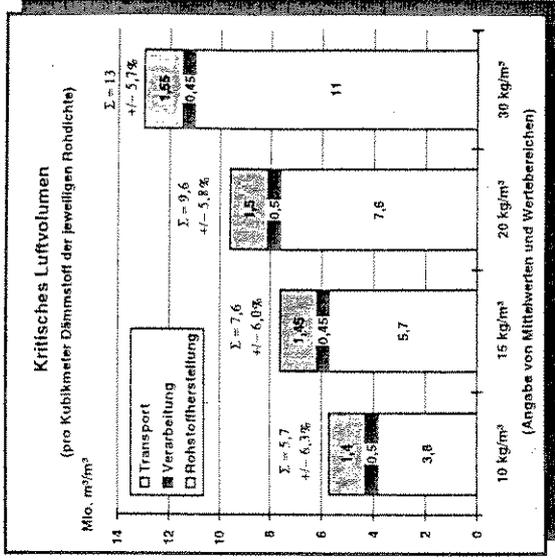
ist in mehreren Arten erhältlich: mit teilweise giftigen Klebemitteln gebunden für Dekorationszwecke, als Fliesen (oft mit bedenklicher PVC-Beschichtung) als Schrot für Schüttungen (unbedenklich) oder als expandierter Kork. Letzterer wird aus Korkgranulat hergestellt, das unter Luftabschluß im eigenen Harz erhitzt wird und dabei sein Volumen auf ein Vielfaches vergrößert. Bei diesem Prozeß entstehen giftige Dämpfe (krebserzeugende Produkte der unvollständigen Verbrennung, die gesundheitsschädlich sind). Folglich sind solche Korksorten nicht unbedenklich, obwohl sie aus "natürlichen" Ausgangsstoffen hergestellt sind. Keine Gefahr besteht, wenn man Kork zur Außendämmung verwendet oder eine Innendämmung anbringt, bei der auf der Raumseite des Dämmstoffes ohnehin eine Dampfsperre notwendig ist. Doch dazu könnte man auch preiswertere Dämmstoffe verwenden. Ferner ist die Verfügbarkeit von Kork begrenzt, so daß Kork im großen Maßstab keine Alternative zu konventionellen Dämmstoffen darstellt. Ferner sollte beachtet werden, daß bei einem übermäßigen Abbau von Kork Ökosysteme (Korkeichenwälder) gefährdet werden.

- 6.1 Beständigkeit von Schaumstoffen aus Styropor gegen tierische und pflanzliche Schädlinge
- 6.2 Sonderdruck zur Atmungsfähigkeit von Hauswänden
- 6.3 Beurteilung von EPS-Hartschaum unter besonderer Berücksichtigung biologischer Aspekte
- 6.4 Gutachten zur Emission von Styrol aus "Polystyrol-Hartschaum"
- 6.5 Merkblatt über die Alterungsbeständigkeit von Styropor
- 6.6 Gutachten über die Unbedenklichkeit von Gasen beim Verbrennen von Styropor
- 6.7 Wärmedämmstoffe: Gesundheitliche und ökologische Bewertung
- 6.8 EPS-Dämmstoffe: Eine Lebenswegbilanz**



Im Kennwert Energieverbrauch werden alle Energien, die für Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse erforderlich sind, summiert. Hinzu kommt der Energieverbrauch für Transporte.

Davon zu trennen ist die Tatsache, daß EPS-Dämmstoffe einen Heizwert besitzen und thermisch verwertet werden können. Diese Energiewerte (39,3 MJ/kg nach DIN 18 230) werden separat betrachtet. Das Prinzip der Aggregation des Energieinhaltes des Stoffes (potentieller Heizwert) und des Energieaufwandes im Lebensweg zu einem einzigen Wert wird in dieser Studie nicht angewandt. Gleiches gilt für Gutschriften durch Energienutzung bei der Entsorgung. Grund hierfür ist die Tatsache, daß der Energieinhalt eine stoffspezifisch konstante Größe ist und durch die Dämmstoffanwendung nicht wesentlich verändert wird. Das Prinzip der Trennung von Energieverbrauch im Lebensweg und Energieinhalt des Stoffes setzt sich zunehmend auch in anderen europäischen Ländern als einheitliche Vorgehensweise durch.



Die Verwendung von Dämmstoffen im Baubereich ist unumstritten notwendig und ökologisch sinnvoll. Die durch Dämmstoffe möglichen Wärmeschutzmaßnahmen beim Neubau wie auch bei Sanierung und Ausbau im Altbestand tragen entscheidend zur Reduktion der CO₂-Emissionen bei. Damit helfen Dämmstoffe auch, entsprechende Folgeschäden für das Ökosystem Erde zu mindern. Gleichzeitig wird jedoch durch die Herstellung und Verwendung von Produkten stets die Umweltbelastung der Technik auf ein Minimum zu begrenzen.

Der Ansatz

Um eine möglichst exakte Beschreibung der Umwelteinflüsse der aus EPS gefertigten Dämmstoffprodukte zu geben, wird das Lebenswegbilanzmodell angewendet. Die Beurteilung der Umweltbeeinflussungen erfolgt anhand von fünf Kenngrößen:

- Energieverbrauch
- kritisches Luftvolumen²
- kritisches Wasservolumen³
- Deponievolumen
- Global Warming Potential (GWP-Wert)⁴

Bilanzraum

Der betrachtete Lebensweg reicht von der Rohstoffgewinnung (Erdölförderung) über die mehrstufige Herstellung des Polystyrol-Kunststoffes bis zum EPS-Rohstoff. Bei der Verarbeitung werden alle Prozesse vom Aufschäumen bis zur fertigen Dämmstoffplatte untersucht.

Das innerbetriebliche Produktionsrückstands-Recycling von Randbeschnitten und Ausschuß und das Recycling von Baustellenrückstand (Verschnitt und Bruch) werden quantitativ erfaßt. Hierzu dient ein rechnerischer Ansatz.

Zusätzlich werden alle Transporte im Lebensweg wie insbesondere die der Rohstoffe zur Verarbeitung und die Anlieferung von Dämmstoffplatten zur Baustelle berücksichtigt.

Die Lebenswegabschnitte Recycling und Entsorgung der gebrauchten Dämmstoffprodukte werden nicht betrachtet, da bei einer Anwendung von ca. 50 Jahren darüber derzeit keine sinnvollen Aussagen möglich sind.

¹ Hier werden alle gasförmigen Emissionen während des gesamten Lebensweges zusammengefaßt.

² Hier werden die Wassereinstellungen während des gesamten Lebensweges zusammengefaßt.

³ Dieser Wert charakterisiert die Emissionen treibhausrelevanter Gase während des gesamten Lebensweges.

Gegenstand der Untersuchung

Es werden EPS-Hartschaumdämmstoffe in vier typischen Dichten (10, 15, 20 und 30 kg/m³) betrachtet. Die Untersuchungen beziehen sich auf homogenen Dämmstoff ohne Materialkombination zu Verbundplatten oder kaschieren Dämmplatten.

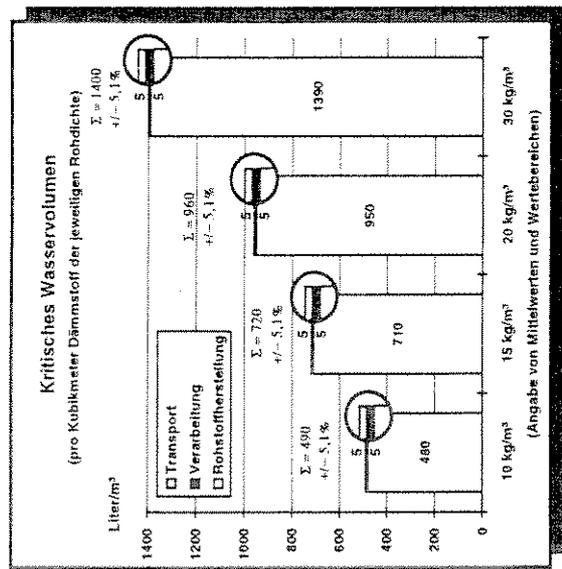
Sämtliche Daten beziehen sich auf die deutschen Verhältnisse. Dies gilt sowohl für die Rohstoffherstellung als auch für die Verarbeitung und die Logistik. Für einen Vergleich im europäischen Rahmen sind andere Grunddaten zu verwenden.

Ergebnisse im Diagramm

Unter Zugrundelegung der genannten methodischen Ansätze sind im Rahmen eines umfangreichen Projektes detaillierte Ökoprofile der vier EPS-Dämmstoffdichten errechnet worden. Auf den folgenden Seiten werden die Ergebnisse bezüglich der fünf Kennwerte kurz dargestellt und erläutert.

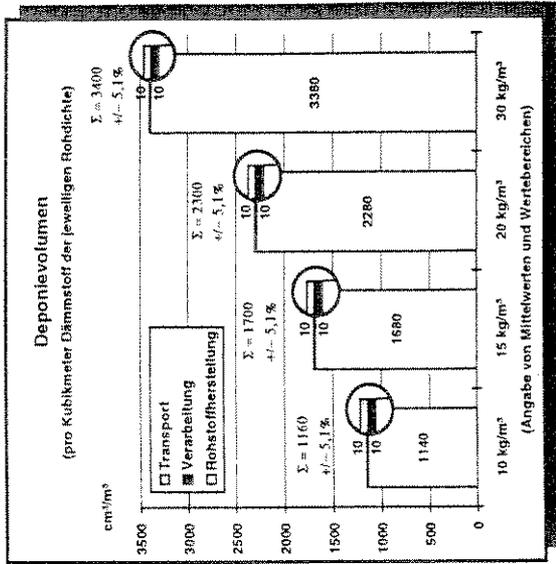
Durch die gleichzeitige Darstellung der vier ausgewählten Dichten wird es möglich, die Umweltbeeinflussungen neu zu entwickeln anderer Dichten für EPS-Dämmstoffe abzuschätzen.

Die untersuchten Lebenswegabschnitte werden in drei Kategorien zusammengefaßt (Rohstoffherstellung, Verarbeitung, Transport) und als gestapelte Balken dargestellt. Da die Gewinnungs- und Verarbeitungstechnologien sowie Transportentfernungen Schwankungen unterworfen sind, werden prozentuale Abweichungen der Umweltbeeinflussungen angegeben. Dieser Wert bezieht sich jeweils auf den gesamten Balken.



Die in den jeweiligen Lebenswegabschnitten auftretenden gasförmigen Emissionen und Einleitungen in das Wasser unterscheiden sich nicht nur hinsichtlich der Menge sondern auch in der Zusammensetzung grundlegend. Ein Vergleich der unterschiedlichen Stoffe und deren Mengen wird durch Normierung möglich. Die Kennwerte kritisches Luftvolumen und kritisches Wasservolumen sind Summenwerte, bei denen die ermittelten Luftemissionen und Abwasserbelastungen mit Hilfe von MIK- und MAK-Werten⁵ zu einer Gesamtumweltbelastung zusammengefaßt werden. Dieses Vorgehen reduziert die Listen verschiedenartiger Emissionen und Mengen auf die zwei Kennwerte kritisches Luftvolumen und kritisches Wasservolumen.

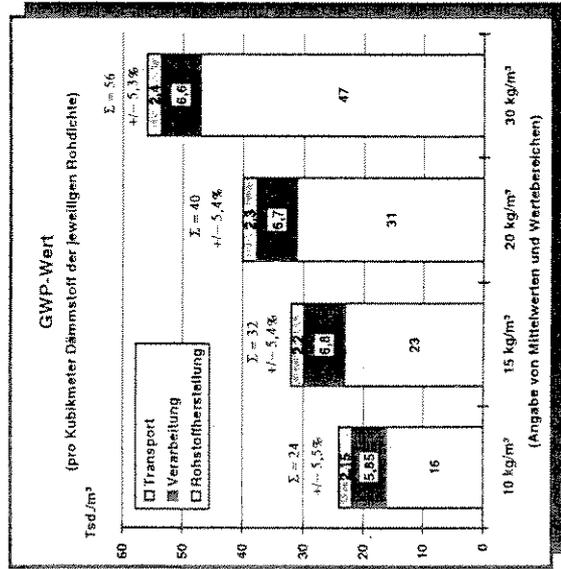
⁵ MIK: (Maximale Immissionskonzentration) und MAK: (Maximale Arbeitsplatzkonzentration) Werte sind Grenzwerte für den Gehalt von Schadstoffen in der Luft.



Zum Deponievolumen werden alle festen Abfälle im Lebensweg zusammengefaßt. In der Praxis wird ein umfangreiches Produktions- und Baustellen-Rückstandsrecycling durchgeführt, so daß hier nur geringe Abfallmengen anfallen. Es ist weiterhin anzunehmen, daß zukünftig EPS-Dämmstoffe nach deren Nutzung nicht mehr mit dem Bauschutt entsorgt werden müssen.

Durch die erweiterte Methodik der Lebenswegbilanz wird die quantitative Berücksichtigung des Recyclings von Produktions- und Baustellenrückstand in Form von Gutschriften bei der Gesamtbilanz unter Beachtung der Aufwendungen für das Recycling möglich. Dies erfolgt mit Hilfe der von der InFo-Kunststoffentwickelten Recyclingformel.⁶

⁶ Die Recyclingformel ist in der ausführlichen Fassung der Lebenswegbilanz abgedruckt. Siehe Hinweis auf der letzten Seite.



Als Ergänzung zu den eingeführten Bewertungskriterien einer Lebenswegbilanz (Energieverbrauch, kritisches Luftvolumen, kritisches Wasservolumen und Deponievolumen) wurde in der Studie zu EPS-Dämmstoffen unter Berücksichtigung der neueren Diskussionen die Emission treibhausrelevanter Gase in einem zusätzlichen Kennwert (Global Warming Potential; GWP-Wert) bilanziert.

Hierbei werden alle Emissionen der typischen Treibhausgase Methan, Kohlendioxid, Distickstoffoxid und Pentan betrachtet. Die emittierten Einzel-Gasvolumina werden über den gesamten Lebensweg summiert und mit einem Vergleichskennwert (GWP-Faktor), der die Schärfe der Treibhauswirkung charakterisiert, gewichtet. Das Ergebnis ist der (Gesamt-) GWP-Wert. Insbesondere wurden auch die Emissionen von Pentan, welches beim Schäumen von EPS eingesetzt wird, berücksichtigt.

Entgegen landläufiger Meinung wurden beim Schäumen von EPS-Dämmstoff niemals FCKW's oder verwandte Stoffe eingesetzt.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die gesamten Umweltbeeinflussungen durch die Herstellung und Verarbeitung von EPS-Dämmstoff bedeutend geringer sind als die erheblichen Umweltbeeinflussungen durch die sonst zusätzlich erforderliche Heizenergie.

Im Detail ist darauf hinzuweisen, daß die wesentlichen Umweltbeeinflussungen durch EPS-Dämmstoffe im betrachteten Lebensweg durch Luftemissionen verursacht werden. Diese sind hauptsächlich auf die Energieerzeugung für die EPS-Herstellung und an zweiter Stelle auf Transportaufwendungen der großvolumigen Dämmstoffplatten zurückzuführen.

Es konnte nachgewiesen werden, daß die Verarbeitung nur einen geringen Einfluß auf den Treibhauseffekt (GWP-Wert) hat.

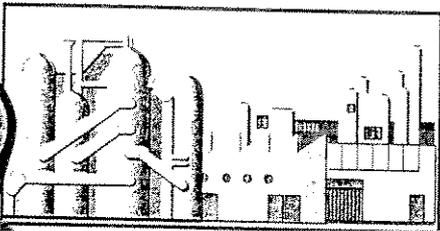
Die Wasserbelastung und das Deponievolumen - unter Voraussetzung eines effektiven Recyclings des Baustellenrückstandes - sind als minder gravierend zu bezeichnen.

Hinweis
Bei der vorliegenden Schrift handelt es sich um eine Zusammenfassung einer ausführlichen Lebenswegbilanz. Sollten Sie Fragen zu der ausführlichen Fachstudie „Lebenswegbilanz von EPS-Dämmstoff“ haben, wenden Sie sich bitte direkt an die Autoren:

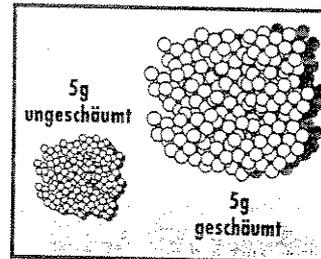
Inferenzinstitute Forschungsgemeinschaft
(IfFc-) Kunststoff e.V.
Postfach 11 06 40
10836 Berlin

Lebensweg von Dämmstoffen aus STYROPOR®

Stationen des Lebensweges von Dämmstoffen aus Styropor, von der Herstellung über Transport und Verarbeitung bis hin zu den vielfältigen Möglichkeiten der Wiederverwertung und Entsorgung. (Zeichnungen: IVH)



Rohstoffherstellung
Keine besonderen Risiken für Luft, Boden oder Wasser bei geringem Energiebedarf und geringem Ressourcenverbrauch

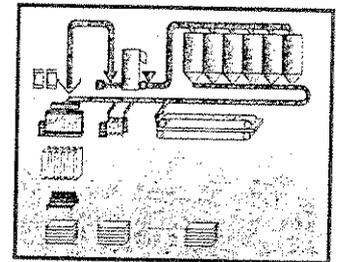


5g ungeschäumt
5g geschäumt

Expandierbares Polystyrol (EPS)
FCKW-frei, Treibmittel Pentan

Energiercycling (thermische Verwertung)	Rohstoffrecycling (Rohstoffrückgewinnung)	Werkstoffrecycling (werkstoffliche Verwertung)
elektrische Energie Dampf-erzeugung	Öl	Spritzgußteile Büroartikel Konsumgüter
		Frostschutzschichten Bodenhilfsstoffe STYROMULL®
		STYROPOR® Leichtbeton porosierete Ziegel Dämmplatten

Möglichkeiten des Recyclings und der Entsorgung

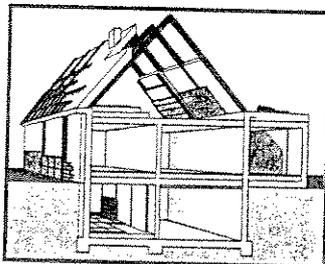


Herstellung

- geringer Primärenergieverbrauch
- kein FCKW-haltiges Treibmittel

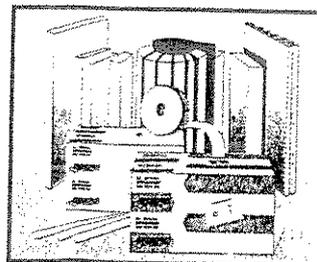
Fertig verschweißter
Hartschaum STYROPOR®
98 % Luft, 2 % Polystyrol

5g verschweißt



Bauen und Wohnen mit STYROPOR®

- leicht verarbeitbar ohne gesundheitliche Beeinträchtigungen
- Beitrag für ein gesundes Raumklima
- Ressourcenschonung durch geringen Heizenergieverbrauch und dadurch hohe Reduktion der CO₂-Emission



STYROPOR® als Wärme- und Trittschalldämmstoff nach DIN 18164, GSH-güteüberwacht