

Phenolharzschaumstoffe als Isoliermaterial

Originalbericht in: „Boden Wand Decke“, Heft 7/1962

Autor: Heinz Götze, Beratender Bauingenieur BDB, Stadeln bei Nürnberg

Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten im Bauwesen

Hartschäume auf Basis Phenol-Formaldehyd haben sich innerhalb kurzer Zeit einen erheblichen Marktanteil erobert. Es sollen die bis heute bei der Untersuchung und Verarbeitung dieser Schaumstoffgruppe gewonnenen Erkenntnisse wiedergegeben werden. Dabei werden anwendungstechnische Fragen bevorzugt behandelt.

Schaumstoffe haben ihre Bewährungsprobe auch im rauen „Baustellenklima“ bereits bestanden. Der Begriff Kunstharz-Hartschaum ist zur festen Vokabel für Bau- und Isolierfachleute geworden. Schwierigkeiten tauchen nur dort auf, wo dieser Begriff nicht als Sammelbezeichnung, sondern im Sinne eines „unfehlbaren“ Universalbaustoffes verwendet wird. Schaumstoffe sind keine Wunder-



Bild 1
Porenstruktur von Phenolharz-Schaumstoff. Dieses Bild zeigt in etwa zehnfacher Vergrößerung die wabenartige Vernetzung der Schaumstoffzellen. (Werkfoto: Dynamit Nobel AG)

materialien, sondern aufgeschäumte Kunststoffe, die nur entsprechend ihren strukturbedingten Eigenschaften verarbeitet werden dürfen. Voneinander abweichende Verarbeitungs- und Anwendungsbedingungen lassen sich meist nicht mit einem einzigen Kunststoff lösen.

Für den Wärme- und Kälteschutz heißt das: der Sammelbegriff Kunstharzschaum umfaßt eine ganze Skala aufgeschäumter Kunststoffe, wie zum Beispiel solche auf Basis

von Polystyrol, PVC, Polyurethan, Harnstoff- und Phenolharzen. Letztere sollen nachfolgend hinsichtlich ihrer technologischen Eignung als Isoliermaterial untersucht werden.

Duroplastischer Kunstharz-Hartschaum

Phenol-Formaldehyd-Schaumstoffe gehören chemisch gesehen zur Gruppe der Polykondensate und als solche zu den duroplastischen Kunststoffen. Diese lassen sich nach der Aushärtung nicht mehr warm verformen, was als wesentliche Unterscheidung gegenüber thermalplastischen Materialien gilt.

Beim Phenolharz-Schaumstoff handelt es sich um einen spröde-harten Schaumkunststoff mit gemischtzelliger Struktur. Die wabenförmige, stark räumliche Vernetzung des Schaumes ist in BILD 1 wiedergegeben. Dieses Strukturbild zeigt in anschaulicher Weise die durch den Schäumvorgang ermöglichte Verschmelzung unzähliger Einzelporen zum hochisolierenden Zellgefüge. Chemische Herkunft des Schaumstoffes (flüssiges Phenolharz der Resolgruppe) und die Art der Porenvernetzung bestimmen wesentlich die Eigenschaften des Endproduktes.

Wie entsteht Phenolharzschaumstoff?

Das zähflüssige Phenol-Formaldehyd-Harz als Ausgangsprodukt wird mit Härtersubstanzen und Treibmitteln versetzt, innig vermischt und unter Wärmeeinwirkung in entsprechenden Behältern aufgeschäumt. Bei Verwendung spezieller Harztypen kann auf den äußeren Wärmeeinfluß verzichtet werden, wobei durch Härtezusatz eine sogenannte exotherme Kondensationsreaktion ausgelöst wird. (Temperaturentwicklung im Innern des Formlings.) Diese Eigentemperatur führt zum Aufschäumen des Gemisches, da die zur Verwendung kommenden Treibmittel unter Wärmeeinfluß in einen gasförmigen Zustand übergehen und somit unter gleichzeitiger Porenbildung zur Volumenvergrößerung führen (BILD 2).

Die Fabrikation des Phenolharzschaumstoffes geschieht im allgemeinen nach dem Chargenverfahren. Hier lassen sich Einzelblöcke bis zu etwa 2 cbm Rauminhalt innerhalb von Kastenformen herstellen. Kontinuierliche Schaumerzeugung ist möglich.

Für Bauzwecke werden die aufgetriebenen und ausgehärteten Schaumstoffblöcke mit Horizontalsägen (keine elektrischen Glühdrähte!) zu Platten beliebiger Dicke weiterverarbeitet.

Eigenschaften von Phenolharzschäumen

a) Thermisches Verhalten

Das Verhalten des Schaumstoffes gegenüber thermischer Beanspruchung soll hier bewußt herausgestellt werden, da die von diesem Material erreichte Temperaturfestigkeit erheblich über den im Bausektor auftretenden Grenzwerten liegt.

Der Phenolharzschaum zeichnet sich gegenüber thermoplastischen Schaumkunststoffen durch große Wärmebeständigkeit aus. Der thermische Anwendungsbereich des Schaumstoffes schwankt bei Dauertemperatureinwirkung zwischen -200°C und $+130^{\circ}\text{C}$. Vorübergehend werden Wärmegrade bis zu $+180^{\circ}\text{C}$ ertragen. Bei Temperaturstößen, wie sie sich zum Beispiel kurzfristig unter Asphaltbelägen ergeben, hat sich der Phenol-Hartschaum bis etwa $+250^{\circ}\text{C}$ beständig gezeigt.

Auch bei Hitzeeinwirkung, die über die genannten Höchstwerte hinausgeht, wird das Material nicht zum Schmelzen gebracht, es tritt lediglich eine fortschreitende Verkokung des Zellgefüges ein.

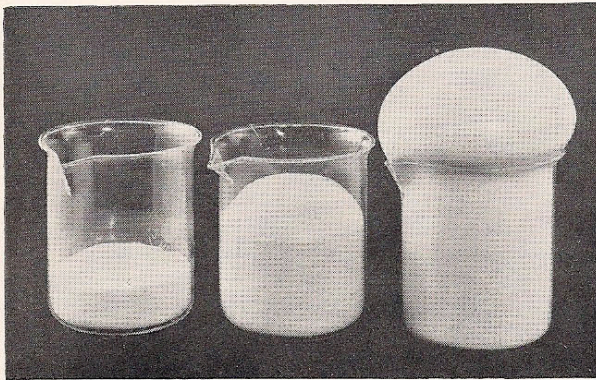


Bild 2
Gleiche Gewichtsmengen Phenolharzschaum während des Auftreibens. (Werkfoto: Duropplast GmbH)

Bei der vorhandenen Vielzahl mikroskopisch kleiner Poren ist es selbstverständlich, daß dieser Schaumstoff niedrige Wärmeleitfähigkeiten und somit ausgezeichnete Wärmedurchlaßwiderstände mit sich bringt. Der Wärme- und Kälteschutz eines Baustoffes ist bekanntlich von der Anzahl eingeschlossener, ruhender Luftteilchen abhängig. Je zahlreicher und kleiner diese Teilchen sind, desto besser ist die Dämmwirkung des Materials. Die Wärmeleitfähigkeit λ schwankt bei Phenolharz-Schaumstoff — je nach Raumgewicht des Materials — zwischen 0,024 und 0,027 kcal/mh $^{\circ}\text{C}$ (bei 20°C Mitteltemperatur). Damit reiht sich der neue Dämmstoff in dieser Beziehung würdig in die Gruppe der guten, mikrozelligen Isoliermaterialien ein.

b) Mechanische und chemische Eigenschaften

Wie einleitend bereits erwähnt, gehört der hier behandelte Hartschaum zur Gruppe der sprödharten Schaumkunststoffe. Aus dieser Klassifizierung ergeben sich auch seine Anwendungsmöglichkeiten und Festigkeitseigenschaften.

Die mechanischen Werte genügen im allgemeinen den Beanspruchungen, denen Isolierschichten ausgesetzt werden (TABELLE 1); sie sind hauptsächlich vom Raumgewicht abhängig. Daraus ergibt sich, daß besondere Anforderungen, zum Beispiel hinsichtlich der Druckfestigkeit, durch Variation der Raumgewichte erfüllt werden können. Bei leichten Typen ist es unter Umständen erforderlich, die etwas geringe Abriebfestigkeit durch Anstriche bzw. Beschichtungen zu erhöhen.

Es lohnt sich, den chemischen Eigenschaften des geschäumten Phenolharzes besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Das Verhalten des Schaumstoffes gegen Chemikalien kann als ausgesprochen günstig bezeichnet werden. Auffallend ist besonders die weitgehende Beständigkeit gegenüber organischen Lösungsmitteln, wie zum Beispiel Phenol (90 Prozent), Benzol, Äther, Mineralölen, Treibstoffgemischen, Aceton (bedingt). Ein Attribut übrigens, das vor allem für den Industriebau und die Kunststoffindustrie (Polyesterverarbeitung!) von hervorragender Bedeutung ist.

Es hat sich weiterhin gezeigt, daß Phenolharzschaum unter anderem von Flußsäure, Ameisen- und Essigsäure, 50prozentiger Schwefelsäure und 80prozentiger Phosphorsäure nicht zerstört wird. Ebenso greifen Kalkwasser und die meisten Salzlösungen das Material nicht an. Die TABELLE 2 gibt einen abschließenden Überblick über das chemische Verhalten des Phenolharzschäumstoffes.

c) Verhalten gegen Feuchtigkeit

Der Hartschaum ist gegenüber Feuchtigkeitseinflüssen resistent, wenn er auch bei Wasserlagerung geringe Mengen Feuchtigkeit aufnimmt. Das in die oberste Porenschicht eingedrungene Wasser (im Mittel 5,7 Volumen-Prozent bei 7 Tagen Unterwasserlagerung) wird nach kurzer Zeit ohne Veränderung der Schaumstruktur wieder abgegeben.

In der Bau- und Kühltechnik ist das Verhalten eines Dämmstoffes gegenüber Wasserdampfdiffusion sehr wesentlich. Als Kenngröße wurde hierfür der sogenannte Diffusionswiderstandsfaktor festgelegt. Er stellt den Widerstand, den ein bestimmtes Material dem Wasserdampfdurchgang entgegengesetzt, ins Verhältnis zu einer Luftschicht gleicher Dicke. Luft hat also einen Diffusions-Widerstandsfaktor von 1, der entsprechende Wert für Kälteschutzstoffe sollte mindestens das Fünffache betragen, also $\mu \geq 5$).

Phenolharzschaum mit einem mittleren Raumgewicht von 55 kg/cbm hat einen Widerstandsfaktor von $\mu = 62,5$. Vergleichswerte: Bimsbeton $\mu = 2,5$; unverdichteter, expandierter Korkstein $\mu = 15$; Asbestzement $\mu = 60$. Diese Angaben zeigen, daß das Verhalten des Schaumstoffes gegenüber Wasserdampfdiffusion günstig ist. Als Grundregel muß jedoch beachtet werden: kein Kunstharzschaum stellt gleichzeitig eine absolute Dampfsperre dar.

Phenolharzschäumstoff im Einsatz

Seit 1945 wird das Material in den Vereinigten Staaten, seit 1950 in Großbritannien angewendet. In Deutschland wurde es bereits vor dem zweiten Weltkrieg labormäßig erprobt, im großen Stil wird es jedoch erst seit etwa drei Jahren hergestellt. Diese Beobachtungszeiträume genügen, um dem Phenolharzschaum seine ausgezeichnete Eignung als Isoliermaterial bescheinigen zu können. Nachstehend sollen einige anwendungstechnisch markante Einsatzgebiete des Dämmstoffes aufgezählt werden.

1. Hochbausektor

1.1 Flachdachisolierung

Hier hat sich der Hartschaum besonders wegen der bereits erwähnten Temperaturbeständigkeit bewährt. Heißflüssige Bitumenklebemassen und intensive Sonnenbestrahlung bringen thermische Beanspruchungen mit sich, denen die Flachdachisolierung unbedingt gewachsen sein muß. Phenolharz-Schaumstoff genügt diesen Ansprüchen in hervorragender Weise. Wegen seiner Chemikalienbeständigkeit kann das Material sogar direkt mit lösungsmittelhaltigen Bitumensorten (Kaltverfahren) verarbeitet werden.

Bei ausschreibenden und bauleitenden Architekten läßt sich oft die Tendenz erkennen, die steigenden Gesamtbaukosten durch Verminderung der Isolierstärken etwas auszugleichen. Diese Maßnahmen sind unverantwortlich! Es sei hier nochmals erwähnt, daß für Flachdach-

*) Vergleiche Dr.-Ing. Cammerer: „Neuzeitliche Schaumstoffe für Wärme- und Kälteisolierungen“ („Kältetechnik“, Bd. 9/57).

TABELLE 1

Mechanische Festigkeit für Phenolharzschaumstoff in Abhängigkeit vom Raumgewicht der Prüfkörper

Rohdichte	g/cm ³	0,04	0,05	0,06	0,08	0,1
Biegefestigkeit nach DIN 53 423	kg/cm ²	3,0	3,5	4,2	5,5	6,5
Druckfestigkeit nach DIN 53 421	kg/cm ²	1,8	3,4	4,9	6,2	7,8
Zugfestigkeit nach DIN 53 571	kg/cm ²	1,2	2,6	3,3	4,4	5,4
Vorschub 500 mm/min						
Scherfestigkeit nach DIN 53 422	kg/cm ²	0,8	2,0	2,5	4,1	4,6
Schlagzähigkeit nach DIN 53 453	cmkg/cm ²	0,06	0,11	0,17	0,15	0,15
Kerbschlagzähigkeit nach DIN 53 453	cmkg/cm ²	0,06	0,10	0,09	0,08	0,08
E-Modul aus Biegeversuch	kg/cm ²	120	100	155	210	200

konstruktionen ein Wärmedurchlaßwiderstand von insgesamt 1,0 m²h^o C/kcal erforderlich ist. Der in der DIN 4108 angegebene Mindestwert von 0,65 m²h^o C/kcal hat sich aus wärmetechnischen und konstruktiven Gründen als unzureichend erwiesen.

1.2 Verbundelemente und Fassadenisolierung

In diesem Sektor ist Phenolharzschaum ebenfalls wegen seiner Temperatur- und Lösungsmittelfestigkeit hoffähig geworden. Er kann im Heißverfahren mit einer glasfaserverstärkten Polyester-Außenhaut beschichtet werden und verträgt acetonhaltige Klebstoffe. Mit diesen lassen sich die gewünschten Fassadendeckplatten (Glasal, Asbestzementtafeln oder ähnliches) aufbringen (BILD 3). Verbundplatten mit wabenverstärkter Schaumstoffeinlage weisen erstaunliche mechanische Festigkeiten auf.

Vorgehängte Fassadenplatten aus Natur- oder Kunststein machen selbst bei bester architektonischer Wirkung eine Dämmschicht nicht überflüssig. Für Isolieraufgaben an belüfteten Fassaden haben sich Phenolharzschaume bestens

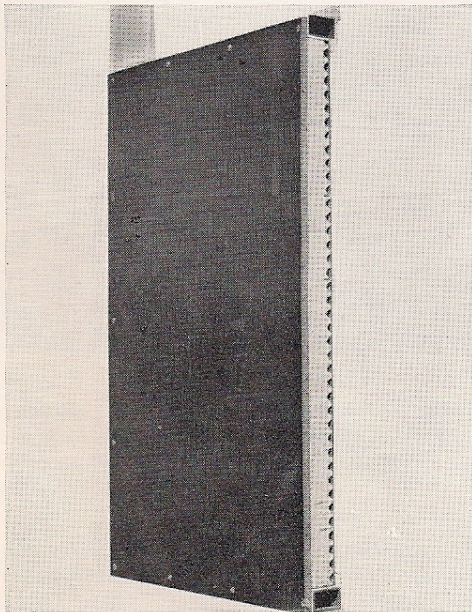


Bild 3

Die Fassadenelemente des Kunststoff-Institutes in Aachen enthalten Phenolharzschaum als Kernschicht. (Werkfoto: Dynamit Nobel AG)

empfohlen, da sie von aggressiven Industrieabgasen nicht angegriffen werden.

1.3 Verarbeitung im Fußbodensektor

Bei der Fußbodenisolierung wird Phenolharzschaum hauptsächlich als Dämmschicht unter Heißfußasphalt eingesetzt. Der Schaumstoff verträgt die hohe Asphalttemperatur zum Verarbeitungszeitpunkt ohne strukturelle Schäden. Mit seiner Hilfe lassen sich besondere Isolationsforderungen (zum Beispiel Wärmeschutz für nicht unterküllerte Fußböden oder Decken über offenen Durchfahrten) wirtschaftlich lösen.

Zur Verarbeitung ist zu sagen, daß die Hartschaumplatten mit Bitumen oder Zementschlemme auf dem (meist unebenen) Unterbeton verlegt werden. Üblich sind auch Ausgleichsschichten aus getrocknetem Feinsand. Auf der mit Asphaltpapier oder Bitumenfilz abgedeckten Dämmschicht erfolgt dann in üblicher Weise die Asphaltverlegung. Die Wärmebeständigkeit des Phenolharz-Schaumstoffes kommt weiterhin beim Einbau von Fußbodenheizungen vorteilhaft zur Geltung.

TABELLE 2

Verhalten gegen Chemikalien

		+ bedeutet: beständig - bedeutet: unbeständig O bedeutet: bedingt beständig	
Salzsäure, Konzentration bis 20 %	+	Sodalösung 20 %	+
Schwefelsäure, Konzentration bis 50 %	+	Meerwasser	+
Schwefelsäure, konzentriert	-	Ameisensäure	+
Salpetersäure, Konzentration bis 10 %	+	Eisessig u. Essigsäure	+
Salpetersäure 20 %ig	O	Methanol	O *)
Salpetersäure 50 %ig und konzentriert	-	Athanol	O *)
Phosphorsäure	+	Aceton	O *)
Flußsäure	+	Methyläthylketon	O *)
Natronlauge, Konzentration bis 20 %	-	Cyclohexanon	+
Natronlauge 50 %ig	O	Essigester	+
Kalilauge	-	Tetrachlorkohlenstoff	+
Ammoniak	+	Benzol	+
Kalkwasser	+	Benzin 60/95	+
Ammoniumchloridlösung (gesättigt)	+	Treibstoffgemisch	+))
Natriumazetatlösung 50 %ig	+	Äther	+
Sodalösung 10 %ig	+	Dimethylformamid	O *)
		Phenol	+
		Anilin	+
		Dibutylphtalat	+
		Diocetylphthalat	+
		Rizinusöl	+
		Mineralöl	+

*) Schaum saugt sich voll und quillt. Nach Verdunsten des Lösungsmittels nimmt er seine alte Form wieder an und weist die normalen Eigenschaften auf.

Harte Schaumtypen (Raumgewichte um 100 kg/cbm) wurden bereits unter Parkettbelägen erprobt. Besonders wenn Konstruktionshöhe eingespart werden soll, ist die direkte Verlegung des Stabparketts auf der Dämmschicht vorteilhaft. Auf den schwimmenden Estrich sollte man aus trittschalltechnischen Gründen jedoch nur bei Erdgeschoßfußböden verzichten.

1.4 Deckenverkleidungen

In diesem Anwendungsbereich sind sowohl Isolationsforderungen als auch dekorative Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Die Verklebung kleinformatiger Platten (mit Fase) für sogenannte Sichtdecken wird in steigendem Maße ausgeführt. Durch Oberflächenbehandlung kann der Schallschluckgrad innerhalb bestimmter Frequenzbereiche variiert werden.

Die zunehmende Verarbeitung des Phenolharzschaumstoffes zu Deckenplatten läßt sich wie folgt begründen: das Material weist eine erstaunliche Widerstandskraft gegen-

über Flammeinwirkung auf. Ein unter der Bezeichnung *Troporit* geprüfter Phenolharzschaum zum Beispiel hat den Brandversuch entsprechend der DIN 4102 bestanden und das Testat „schwer entflammbar“ erhalten. Für Sichtdecken ist außerdem vorteilhaft, daß sich die Platten nicht elektrostatisch aufladen.

2. Technische Isolierungen

Dieses Spezialgebiet ist nach wie vor die Domäne der anorganischen Faserdämmstoffe. Phenolharzschaum eröffnet hier jedoch bis zu einer Dauertemperaturgrenze von + 130° C neue und rationelle Isolierungsmethoden. So zum Beispiel beim Bau von Wärmekammern und -kanälen, für Trocknungsanlagen und Spezialgebiete des Apparatebaus. Bisher übliche lohnintensive Stopf-Isolierungen können dabei durch standfeste Schaumstoffplatten ersetzt werden, die sogar einen Teil der bisherigen Tragkonstruktionen und Versteifungselemente überflüssig machen.

3. Sondergebiete

Unter dieser Überschrift werden Anwendungen erwähnt, bei denen der Schaumstoff keine Isolationsaufgaben zu erfüllen hat. Allgemein bekannt sind Aussparungsformkörper, mit denen beim Betonieren Deckendurchbrüche, Schlitzlöcher usw. hergestellt werden.

Darüber hinaus ist Phenolharzschaum für die Kunststoffindustrie ein vielseitig verwendbares Material. Hier verwendet man ihn hauptsächlich als Füll- und Trägerstoff für Polyesterprofile. Bestimmte Industriezweige benötigen ebenfalls leichte und hitzebeständige Modellkörper bzw. Kernlinge, die in Sonderformen aufgeschäumt werden können.

Begehrter ist der Schaumstoff weiterhin in der Dekorations- und Bühnenbranche. Schnitz- und Demonstrationskörper, figürliche und reliefartige Darstellungen, Plastiken und Architekturmodelle werden leicht und mühelos daraus gefertigt.

Abschließend seien Flocken aus Phenolharzschaum erwähnt. Es handelt sich um aufbereitete Abfälle, die in granulierter Form für unbelastete Isolierungen Verwendung finden.

Der hier behandelte Hartschaum hat die Skala und Anwendungsmöglichkeiten der Schaumkunststoffe erheblich erweitert. Es ist anzunehmen, daß die Bedeutung dieser Materialien besonders auch zur Lösung bauphysikalischer Probleme allmählich erkannt wird.

Literatur

Dr. Franz *Weißentels*, Phenolharzschaumstoffe
„Kunststoffe“, Bd. 51/1961