

Polyurethan Schaumstoffe und Gießmassen

Eigenschaften · Verarbeitung · Anwendung



VOSSCHEMIE

Kalthärtende Kunststoffe

„Die ich rief, die Geister . . .“



„Besen, Besen sei's gewesen“

Polyurethan-Schaumstoffe und Gießmassen

Niederlassungen im In- und Ausland

Unsere gesamten Materialien sind bei unseren Fachhändlern beziehbar. Wenn Sie Fragen haben, die dieses Buch nicht behandelt, so wenden Sie sich bitte an unser Werk Uetersen oder unsere Partner im In- und Ausland.

Inland:

2082 Uetersen bei Hamburg, Esinger Steinweg 50, Postfach 13 55
Telefon (0 41 22) 717-0, Telex 2 18 526

Berlin: VOSSCHEMIE - LUVO GMBH, Heerstraße 340, 1000 Berlin 20 (Spandau), Telefon (0 30) 3 61 51 53, 3 61 80 11-12

Düsseldorf: VOSSCHEMIE GMBH, Sandstraße 61 a, 4030 Ratingen 1, Telefon (0 21 02) 4 40 81-83, Telex 8 585 093

Frankfurt/M.: VOSSCHEMIE - BLEIER & VOSS OHG, Schleußner Straße 4, 6078 Neu Isenburg, Telefon (0 61 02) 60 20 und 60 29

Nürnberg: VOSSCHEMIE GMBH, Zweibrückener Str. 77, 8500 Nürnberg 70, Telefon (09 11) 66 28 67

Rosenheim: VOSSCHEMIE - GEIER & VOSS GMBH, An der Staatstraße, 8201 Kolbermoor, Telefon (0 80 31) 9 10 11-13, Telex 5 25 799

Ausland:

Belgien: VOSSCHEMIE POLYESTER DE MOOR, Sergeyselstraat 2, 2200 Antwerpen-Borgerhout, Telefon (03) 2 35 20 47, Telex 71 240
1000 Brüssel, 106, Avenue De Stalingrad, Telefon (02) 5 12 40 99, Telex 71 240

England: VOSSCHEMIE - BONDAGLASS & VOSS Ltd., 158-164 Ravenscroft Road, Beckenham, Kent, Telefon (01) 7 78 00 71-3

Frankreich: VOSSCHEMIE - SOLOPLAST S.A.R.L., Rue du Pré Didier, Z. I. Le Fontainil Cornillon, 38120 Saint-Egrève, Telefon: (0 76) 75 42 38 und 75 49 36, Telex 320 520

Holland: VOSSCHEMIE - ROMAR VOSS KG, Industrieterrein Grote Laak 17, 6088 NJ Roggel, Telefon (0 47 49) 10 19, Telex 58 462

Unsere Arbeitsanleitungen sind aufgrund sorgfältiger, erfolgreicher Material-Erprobungen zustande gekommen und entsprechen dem Stand der Technik. Dieser Erfolg ist jedoch an eine gewissenhafte Verarbeitung und an die beschriebenen Voraussetzungen gebunden. In allen anderen Fällen sind Eigenversuche unumgänglich. Beachten Sie bitte auch unsere Technischen Merkblätter. Eine Änderung der technischen Daten und der Handhabung unserer Werkstoffe bleiben im Zuge von Verbesserungen vorbehalten. Die in diesem Buch genannten Preise sind lediglich Richtpreise. Sie enthalten die Mehrwertsteuer.

Copyright und Verlag

Klaus-W. Voss, 2082 Uetersen

Esinger Steinweg 50, Tel.: (0 41 22) 717-0, Fernschreiber 2 18 526
Neunte, überarbeitete Auflage 1983

Druck: Brunsdruck KG, Buch- und Offsetdruckerei, 2082 Uetersen

Polyurethan-Schaumstoffe und Gießmassen

Eigenschaften –
Verarbeitung, Anwendung

Ein Fachbuch der VOSSCHEMIE

Inhaltsverzeichnis

	Seite		Seite
Vorwort	6	Herstellungsverfahren	28
Wie entstehen Polyurethan-Schaumstoffe?	7	Einstufen(„One-Shot“-)-Verfahren	28
Treibverfahren	7	Zweistufen- (Prepolymer-)Verfahren	29
Zusatzmittel	8	Fertigungsmethoden	31
Füllstoffe	8	Gießschäume	31
Welche Bedeutung hat die Struktur der Schaumstoffe?	9	Schüttelschäume „ISOVOSS“	33
Eigenschaften der PUR-Schaumstoffe	15	Hohlraumform und Füllmenge	34
Die Bedeutung der Wärmeleitzahlen	16	Anwendung von „ISOVOSS“	36
Bedeutung der Wasserdampf-Diffusion (Wanderung)	17	Spritzschäume	37
Formbeständigkeit bei Temperatureinfluß	18	Überschichten mit Spritzschaum	38
Wasseraufnahme	19	Vorschäum-Methode	38
Wärmestau-Schrumpfung	19	Schäumungsvorschriften	39
Mechanische Festigkeiten	20	Bestimmung der Einfüllmenge	39
Die Vibrationsfestigkeit	21	Temperatureinfluß	40
Korrosions- und Chemikalienbeständigkeit	21	Abwiegen – Dosieren – Mischen	41
Schalltechnische Eigenschaften	22	Fehlerquellen	43
Schaumpalette	23	Bearbeitung	43
Treibmittel	23	Misch- und Dosier-Maschinen	44
Trennmittel	24	Kombinierte Misch- und Spritzanlagen	44
Spülmittel	24	Universal-Turbo-Mischer	45
Universal-Reinigungsmittel DMSO	24	Formenbau	48
Schutzmaßnahmen	24	Entwerfen der Form	49
Gute Be- und Entlüftung der Arbeitsräume	25	Formen-Entlüftung	51
Lagerhaltung	26	Formen-Material	51
Grundkomponente A	26	Formen-Trennmittel	52
Vernetzer-Komponente B	26	Funktionsablauf einer Schaumteile-Serienfertigung	52
Die Verschäumung	27	Ausschäumen von Formen und Hohlräumen	56
„Mischintensität contra Zeit“	27	Wo können PUR-Schaumstoffe eingesetzt werden?	57
Reaktionsablauf	27		

	Seite		Seite
Schaumkern-Verbundkonstruktion (Sandwichbau)	60	Weitere Anwendungsgebiete	88
Herstellungsmethoden	61	Ein-Komponenten-Polyurethan-Schäume	91
Ausschäum-Methode im Sandwichbau	62	Harte und weiche Integralschäume	95
Randzonen-Armierung und Verdichtung	64	Formenwerkstoffe für Integral-Schaumteile	98
Schaumkern-Armierung	65	Füllgewicht	98
Beschichtungsverfahren	66	Weiche Integralschäume	99
Deckschichten-Randprofile	67	Polyisocyanurat-Schäume (PIR)	99
Festigkeit im Sandwich	71	Mechanisches Verhalten von UNIZELL-Schäumen	99
Schaumstoff-Konstruktionen und ihre Anwendung	72	Polyurethan-Coatings/ FLEXOVOSS Massen	102
Wärme- und Kälteisolierung	74	Zweikomponenten-Streich- und Gießmassen	102
Wärmeisolierung von Außenwänden	75	Allgemeine Verarbeitungsrichtlinien	106
Flachdach-Isolierungen	76	Zur besonderen Beachtung	108
Flachdach-Beschäumung	76	Ein-Komponenten-Coatings	110
Isolierung von Rohrleitungen und Behältern	77	Feuchtgrundierung und Versiegelung G 4	110
Kühlraum-Isolierung	79	ESTOVOSS	111
Wärme- und Kälteisolierung sowie Schwingungsdämpfung	80	ELASTOFLEX G 11 metallic	111
Die Lösung Ihrer Verpackungsprobleme: PUR-Schaum	81	Kleines PUR-Lexikon	112
Die Herstellung profilierter Schaum-Polsterteile	82		
Verpacken mit flüssigen Schäumen	83		
Verpacken mit ISOVOSS-Schüttelschaum	85		
Das Schaumsprüh-Verfahren	87		

Vorwort

Seit Beginn der 60er Jahre werden die vielfältigen Möglichkeiten der Polyurethane in der Industrie und beim Handwerk genutzt. Seit etwa 1975 haben sie in Gestalt der Einkomponenten-Schäume in sehr starkem Maße auch im Heimwerkbereich Fuß gefaßt.

Eine große Palette von einkomponentigen und zweikomponentigen Schäumen und Gießmassen für die maschinelle und für die Handverarbeitung lösen Probleme im Bereich des Maschinenbaus und des Bauwesens, der Verpackungsindustrie, im Möbel- und Külmöbelbau und beim Hand- und Heimwerker.

Die Vielzahl der Anwendungsmöglichkeiten für den Verwender aufzuzeigen, ist Aufgabe dieses Buches.

Das Verständnis für die Anwendbarkeit dieser Kunststoff-Familie soll durch eine Einführung in die Grundlagen der Polyurethan-Technologie gegeben werden, so daß auch die Grenzen dieser universellen Wirkstoff-Familie verständlich werden.

Diese Neuauflage berücksichtigt die jüngste Entwicklung der Polyurethan-Maschinen ebenso wie die Bedeutung der Einkomponenten-Schäume.

F.-P. Plaschke

Wie entstehen Polyurethan-Schaumstoffe?

Um Aufbau und Eigenschaften von PU-Schaumstoffen kennenzulernen, ist es vorteilhaft, sich zunächst einmal mit den Reaktionen, die zum Entstehen der Schäume beitragen, zu befassen. Insgesamt handelt es sich um mehr als 10 parallel ablaufende Prozesse, von denen jedoch **das Aufschäumen zu einer zellförmigen Struktur** und **die Entstehung des Kunststoffgerüsts** am wichtigsten sind, so daß wir sie herausgreifen und näher betrachten wollen.

Die Schwierigkeit für die Rezepturformulierung besteht darin, beide Reaktionen zeitlich so zu steuern, daß die Erstarrung unmittelbar nach Beendigung des Aufschäumprozesses einsetzt. Ein feinporiges, gleichmäßiges Schaumgerüst kann nur dann hergestellt werden, wenn dieser Zeitablauf eingehalten wird (s. Abschnitt: „Reaktionsablauf“).

Ein Urethan ist ein Ester der Carbaminsäure und entsteht durch chemischen Umsatz eines Polyols (Grundkomponente A) mit einem Isocyanat (Vernetzer-Komponente B). Die sich dabei bildende Verkettung bezeichnet man als „Polyaddition“. Eine Aneinanderreihung (Addition) mehrerer Urethane führt zur Bildung des Kunststoffgerüsts, das sich beim Aushärten dreidimensional vernetzt und „Polyurethan“ genannt wird. Wird eine der beiden Komponenten so vorbehandelt, daß sich gleichzeitig während dieser Reaktion ein Gas bildet, wird der entstehende Polyurethan-Kunststoff zu einem Schaumstoff aufgetrieben.

Treibverfahren

Als klassische Methode bezeichnet man das „**chemische Treibverfahren**“, bei dem Kohlendioxid (CO₂) als Treibmittel verwendet wird. Durch eine chemische Reaktion zwischen der B-Komponente (Isocyanat) und Wasser wird Kohlendioxid als Treibgas freigesetzt. Das Wasser ist in der A-Komponente in geringen, genau dosierten Mengen enthalten.

Die bei dieser Umsetzung entstehende Reaktionswärme führt zusätzlich mit den Wärmemengen, die während der Vernetzung frei werden, zu starkem Wärmestau im Schaumkern. Mit zunehmender Wassermenge erhält man ein niedrigeres Raumgewicht (also größeres Aufschäumvolumen), aber auch höhere Reaktionstemperaturen. Die damit bewirkte Druckerhöhung des Treibmittels hat zur Folge, daß die Zellwände platzen — die Schaumstoffe erhalten **teilweise offene** Poren. Neben einem merklichen Abfall der mechanischen Festigkeiten beobachtet man daher bei diesen Schaumstoffen eine Erhöhung der Wasseraufnahme und der Wasserdampfdiffusion. Der Vorteil liegt in der Erweiterung des Temperaturbereiches für die Konturstabilität (siehe Abschnitt: Eigenschaften der PU-Schaumsysteme).

Mischt man an Stelle von Wasser in eine der beiden Komponenten eine niedrig siedende Flüssigkeit, z. B. Monofluortrichlor-Methan wie Frigen® 11, Kaltron® 11, Freon® 11 usw. mit einem Siedepunkt von + 23,8 °C, wird diese durch die Reaktionswärme verdampft und wirkt als Treibmittel. Der Einsatz dieser Treibmittel begünstigt den Schäumprozeß und damit auch die Eigenschaften des Endproduktes.

Durch die Verdampfung des Treibmittels wird ein Teil der Reaktionswärme verbraucht (System Kühlaggregat), eine Kernverbrennung verhindert und so eine teilweise Zerstörung der Zellwände weitestgehend vermieden.

Der Schaumstoff ist überwiegend **geschlossen**zellig und bietet dann einen ausgezeichneten Widerstand gegen Wasserdampfdiffusion. Die Isolierwirkung wird ebenfalls wesentlich verbessert.

Da beim Aufschäum-Verfahren mit Fluorchlorkohlenwasserstoffen keine Veränderung der chemischen Bestandteile eintritt, spricht man von einem „**physikalischen Treibprozeß**“. Der wirtschaftliche Vorteil liegt in der Einsparung der Vernetzer-Komponente, die verhältnismäßig teuer ist und deshalb möglichst nicht zur Erzeugung eines Treibmittels (CO_2) herangezogen werden soll. Mit abnehmendem Raumgewicht d. h. stärkerer Umsetzung des Isocyanates verteuern sich z. Z. deshalb die CO_2 -getriebenen Schäume. Die Treibmittel-Type und Menge bestimmt also die Struktur des erhärteten Schaumstoffes und wird entsprechend den Anforderungen an seine physikalischen und chemischen Eigenschaften ausgewählt. Unter Einsatz von Fluorchlorkohlenwasserstoffen erzeugte PU-Schaumstoffe haben ca. 92–95 %, kohlendioxidgetriebene Schäume max. 65 % geschlossene Zellen.

Zusatzmittel

Durch Zugabe von Beschleunigern, Schaumstabilisatoren und je nach Rezeptur von wasserhaltigen Emulgatoren wird die Reaktion gesteuert und die Struktur des Schaumstoffes bestimmt.

Für den Einsatz im Bausektor werden besondere Schaumtypen normal entflammbar (B 2) oder schwer entflammbar (B 1) gemäß DIN 4102 eingestellt. Von Nachteil ist dabei, daß manche zusätzlichen Flammschutzmittel auf den Schaum einen weichmachenden Effekt ausüben und u. U. die Temperaturfestigkeit verringern. Der Endwert für die Flammwidrigkeit wird erst nach ca. 6 Wochen erreicht.

Bei Schaum-Verbundkonstruktionen (Sandwich-Bauweisen) wird die Brandsicherheit dadurch verringert, daß bei Temperaturen über + 250 ° C der Schaumkern chemisch zersetzt wird; die Kern-Deckschicht-Verbindung wird durch die einsetzende Gasentwicklung gesprengt. Zur Herstellung brandgefährdeter Bauteile kombiniert man die Deckschichten mit sogen. „Hitze-Sperren“ (z. B. Vermiculite-Platten von 15–20 mm Dicke), die zwischen Deckschicht und Schaumstützkern angeordnet und vor dem Ausschäumen in die vorbereitete Hohlkonstruktion eingepaßt werden. Für die Verbindung der Vermiculite- und Deckschicht-Platten verwendet man einen flammfesten Kleber, der die Stützfähigkeit auch im Brandfall gewährleistet.

Die „Hitze-Sperre“ bewirkt z. B., daß sich im Brandfall bei Temperaturen von + 800 ° C in der Schaumoberfläche erst nach 30–40 Minuten eine Temperatur von ungefähr + 150 ° C gebildet hat. Dieser zusätzliche Schutz ermöglicht ein breiteres Einsatzgebiet der PU-Schaumstoffe auf dem Bausektor.

Füllstoffe

Polyurethan-Schaumstoffe können praktisch mit allen Füllstoffen versetzt werden, die sich auch zur Verarbeitung mit Polyesterharz eignen. Häufig eingesetzt werden Aluminiumsilikate, Schwerspate, Sand, Quarzmehl, Blähton usw. Interessant ist die Anwendung von

Glasfasern, die sich im aufsteigenden Schaum parallel zur Steigrichtung anordnen und dem ausgehärteten Schaum höhere Zug- und Biegefestigkeit vermitteln.

Man erreicht durch Zugabe von Füllstoffen eine Verbesserung der mechanischen und thermischen Stabilität. Eine Zunahme der Schwerentflammbarkeit kann auch durch Zuschlagstoffe wie Aluminiumhydroxid oder Antimonoxid bewirkt werden.

Der Feuchtigkeitsgehalt von Füllstoffen muß möglichst gering sein, da bereits Spuren von Wasser die Aufschäumung beschleunigen und verstärken.

Eine Einsparung an Schaumgemisch kann durch Vermischen mit Füllstoffen nicht erzielt werden, da die schaumfähige Mischung durch Reibungsverluste hoch verdichtet wird und ein mehrfaches des angegebenen Raumgewichtes erreicht.

Welche Bedeutung hat die Struktur der Schaumstoffe?

Diese Schaumkunststoffe nehmen in der Gruppe der synthetischen Leichtstoffe eine Sonderstellung ein.

Sie zeichnen sich durch besonders niedrige Raumgewichte und dadurch bedingte sehr gute Isolierfähigkeit aus.

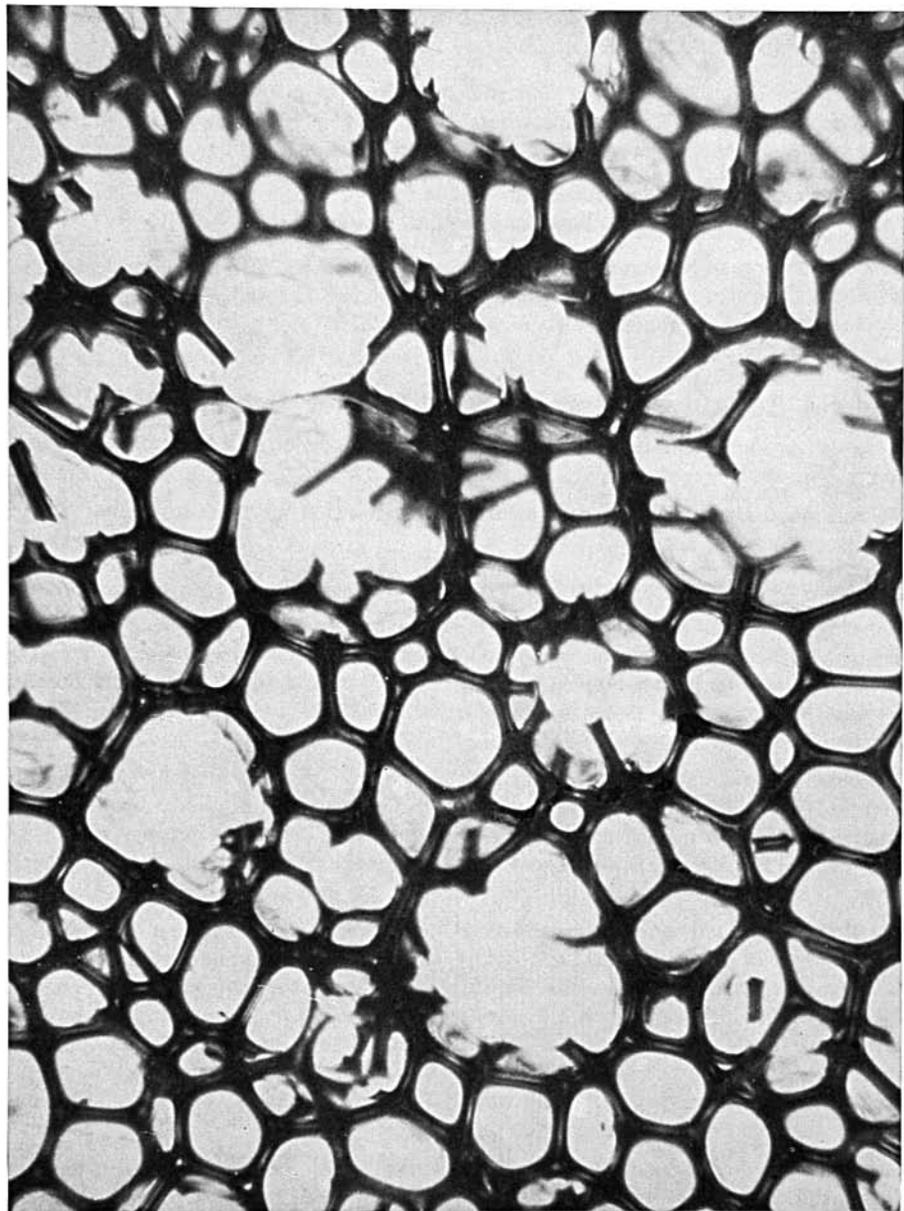
Wie lassen sich diese überraschenden Eigenschaften erklären?

Eingeschlossene Luft hat den Vorteil, daß sie bei normalem Druck nichts wiegt. Luft- oder gasförmige Stoffe sind schlechte Wärmeleiter, also gute Isolierstoffe. Diese Isoliereigenschaft kann man noch ganz erheblich verstärken, wenn man die Luft- oder Gasteilchen in einzelne Kammern, bzw. Zellen einschließt, damit die Luft-, bzw. die Gasteilchen nicht wandern können.

Das beste Beispiel dafür gibt die Natur. Pelztiere legen sich ein Winterfell zu, Vögel plustern ihr Federkleid auf — sie vergrößern damit die Anzahl der Luftporen, die zwischen Haaren und Federn eingeschlossen sind und verbessern damit den Wärmeschutz ihres Felles oder Federkleides. Die Fellhaare und Federn selbst haben dabei nur die Funktion eines Trägerstoffes.

Je feinzelliger im fertigen Schaumstoff die Hohlräume ausfallen, desto günstiger werden die isolierenden Eigenschaften. Stein- und Glaswolle, Watte und andere faserige Stoffe isolieren auch, weil die Fasern das Wandern der Gasteilchen weitgehend bremsen. Sie können **aber nicht verhindern**, wodurch eine nur unvollständige Isolation erreicht wird. Diese Isolierstoffe können aber nur wenig Druckkräfte aufnehmen. Sie drücken sich zusammen, wodurch die Luft entweicht und die guten Isoliereigenschaften stark beeinträchtigt werden. Derselbe negative Effekt wird z. B. durch Aufnahme von Feuchtigkeit und Wasser aus dem Erdreich oder der Luft bewirkt.

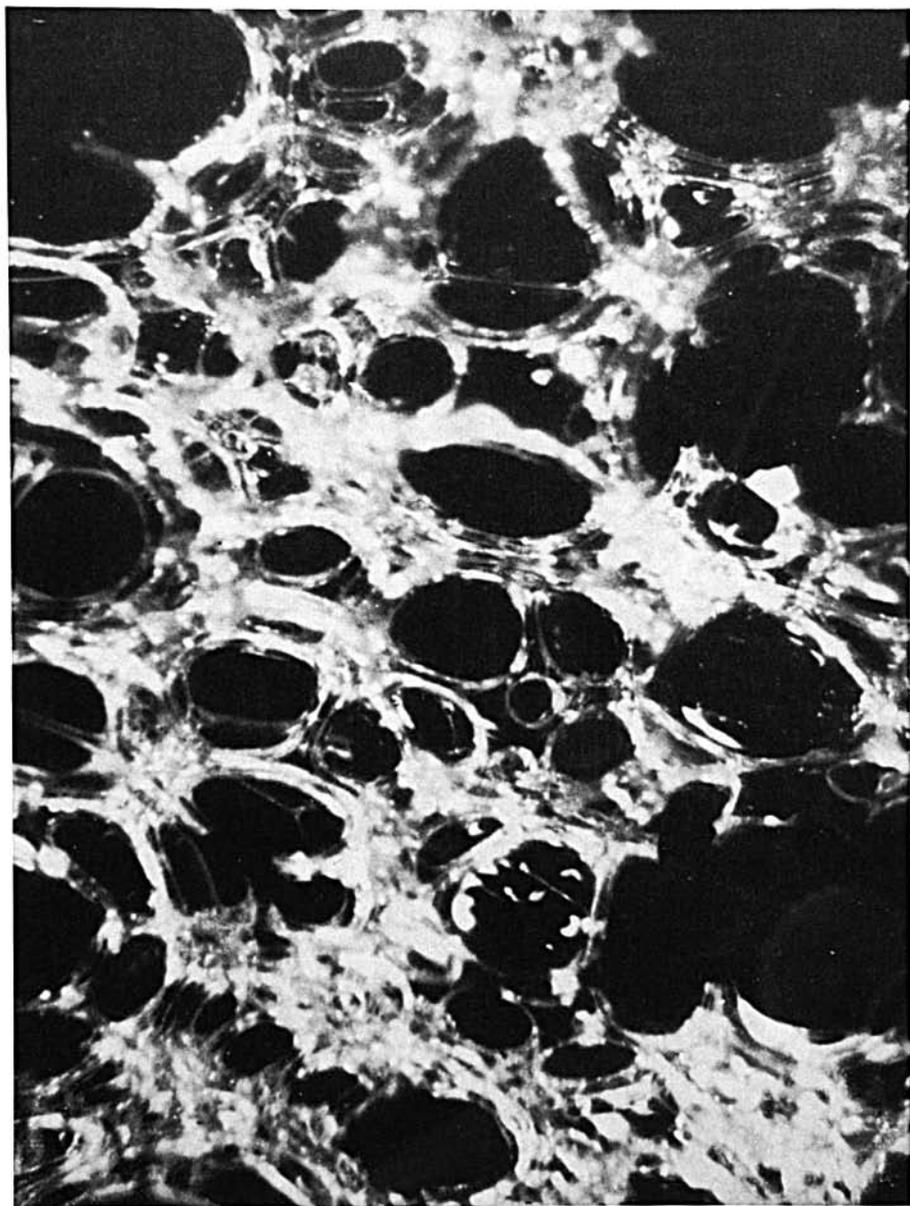
Ganz anders verhalten sich Polyurethan-Schaumstoffe. Sie unterscheiden sich in ihrer Zellstruktur, die besonders die isoliertechnischen und mechanischen Eigenschaften mitbestimmt. Bei überwiegend geschlossenzelligen Schaumstoffen umhüllt der Kunststoff die während des Treibprozesses entstehenden Gasbläschen von allen Seiten, so daß die einzelnen Zellen keine Verbindung untereinander haben.



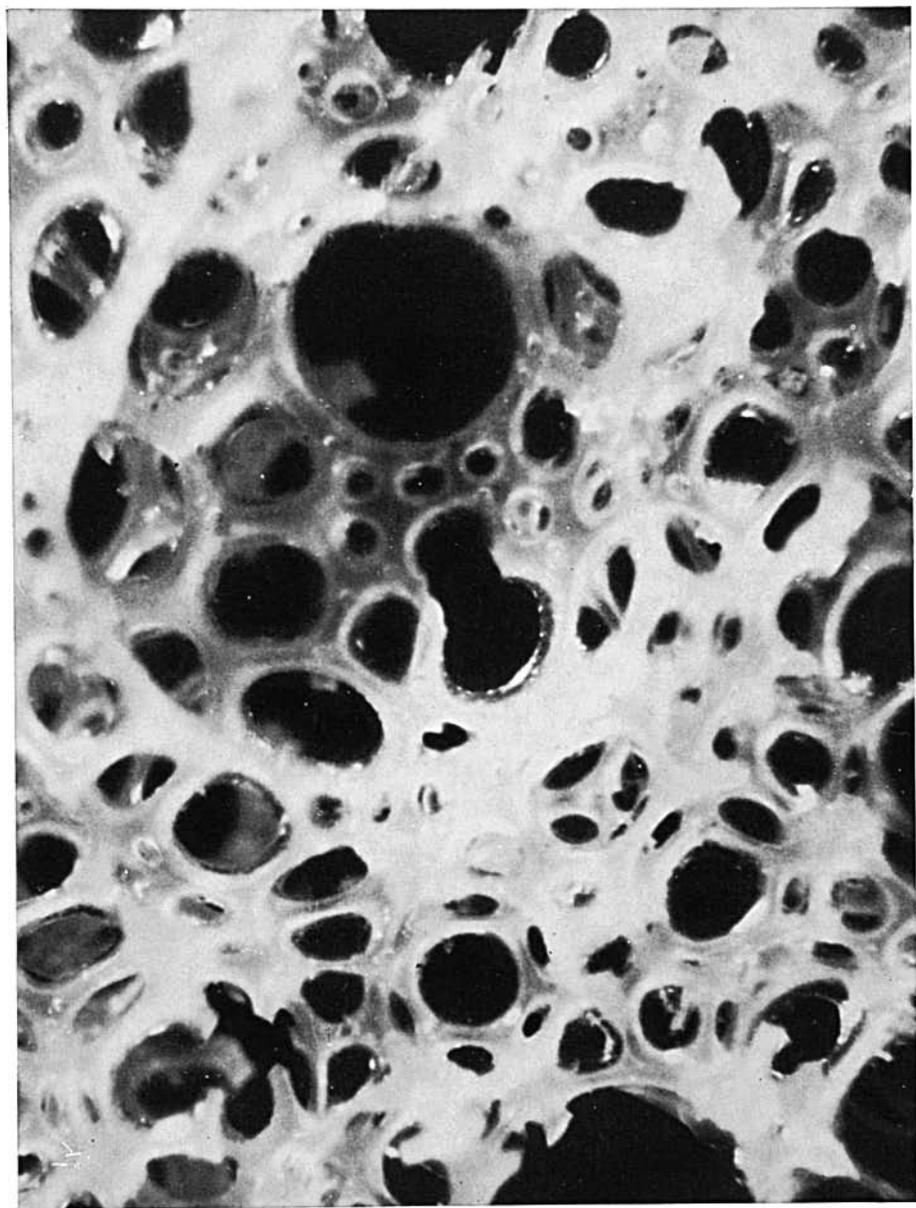
Hart-Schaumstoff HR — maschinell verschäumt — Vergrößerung total 50 : 1, Hellfeld-
aufnahme mit Stereomikroskop WILD M 5



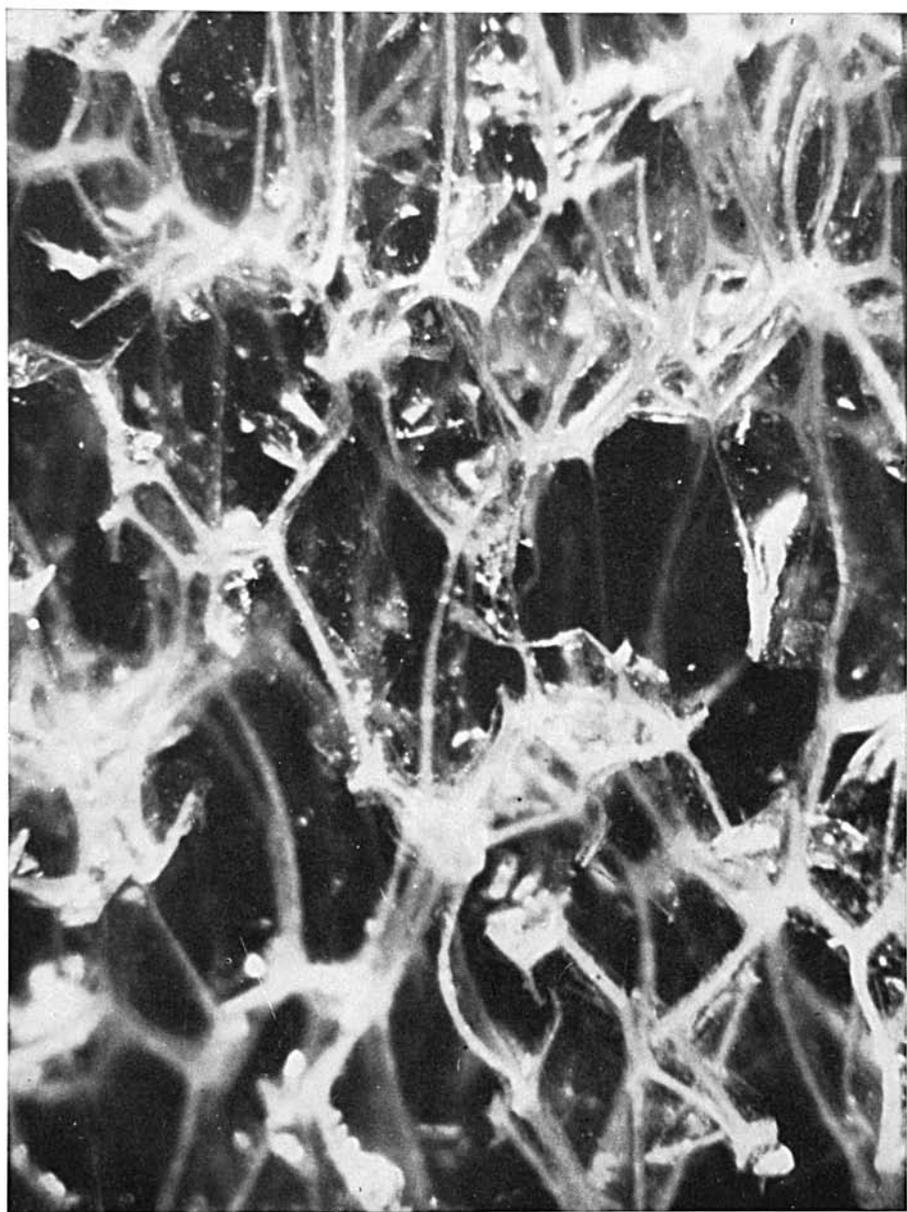
Hart-Schaumstoff HR — manuell verschäumt — Vergrößerung ca. 500 : 1, Aufnahme mit
Auflichtmikroskop WILD M 5



Zäh-elastischer Schaumstoff ZR — maschinell verschäumt — Vergrößerung total 50 : 1,
Dunkelfeldaufnahme mit Stereomikroskop WILD M 5



Elastischer Schaumstoff WR — maschinell verschäumt — Vergrößerung total 50 : 1, Dunkelfeldaufnahme mit Stereomikroskop WILD M 5



Halbharter Füllschaum **FR** — **maschinell** verschäumt — Vergrößerung total 50 : 1, Dunkel-
feldaufnahme mit Stereomikroskop **WILD M 5**

Die Micro-Aufnahmen zeigen deutlich, daß die Zellen eine kugel- bis birnenförmige Gestalt besitzen. Letzteres wird mehr oder weniger stark durch eine Dehnung der Schaumbläschen in Steigrichtung verursacht. Theoretisch hat eine „ideale“ Schaumzelle im Schnitt eine sechseckige Wabenform (Photos 1—5). Die Photos lassen jedoch erkennen, daß die Struktur der einzelnen Schäume entsprechend ihren besonderen Eigenschaften von dem theoretischen Modell mehr oder minder stark abweichen.

Das hat zwei Vorteile:

1. durch die erstarrten oder zumindest zähen Wandungen der Zellen kann man je nach Starrheit Druckkräfte übertragen und hält
2. gleichzeitig die Gasteilchen voneinander getrennt.

Die Trennwände zwischen den Gasbläschen dürfen jedoch nicht zu dick sein, da sie sonst „Wärmebrücken“ im Stützgerüst bilden und auch leicht brechen. Sind sie hingegen zu dünn, werden sie gasdurchlässig und verlieren ihre Stabilität.

Im Hartschaum ist eine Zellwandung so ausgebildet, daß sie sich bei Belastung gering durchbiegen kann.

Sie würde aber bei schwachem Druck platzen, wenn nicht die Gasfüllung der benachbarten Zellen zusätzlich eine Stützwirkung ausübte. Die Belastbarkeit des Schaumstoffgefüges wird durch diesen Effekt merklich verbessert.

Geschlossenzellige Schäume (harte bis halbharte Polyurethan-Schaumtypen)

haben erheblich höhere Festigkeiten, weil bei einer Druckbelastung nicht nur die Wandung den Druck aufnimmt, sondern auch das eingeschlossene Gas.

Bei offenzelligen Schaumstoffen

(weich- bis zähe-elastische PU-Schäume) sind die Gasbläschen durch Kanäle miteinander verbunden, da die Zellen im Erstarrungsmoment aufplatzen (s. Abschnitt: „Treibmittel“). Die Zellstruktur wird immer vom verwendeten Treibmittel, von der Aufschäumzeit, den Verarbeitungstemperaturen und dem Außendruck bestimmt. Zwischen zäh-hart und weich-elastisch kann je nach Kunststofftype die gewünschte Einstellung gewählt werden.

Die Eigenschaften der PUR-Schaumstoffe

werden bestimmt durch die Anzahl und Verteilung der Zellen.

Da das Schaumstoffgefüge überwiegend (bis zu ca. 98 %) aus mit Treibgas gefüllten Hohlräumen besteht, ist die Wärmeleitfähigkeit dieses Gases besonders wichtig.

Luft besteht aus ca. $\frac{4}{5}$ Stickstoff, $\frac{1}{5}$ Sauerstoff, sowie einem geringen Prozentsatz Kohlendioxid (CO_2) und anderer Gase. Diese Gase haben alle unterschiedliche Wärmeleitfähigkeiten. Man hat jetzt nach Treibmitteln gesucht, welche einen für unsere Zwecke günstigeren d. h. niedrigeren Wärmeleitwert aufweisen – also in der Isolierwirkung besser sind. Dabei hat man festgestellt, daß mit Monofluortrichlormethan hergestellte Schäume eine um 60–100 % bessere Isolierwirkung haben, als mit Kohlendioxid ge-

triebene Schaumstoffe. Hinzu kommt noch, daß Kohlendioxyd aus dem Schaum schon nach kurzer Zeit ausdiffundiert und durch ein für unsere Zwecke ungünstigeres Gas, d. h. Luft ersetzt wird. Monofluortrichlormethan besitzt dagegen im Schaumgerüst eine sehr geringe Löslichkeit, ein Ausdiffundieren ist praktisch nicht möglich.

Die Bedeutung der Wärmeleitzahlen:

Für den Techniker, der tagtäglich Isolieraufgaben zu lösen hat, sind Begriffe wie „Wärmeleitung“ und „Wärmeübergang“ geläufig. Das Rechnen mit Wärmeleitzahlen — die zahlenmäßige Festlegung der Wärmeleitung — gehört zu seinem technischen Rüstzeug.

Versuchen wir einmal, uns die Vorgänge des Wärmetransportes vorzustellen.

Jeder feste, flüssige oder gasförmige Körper leitet Wärme.

Je schlechter die Wärmeleitfähigkeit, desto besser der Wärmeschutz! Ein zu beheizender Raum wird auf eine bestimmte Temperatur gebracht. Da zur Außentemperatur hin ein natürliches Gefälle besteht, fließt dauernd Wärmeenergie ab und muß ständig durch Zuführung neuer Energie ausgeglichen werden. Die gleichen Vorgänge spielen sich in umgekehrter Richtung bei Tiefkühlräumen ab. Daher versucht man, durch Isolierschichten den Wärmeverlust bzw. Kälteverlust innerhalb der Bauteile gering zu halten. Daher eignen sich Polyurethan-Hartschaumstoffe besonders gut für diesen Zweck.

Jedes Isoliermaterial besteht aus verteilt angeordnetem Feststoff sowie aus Gas- (Luft-) Anteilen und besitzt einen schwankenden Feuchtigkeitsgehalt. Eine Berechnung des Wärmetransportes ist daher sehr kompliziert und würde an dieser Stelle zu weit führen.

Die Wärmeleitzahl eines Isolierstoffes hängt von drei verschiedenen Faktoren ab:

1. Wärmeleitzahl des Feststoffes
2. Wärmeleitzahl des Gases oder ggf. der Luft.
3. Wärmeleitzahl der anteilig enthaltenen Feuchtigkeit.

Die Wärmeleitzahl gibt die Wärmemenge an, die in einer Stunde bei bestehendem Temperaturgefälle von 1 °C durch 1 m² einer 1 m dicken Wandung hindurchgeht (W / [m · K]). Nachstehend zur Übersicht die Wärmeleitzahlen der Gastypen, die z. Z. als Hauptbestandteile der gebräuchlichen Isolierstoffe dienen:

Wärmeleitzahl von Luft bei 20 °C gleich ca. 0,022

Wärmeleitzahl von CO₂ bei 20 °C ca. 0,014

Wärmeleitzahl von Monofluortrichlormethan-Gas bei 20 °C ca. 0,009

Die **Wärmeleitzahl** eines mit **Monofluortrichlormethan** erzeugten PU-Hart-Schaumes liegt bei ca. **0,020** (bei 20 °C), während man bei **anderen Treibverfahren** Werte von mehr als **0,030** gemessen hat. Vergleichszahlen hierüber finden Sie im Abschnitt „Isolieren“.

Da kohlendioxid-getriebene PUR-Hartschäume keine wesentlich bessere Isolierfähigkeit als Polystyrol-Schaumstoffe aufweisen und für Kälte-Wärme-Isolierung in gleichen Wandstärken eingesetzt werden müssen, konnten sie die gebräuchlichen Isolierstoffe nicht verdrängen.

Bei Durchführung einer Isolieraufgabe kann hingegen bei Verwendung physikalisch-getriebener Hartschäume die Stärke der isolierenden Schicht wesentlich reduziert werden. Besonders der Industrie bietet sich durch geringere Wandstärke eine erhebliche Raumersparnis, so daß also der momentan etwas höhere Materialpreis der PUR-Schaumstoffe durch kleinere Verbrauchsmengen ausgeglichen wird. Da PUR-Weichschäume nicht für thermische Isolierungen eingesetzt werden, ist ein Vergleich zu anderen Isolierstoffen nicht von Interesse. Der Vollständigkeit halber sollen aber die Wärmeleitahlen genannt werden:

Bei fein- bis grobporiger Struktur schwanken sie zwischen 0,033 und 0,040. Wie bereits erwähnt, sind diese im chemischen Treibverfahren hergestellten Schäume überwiegend offenzellig.

Bei einer Wärmeleitahl von 0,022 für unseren Schaumstoff-Typ „HR“ zeigt ein Vergleich mit anderen Bau- und Isolierstoffen, daß die Isolierwirkung einer **1 cm dicken Polyurethan-Hartschaumschicht** gleichzusetzen ist mit.

- 1,4 bis 1,8 cm Polystyrolschaum,
- 1,75 cm Mineralwolle (Glaswolle bzw. Steinwolle),
- 2 cm Kork,
- 4 cm Holzwoollplatte,
- 5— 8 cm Holz,
- 12—25 cm normales Mauerwerk oder
- 40—60 cm Beton.

Kostenmäßig ergibt sich bei etwa gleichen Isoliereigenschaften folgendes Bild (Polystyrolschaum = 1 Kosten-Einheit)

3 cm Polystyrolschaum	1,0 KE
3 cm Korkplatte	0,9 KE
2 cm Polyurethanschaum (HR)	0,7 KE

(Dieser Aufstellung liegen Händlerpreise zugrunde).

Diese Werte geben einen ungefähren Maßstab für die hervorragende Eignung von PUR-Isolier-Schaumstoffen.

Bedeutung der Wasserdampf-Diffusion (Wanderung)

Die Bewegungsvorgänge der Wasserdampfdiffusion können mit denen des Wärmedurchganges in einer Wand verglichen werden. Verschieden hohe Dampfdrücke an beiden Grenzflächen einer Decke oder Wand führen naturgemäß zu einem Eindringen des Dampfes (sogen. Dampfdiffusion), die eine Durchfeuchtung dieser Bauteile zur Folge hat. Der Widerstand eines Isolier- oder Baustoffes gegen diesen Dampfdurchgang wird als Vergleichszahl zu Luft (in gleicher Schichtdicke) angegeben und als Diffusionswiderstandsfaktor bezeichnet. Ein solcher Faktor von 10 bedeutet also, daß dieser Baustoff einen 10mal so großen Widerstand gegen Wasserdampfdurchgang aufweist wie Luft.

Diffusionswiderstandsfaktoren verschiedener Bau- und Isolierstoffe

	Raumgewicht kg/m ³	Diffusionswiderstandsfaktor (dimensionslos)
Hartschaumtyp „HR“	40	50–70
Polystyrolschaum	20–25	40–70
Isoharzschaum (Harnstoff-Formaldehyd)	6–12	3–5
Phenolharzschaum	55	62
Bimsbeton	700–1000	2–6
Mauerziegel	1500–1800	9–10
Asbestzement	1700	60
Bitumenpappe je Lage	–	30.000–50.000
Bitumen in „porenfreier“ Aufbringung	–	30.000–150.000
Polyäthylenfolie 0,05 mm	–	50.000
GFK = 1 Lage 450 g/m ² -Matte + Laminierharz mit 0,5 mm dicker	–	–
Feinschicht	–	170.500
Metallfolie (Aluminium)	–	∞

Formbeständigkeit bei Temperatureinfluß

Die Formbeständigkeit oder auch Konturstabilität bei sehr hohen und tiefen Temperaturen ist unter anderem abhängig von der Art und Menge des Treibmittels. Dem ausschließlich mit Monofluortrichlormethan getriebenen PU-Hart-Schaumstoff sind gewisse Grenzen gesetzt. Er wird hauptsächlich zwischen -40°C und $+100^{\circ}\text{C}$ eingesetzt werden.

Eine Erweiterung des Temperaturbereichs erreicht man durch geringe Zugabe von Kohlendioxyd als Treibmittel. Der Schaumstoff hat dann eine Stabilität von -50° bis $+120^{\circ}\text{C}$. Dabei wird die Wärmeleitzahl von dem geringen CO_2 -Anteil noch nicht wesentlich beeinflusst. Wird nur Kohlendioxyd als Treibmittel verwendet, bleibt die Schaumstoffkontur sogar bei -150° bis $+130^{\circ}\text{C}$ bestehen.

Diese Temperaturgrenzen sind in jedem Fall auch vom Raumgewicht abhängig, das mindestens 30 kg/m^3 betragen soll. Ein Hartschaum mit hohem Raumgewicht ist durch die höhere Stabilität des Gerüsts eher in der Lage, dem temperaturabhängigen Über- oder Unterdruck des Monofluortrichlormethandampfes in den geschlossenen Zellen standzuhalten. Daraus ergibt sich die bessere Dimensionsbeständigkeit bei hohen und tiefen Temperaturen.

Die Temperaturstandfestigkeit des Kunststoffgerüsts selbst liegt bei ca. $+120^{\circ}\text{C}$. Bei höheren Dauertemperaturen beginnt der Schaumstoff zu erweichen und ist unter Druckbelastung verformbar.

Als zusätzlichen Schutz kann man die zu isolierenden Flächen mit Glasfasermatten belegen und damit eine Stabilisierung der Hartschaumoberfläche erreichen.

Die Dauerbelastung von mehr als $+110^{\circ}\text{C}$ erlaubt die Verwendung heiß härtbarer Klebstoffe sowie Einbrennlacke als auch das Aufbringen von Beschichtungen und Verguß-

massen auf Bitumenbasis. Dabei sind **kurzfristig** Temperaturspitzen bis $+ 200^{\circ} \text{C}$ für den Schaum verträglich.

Unser Hartschaumtyp „HR“ hat bei Dauerbelastung von 16 Stunden bei $+ 110^{\circ} \text{C}$ eine Längenänderung von ca. 2 % (Schrumpfung). Bei einer Temperatur von $- 40^{\circ} \text{C}$ ist nach 10 Stunden keine Längenänderung meßbar.

Die entsprechenden Werte für die Temperaturstandfestigkeit sind für jeden Typ unserer Schaumstoff-Palette (siehe Anlage) aufgeführt. Besondere Beachtung finden diese Werte beim Einsatz der Schaumstoffe als Bauplatten und -Elemente, da neben sehr tiefen Temperaturen z. B. starker Frost auch Oberflächentemperaturen von $+ 90^{\circ} \text{C}$ durch längere Sonneneinstrahlung auftreten.

Zur Bestimmung der Gebrauchstemperaturen (Dauerbelastung) werden die in der Schaum-Tabelle angegebenen Zahlenwerte reduziert.

Wasseraufnahme

Ein allseitig geschnittener, in Wasser untergetauchter Hartschaumwürfel der Dichte 25 kg/m^3 , mit Monofluortrichlormethan geschäumt hat nach 24 Stunden eine Wasseraufnahme von 0,5 Vol. % (bei 20°C). Dabei muß berücksichtigt werden, daß die an der Oberfläche liegenden aufgeschnittenen Zellen eine hohe Wasseraufnahme bewirken, ohne daß die

Feuchtigkeit tiefer eindringt. Bei geschlossener Schäumhaut ist daher die Wasseraufnahme äußerst gering (unter 0,1 Vol. %). Bei längerer Einlagerung eines aufgeschnittenen Würfels steigt die maximale Wasseraufnahme auf 2–2,5 Vol. %.

Ein mit Kohlendioxid getriebener Hartschaumwürfel hat aufgrund seines höheren Anteils offener Zellen eine Wasseraufnahme von ca. 3–5 Vol. %.

PU-Weichschäume, die z. T. zu Schwämmen verarbeitbar sind, weisen eine bedeutend höhere Wasseraufnahme auf, die aber erwünscht ist. Sie sind wasserbeständig und waschfest.

Wärmestau-Schrumpfung

Gasförmige Stoffe können Festkörper durchdringen, indem sie diese schwach anlösen und durch die Zellwandung diffundieren. Dieser Vorgang ist abhängig von der Löslichkeit des Gases in der Zellwandung.

Im Gegensatz zu CO_2 ist die geringe Löslichkeit des Monofluortrichlormethans im Schaumerüst sehr erwünscht und verhindert eine Schrumpfung unter normalen Bedingungen fast vollständig. Werden aber größere Formteile aus Hartschaumstoff in einem Arbeitsgang frei geschäumt, kann es zu Schrumpferscheinungen kommen. Die Ursache hierfür kann ein Wärmestau sein, der ein stärkeres Ausdiffundieren des Treibgases und eine damit verbundene Kontraktion bewirkt. Diese Schrumpfung kann größtenteils durch eine Druckverschäumung **oder Übernetzung** verhindert werden. Man arbeitet in diesem Fall mit Überschichtungen im Gießverfahren durch lagenweises Spritzen größerer Flächen oder Verschäumung in geschlossenen Formen (ausführliche Beschreibung: s. Abschnitt „Verschäumung und Weiterbearbeitung“).

Bei Herstellung sehr großer Formteile kann der entstehende Wärmestau im Schaumkern zu Verbrennungen führen, die sich durch gelbe bis braune Verfärbung des Schaumes bemerkbar machen und die mechanischen Festigkeiten verringern. Daher soll auch hier das Überschichtungsverfahren angewandt werden, um das Risiko eines Wärmestaus auszuschalten.

Mechanische Festigkeiten

Die Werte für **Druck-, Biege- und Zugfestigkeit** hängen von 3 Faktoren ab:

1. dem entstehenden Raumgewicht,
2. dem verwendeten Treibmittel und
3. vom jeweiligen Schäumverfahren (Größe der Zellen)

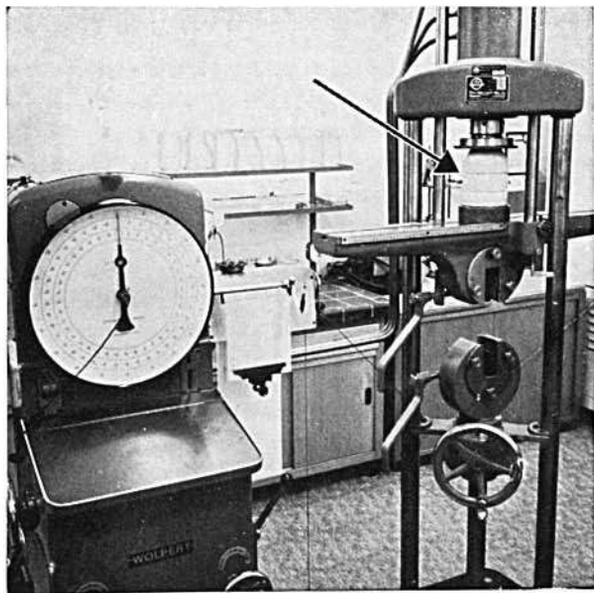
Durch Wahl der verschieden modifizierten Grundkomponenten A und der Vernetzkomponenten B erfolgt die Einstellung der Schaumstruktur. Unser umfangreiches Typenprogramm bietet Ihnen harte, halbharte, zähelastische und weiche Schaumstoffe (s. Beilage: Schaumstoffpalette), die wiederum in verschiedene Raumgewichte unterteilt sind.

In der Gruppe der halbharten und harten Schaumstoffe nehmen von den halbharten zu den harten Typen hin **Druck- und Zugfestigkeit, Verformungswiderstand und Abriebfestigkeit** zu.

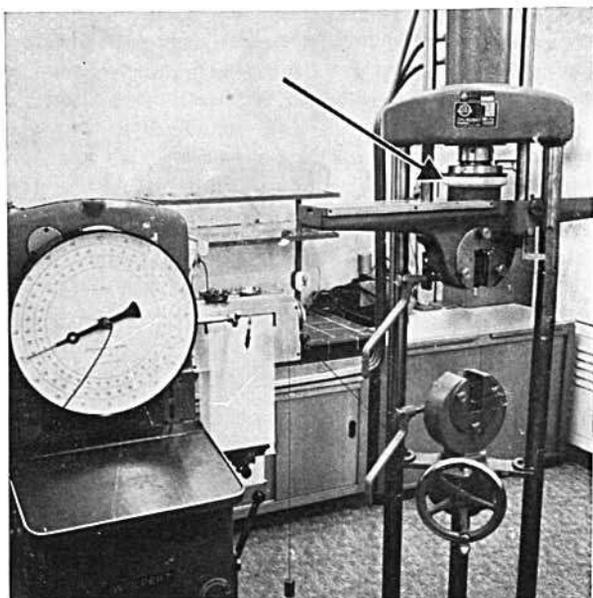
Zäh- und weich-elastische Schäume zeichnen sich dadurch aus, daß sie Druck- und Zugbelastungen geringeren Widerstand entgegen setzen. Eine Verformung bleibt daher immer elastisch. Das Zurückfedern in die ursprüngliche Form wird als „**Polstereffekt**“ bezeichnet und ist je nach Raumgewicht und Zusammensetzung des Kunststoff-Rohstoffes unterschiedlich.

Druckversuch an einem Stoßstangenpuffer aus zähelastischem Schaumstoff

a) Schaumpuffer zu Beginn des Druckversuches (siehe Pfeil)



b) Schaumpuffer unter höchster Druckbelastung (siehe Pfeil)



Die ausgezeichnete **Haftfestigkeit** der PU-Schäume auf fast allen Werkstoffen ist besonders für die Fertigung von Verbundelementen wichtig. Die Verbindung mit Deckschichten wie Aluminium- und Stahlbleche, Sperrholz, mineralische Baustoffe, Kunststoff-Schichtpreßstoffe etc. ist **ohne zusätzliche Verklebung** beim direkten Aufschäumen gewährleistet. Zur Verbesserung der Haftkraft auf Metallen sind Haftvermittler vorhanden.

Es ist darauf zu achten, daß die Oberflächen fett- und staubfrei sind. Bei sehr glatten Oberflächen ist es vorteilhaft, durch Aufkleben von Fasermatten aus Moltacryl oder Glaswollevlies die Haftfestigkeit des Schaumes zu verbessern. Die Haftung auf Polyäthylen ist sehr schlecht, daher eignet sich dieses Material sehr gut als Trennfolie.

Die Vibrationsfestigkeit

ist bei mittleren Raumgewichten (z. B. Typ „HR“) ausreichend, kann aber durch Randzonenverdichtung **wesentlich verbessert** werden. Noch günstiger liegt diese Festigkeit bei zäh- und weich-elastischen Schaumstoffen.

Korrosions- und Chemikalienbeständigkeit

Polyurethan-Schaumstoffe sind sowohl bei Lagerung im Erdreich als auch gegenüber Witterungseinflüssen (Freibewitterung) verrottungsbeständig. Die mit der Zeit auftretende Braunfärbung der Oberfläche (Vergilbung) hat nach bisher vorliegenden Erfahrungen keinen Einfluß auf die Festigkeit des Materials, wenn man von einer gewissen Versprödung der Oberfläche einmal absieht.

Bei kurzzeitiger Lagerung in verdünnten Säuren und Laugen, Leichtbenzin, Dieselmotorenstoff, aliphatischen Kohlenwasserstoffen, Industrie-Atmosphäre (SO_2), Süß- und Meer-

wasser sind PU-Hart-Schaumstoffe beständig. Alkohol, Ester und aromatische Kohlenwasserstoffe (Benzol, Toluol, Styrol usw.) greifen die Hartschaumstoffe an und quellen sie auf. Bei nachträglicher Beschichtung des Schaumes mit Polyester und Glasseide soll daher die Einwirkungsdauer des Styrols durch Verkürzung der Topfzeit auf ca. 5 Min. verringert werden. Auftretende Berührungen der Schaumkörper mit Treibstoffen, Betonmischungen, Bitumen usw. sind ohne Einfluß auf ihre Eigenschaften.

Wie die mechanischen Festigkeiten, so sind auch die chemischen Beständigkeiten der Weichschäume von ihrer Zellstruktur abhängig. Der Angriff aggressiver Medien wird durch deren leichtes Eindringen in den Schaum verstärkt. Das Einwirken von handelsüblichen Reinigungsmitteln, verdünnten Säuren, Laugen und Mineralölen ist unbedenklich. Weichschäume sind u. a. waschfest.

Schalltechnische Eigenschaften

Auf Grund ihrer Struktur — offene oder teilweise geöffnete Zellen — besitzen weichelastische bis halbhart PU-Schaumstoffe günstige Schallschluckeigenschaften. Diese Systeme weisen eine Variationsbreite auf, die von weichen bis zu harten, von offenporigen bis zu geschlossenporigen, von grobzelligen bis zu feinzelligen Schaumstoffen mit niedrigen (ca. 12 kg/m³) und hohen Raumgewichten (über 250 kg/m³) reicht.

Bevor die verschiedenen Schalldämmmaßnahmen beschrieben werden, wollen wir auf die physikalische Erscheinung der „Schallübertragung“ eingehen, ohne jedoch die einzelnen Vorgänge der Raumakustik näher zu beleuchten. Unter „Schall“ verstehen wir mechanische, wellenförmige Schwingungen, die sich in festen, flüssigen oder gasförmigen Körpern ausbreiten und im für uns hörbaren Schwingungsbereich (ca. 16 bis 20 000 Hz) liegen.

Die Schalldämmung ist ganz allgemein eine Maßnahme zur Verringerung oder völligen Unterbindung der Schallübertragung.

Man unterscheidet zwischen Luftschall (Übertragung der Schwingungen durch die Luft), Körperschall (Übertragung der Schwingungen durch feste Körper) und Trittschall (Übertragung der Schwingungen durch feste Körper — z. B. Fußboden). Eine ausreichende **Luftschalldämmung** kann entweder durch dickwandige Bauteile oder durch Einsatz mehrschaliger Wände oder Decken, deren einzelne Schichten durch Luft- oder Dämmschichten getrennt sind, erreicht werden.

Einschalige Wände haben mit steigendem Wandgewicht eine zunehmend gute Luftschalldämmung, da ihre „Membranwirkung“ verringert wird (Aufnahme der Schallschwingungen, „Mitschwingen“ der starren Wandschale und Weiterleiten der Schwingungen an die Luftschicht des benachbarten Raumes).

Die Dämmwirkung wird außerdem von der Luftdurchlässigkeit und der Steifheit der Wand- oder Decken-Elemente beinflusst. Der Aufbau mehrschaliger Bauelemente, der Einfluß ihres Gewichts und ihrer Biegesteifigkeit auf die Luftschalldämmung sind in verschiedenen bautechnischen Abhandlungen erläutert worden und werden an dieser Stelle vernachlässigt. In zweischaligen Bauteilen bewirkt die Verwendung **offenporiger, elastischer PU-Schäume** als Zwischenschicht eine erhöhte Luftschalldämmung, da sich keine Schallbrücken und somit keine Querschwingungen bilden.

Der Körperschall verbreitet sich in dichten Baustoffen, Stahl und sonstigen Massivkonstruktionen sehr schnell und kann sich als Luftschall fortpflanzen. Als Dämmstoffe werden daher weichelastische PU-Schaumstoffe eingesetzt, die als federnde Zwischenschichten Verwendung finden und durch ihre offenporige Struktur schallschluckend wirken. Sie werden entweder als vorgefertigte Platten oder Formteile verarbeitet oder im Spritzverfahren als fugenlose Dämmschichten aufgebracht.

Der Trittschall ist eine Variante des Körperschalls und kann durch Anwendung von „schwimmenden Estrichen“ gedämmt werden.

Ein „schwimmender Estrich“ besteht aus einer Estrichplatte mit hohem Flächengewicht auf einer elastischen Dämmschicht, die ein gutes Federungsverhalten zeigt. Man bezeichnet diese Eigenschaft als „geringe dynamische Steifigkeit“.

Durch Kaschieren von Schaumstoffbahnen mit Fußbodenplatten (PVC, Textil etc.) kann ebenfalls eine Trittschalldämmung erreicht werden.

Die Schallschluckeigenschaften der **offenzelligen** Schaumstoffe sind abhängig von der Schichtdicke, dem Raumgewicht, der Zahl der offenen Poren und dem Strömungswiderstand. Günstige Schallschluckwerte ergeben offenporige Schäume mit einem Raumgewicht von ca. 20 kg/m^3 , wobei man unter Ausnutzung der natürlichen Schäumhaut mit relativ geringen Plattenstärken und Wandabständen (von ca. 3 cm) auskommt. Bei der Aufnahme (Absorption) von Schallwellen wird die Schallenergie durch Reibung innerhalb der offenen Zellen des Schaumstoffes überwiegend in Wärmeenergie umgesetzt. Diese akustische Absorption wird nur am Entstehungsort des Schalles wirksam. Sie reduziert außerdem die Nachhallzeit bzw. den Echoeffekt. Die Verwendung der offenzelligen PUR-Schäume kann in Form von Schallschluckplatten ohne und mit perforierter Abdeckfolie erfolgen.

Schaumpalette

PUR-Schaumstoffe zum Selbstaufschäumen stellen ein vielseitiges System dar, d. h. sie werden vom Hersteller für die verschiedensten Anwendungsbereiche und Arbeitsmethoden in bestimmten Raumgewichtsbereichen eingestellt (formuliert). So gibt es elastische Schäume mit einem Raumgewicht von $15 - 60 \text{ kg/m}^3$ und harte Schäume zwischen 12 und 250 kg/m^3 . Zwischen diesen Extremen liegt eine weite Palette verschiedenster Schäume, aus der wir verschiedene Raumgewichtsbereiche für unsere Standard-Schäume ausgewählt haben. Die beiliegende Tabelle zeigt die z. Z. lieferbaren Schaumtypen sowie ihre Eigenschaften und Anwendungen. Außerdem fertigen wir für spezielle Verarbeitungszwecke über die Standardtypen hinaus kundenbezogene Schaumsysteme.

Treibmittel

Um Treibmittelverluste ausgleichen zu können, kann flüssiges Treibmittel vom Typ 11 S hinzugegeben werden. Diese Type weist einen Siedepunkt von $+ 23,8^\circ\text{C}$ auf und wird in die A-Komponente, die hierfür nicht wärmer als $+ 20^\circ\text{C}$ sein darf, sorgfältig eingeehrt. Die Zugabe ist durch Versuche zu ermitteln.

Für die später beschriebene Vorschäum-Methode (Frothing-Verfahren), die nur mit Hilfe von Maschinen angewendet werden kann, kann das Treibmittel 12 S hinzudosiert werden, das einen Siedepunkt von $-29,8^{\circ}\text{C}$ hat.

Trennmittel

Für ein reibungsloses Entformen von Schaumkörpern ist eine Vorbehandlung der gesamten Formoberflächen mit Trennmitteln unerlässlich.

Es stehen 3 Trennmittel zur Verfügung, und zwar die Typen AFH, AFW und APW.

Die Trennmittel AFH und AFW sind Lösungen von Spezialwachsen in Chlorkohlenwasserstoffen und Benzinen. Die Type AFH mit hartem Film (leicht aufbauend) ist für alle Schaumtypen geeignet, während die Type AFW mit weichem Film speziell für Hartschäume entwickelt wurde und angewendet wird, wenn keine glatten Oberflächen vorhanden sind. Die Type APW entspricht der Type AFW, nur ist diese pastenförmig. Die Anwendung erfolgt wie o. a. und ist besonders bei porösen Grenzflächen wie z. B. rohem Holz zu empfehlen.

Die Verarbeitung der Trennmittel wird mit einem weichen Lappen vorgenommen. Die Typen AFH und AFW sind spritzbar, wobei eventuell eine Verdünnung mit Reinigungsmittel B notwendig ist.

Spülmittel

Reinigungsmittel C dient zum Reinigen von Mischköpfen und Pistolen bei der Maschinenverschäumung. Es reagiert nicht mit den noch flüssigen Grundkomponenten und wird direkt aus dem Anlieferungsgefäß in den vorgesehenen Spülmittel-tank der Schäum-Anlage eingefüllt und über getrennte Leitungen dem Mischkopf zum Ausblasen (z. B. nach Unterbrechung eines Spritzvorganges) zugeführt. Es ist nicht brennbar.

Dieses Spülmittel erhält durch Zugabe von ca. 5% Weichmacher einen schwachen Schmiereffekt. Es ist daher ideal zur Reinigung aller Misch-Kammern und Schläuche in Verschäumungsanlagen.

Universal-Reinigungsmittel DMSO

Zur Entfernung von ausgehärteten Schaumresten und Spritzern ist Dimethylsulfoxyd einsetzbar. Es ist unbrennbar und fast geruchlos, jedoch physiologisch bedenklich. Im frisch vernetzten Zustand lassen sich Schaumreste auch mit Aceton entfernen. DMSO ist eines der wirksamsten Lösungsmittel für Polyurethane und eignet sich sehr gut als Reinigungs-Lösungsmittel, es ist besonders wirksam, wenn es auf 130° bis 150°C erhitzt angewendet wird, wobei allerdings die Giftigkeit der Dämpfe zu berücksichtigen ist. Ebenso muß ein Hautkontakt vermieden werden. Wegen seiner Toxizität wird es jedoch praktisch kaum angewendet.

Schutzmaßnahmen

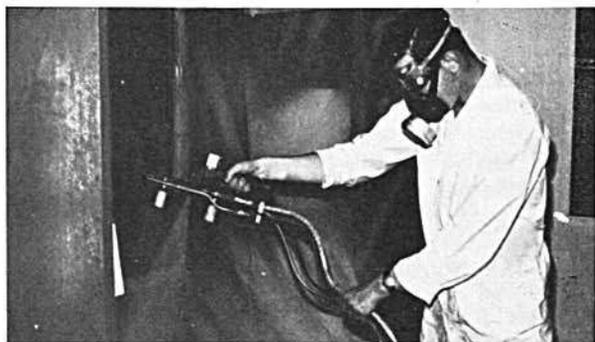
Bei der Verarbeitung von Zweikomponenten-Schaumsystemen ist eine Reihe von Vorsichtsmaßnahmen zu treffen, da die Vernetzerkomponente B Isocyanate enthält und somit gesundheitsschädlich ist. Bei ausgehärtetem Schaum ist keine gesundheitsschädliche Wirkung zu befürchten, wenn beide Komponenten im richtigen Mengenverhältnis (Toleranz $\pm 1\%$) gemischt werden. In diesem Falle ist nämlich das Isocyanat vollständig chemisch gebun-

den. Die fertigen Schäume sind also physiologisch unbedenklich. Trotzdem können noch freie Aktivator-Anteile (Amine) vorhanden sein, so daß Lebensmittel mit dem Schaum nicht direkt in Kontakt kommen sollten (Verkleidung). Für die Verarbeitung der flüssigen Komponenten gelten folgende Schutzvorschriften, auf deren Einhaltung geachtet werden sollte:

Gute Be- und Entlüftung der Arbeitsräume

Beim Einatmen der Dämpfe werden die Augen- und Nasenschleimhäute gereizt. Bei besonders empfindlichen, allergisch reagierenden Personen können sehr starke Reizerschei-

Beim Verspritzen von PUR-Schaumstoff wird eine Halb- oder Vollsichtsmaske mit Kohle-Filter getragen.



nungen (Atemnot, Schüttelfrost, Hustenreiz) auftreten, die jedoch in der Regel keine dauernden gesundheitlichen Schädigungen verursachen. Mit steigenden Temperaturen und besonders bei Verarbeitung im Sprühverfahren treten aber in verstärktem Maße feinste Tröpfchen (Aerosole) auf, die zur Schädigung der Atemwege führen können, wenn keine Schutzmaske getragen wird. Dies gilt nicht nur für den Verarbeiter selbst sondern auch für alle Personen, die sich in der Nähe aufhalten.

Es eignen sich hierzu Frischluftmasken, Vollsicht- und Halbmasken mit Kohle-Filter. Beim Vergießen größerer Schaummengen sind **Schutzbrillen** zu empfehlen, um Augenverletzungen durch ätzende Spritzer zu vermeiden. Sollten dennoch einmal Schaumspritzer in die Augen geraten, ist sofort mit 1,3 %-iger Kochsalzlösung oder klarem Wasser ausgiebig zu spülen — warme Milch leistet ebenfalls gute Dienste als Spülmittel. Auf jeden Fall ist umgehend nach der ersten Hilfe ein Facharzt aufzusuchen.

Beim Hantieren mit Schaumkomponenten sollen **Schutzhandschuhe und Brillen** getragen werden, um Hautreizungen zu vermeiden. Spritzer auf der Haut sind ungefährlich, sollten aber trotzdem mit Alkohol bzw. Wasser und Seife abgewaschen werden. Die Vernetzerkomponente hinterläßt sonst auf der Haut braune Verfärbung und führt durch Ätzwirkung zu Juckreiz. Der Schaum haftet sehr gut an Textilien und ist nur im frischvernetzten Zustand mit Ethylacetat, Reinigungsmittel B bzw. A zu entfernen. In besonders hartnäckigen Fällen kann mit Reinigungsmittel DMSO (Dimethylsulfoxyd) gegen die Verschmutzung vorgegangen werden. Ein Overall oder auch Polyäthylen-Schutzanzug beseitigt all diese Probleme und bietet gleichzeitig einen ausreichenden Schutz gegen Spritzer.

Tritt während des Transportes des Vernetzers (Komponente B) eine Beschädigung des Fasses auf, so daß das Material ausläuft, ist die Lache mit **nassen Sägespänen** oder Methanol-Wassergemisch zu neutralisieren, wobei das Isocyanat in ungefährliche Substanzen (hauptsächlich Harnstoff und CO₂) zerfällt. Auf **keinen Fall darf die Lache abgebrannt werden (Blausäurebildung) !!**

Nicht zuletzt ist vor Brandgefahr infolge Selbstentzündung zu warnen, wenn extrem dicke Schaumkörper in **einem Guß** aus Standardtypen gefertigt werden. Die dabei im Kern entstehende Temperatur kann durch die gute Wärmeisolierung des Schaumes nicht schnell genug abgeleitet werden, so daß es zu einem Wärmestau kommt. Selbst wenn dieser nicht zu einem Brand führt, bewirkt er leicht eine Versprödung und Gelbfärbung des Schauminnern (Qualitätsminderung!).

Beim Arbeiten mit Monofluortrichlormethan-Treibmittel, das zum Ausgleich von **Treibmittelverlusten bei** längerer und unsachgemäßer Lagerung und Transport der A-Komponente zugesetzt wird, ist darauf zu achten, daß dieses spezifisch schwere Gas sich am Boden der Räume aufschichtet und so durch Luftverdrängung den lebenswichtigen Sauerstoffgehalt auf einen gefährlich niedrigen Spiegel zu senken vermag.

Abhilfe: Durchzug!

Monofluortrichlormethan selbst ist **ungiftig** und unbrennbar.

All diese Schutzvorschriften und Anregungen sollten im eigenen Interesse bei der Verarbeitung von PU-Schaumstoffen beachtet werden und sind den verarbeitenden Personen mitzuteilen.

Lagerhaltung

Bei der Lagerhaltung von flüssigen Schaumkomponenten sind folgende Richtlinien zu beachten:

Grundkomponente A

Die Kleinbehälter oder Fässer müssen in einem Temperaturbereich von + 5 bis + 20 °C gelagert werden. Angebrochene Gebinde sind nach jeder Entnahme wieder **gut zu verschließen**. **Vor dem Abfüllen ist die A-Komponente gut aufzurühren**, um die einzelnen Zusätze gleichmäßig zu verteilen. (Gummihandschuhe und Brille tragen.) Vorsicht beim Öffnen, da die Gebinde unter leichtem Überdruck stehen können.

Die Lagerfähigkeit unserer Schaumsysteme im Originalgebilde wird für die im technischen Merkblatt angegebene Zeit garantiert. Wir haben jedoch Rückstellmuster nach erheblich längerer Zeit geprüft und mit fast allen Typen noch brauchbare Ergebnisse erzielt. Eine begrenzte Veränderung der chemischen Zusammensetzung ist im Laufe der Zeit jedoch unvermeidlich.

Vernetzer-Komponente B

Diese Komponente ist frostempfindlich und muß unbedingt bei Temperaturen um + 20 °C gelagert werden. Bei längerer Lagerung unter 0 °C kann ein Auskristallisieren des Vernetzers eintreten. Es gibt spezielle Vernetzer, die schon bei Raumtemperatur kristallisieren.

ren. Die Kristalle können durch vorsichtige Erwärmung wieder in Lösung gebracht werden.

Das Isocyanat zieht begierig Feuchtigkeit an. Angebrochene Behälter sind daher vollkommen luftdicht zu verschließen. Andernfalls tritt durch Reaktion mit Wasser eine geringe CO₂-Entwicklung und eine oberflächliche Verkrustung der Flüssigkeit ein, die zu einer erheblichen Beeinträchtigung der Schaumreaktion führt.

Beim Öffnen der Behälter ist vorsichtig zu verfahren, da das Material unter leichtem Innendruck steht. Beim Hantieren mit der flüssigen B-Komponente sind Schutzbrille und Gummihandschuhe zu tragen. Im übrigen verweisen wir wegen der Giftigkeit des Isocyanates auf das Kapitel „Schutzmaßnahmen“.

Die Lagerbeständigkeit der B-Komponente beträgt 6 Monate, wobei nur eine geringe Viskositätserhöhung eintreten kann, die jedoch auf das Aufschäumen keinen Einfluß hat.

Die Verschäumung

„Mischintensität contra Zeit“

Diese beiden Faktoren in das richtige Verhältnis zu bringen, verursacht zu Beginn der Polyurethan-Verschäumung große Schwierigkeiten. Die Vermischung per Hand ergibt für größere Ansätze in den gegebenen Mischzeiten unbefriedigende Ergebnisse, die sich in ungleichmäßiger Schaumstruktur und ungünstigeren physikalischen und chemischen Eigenschaften bemerkbar machen. Die durch schlechte Vermischung ungenügende Aufschäumung und die Schaumrückstände im Topf ergeben beim Vergießen der Mischung zudem eine Verlustquote von ca. 5%.

Wir unterscheiden grundsätzlich Maschinen-Schaumsysteme mit Topfzeiten von 2 bis 15 sec. (bis zum Beginn der Steigzeit) und Rühr- oder Hand-Schaumsysteme mit Topfzeiten von 30 bis 60 sec. (bis zum Beginn der Steigzeit). Die Topfzeit bezeichnet man auch als Ruhezeit. Leider kann man bei Schaumsystemen keine längeren Topfzeiten als die hier angegebenen 60 Sek. erreichen. Es bleibt keine andere Möglichkeit, man muß sich also auf die erforderliche schnelle Arbeitsweise einstellen.

Daher ist das Verrühren „per Hand“ in der kurzen Zeit nicht intensiv genug durchführbar. Um die „offenen Zeiten“ der fertigen Mischungen besser ausnutzen zu können, wurde es notwendig, Mischmaschinen zu entwickeln, die eine einwandfreie und möglichst luftblasenfreie Schaummischung innerhalb 10-15 Sek. ermöglichen. Die Größe und Ausstattung der Maschinen ist je nach Menge und Verarbeitung der PU-Schaumstoffe verschieden. Typenbeschreibungen finden Sie im Abschnitt Misch- und Dosier-Maschinen.

Erst der Einsatz dieser Maschinen ermöglicht es, die Forderung „hohe Mischintensität in kürzester Zeit“ zu erfüllen.

Reaktionsablauf

Die verschäumungsfähige Mischung durchläuft in wenigen Minuten alle Übergangsstadien zwischen einer Flüssigkeit und einem Festkörper. Im gesamten Treibprozeß lassen sich verschiedene Reaktionsphasen unterscheiden:

1) Misch- oder Rührzeit

Diese besonders für die Handvermischung wichtigen „offenen Zeiten“ sind je nach Schaumtype für den jeweiligen Verwendungszweck zwischen 3 und 60 Sekunden eingestellt worden.

2) Ruhezeit oder Fließzeit

heißt die Periode vom Durchmischungsbeginn bis zum Beginn der Volumenvergrößerung, sie ist erkennbar an der sich bildenden cremefarbenen Oberfläche.

3) Steigzeit

ist die Zeit vom Durchmischungsbeginn bis zum Stillstand der Aufblähung.

4) Klebfreizeit

nennt man die Zeit vom Durchmischungsbeginn bis zum Klebfreiwerden der Schaumoberfläche.

Bei schnell reagierenden Spritzschäumen ist es möglich, daß die Schaumoberfläche vor Beendigung des Treibprozesses klebfrei wird, dies ist jedoch nicht wünschenswert.

5) Härungszeit

Die Härungszeit bis zur Entformbarkeit ist die Zeit vom Durchmischungsbeginn bis zum Zeitpunkt, da der Schaum in seinen Dimensionen stabil und hart ist. Seine mechanischen Festigkeiten sind nach Ablauf dieser Zeit genügend ausgebildet, daß man die fertigen Schaumkörper entformen und stapeln kann. Die Zeitdauer bis zur endgültigen Aushärtung des PU-Schaumstoffes ist im wesentlichen abhängig von der Starttemperatur, der Reaktionswärme der Schaummischung, von der Oberflächentemperatur der Form, vom Verdichtungsgrad und der Dicke des Teiles.

Ein Vorwärmen der Form auf 40–50 ° C verkürzt daher den Härungszyklus und die Entformzeit auf ca. 15–20 Min.

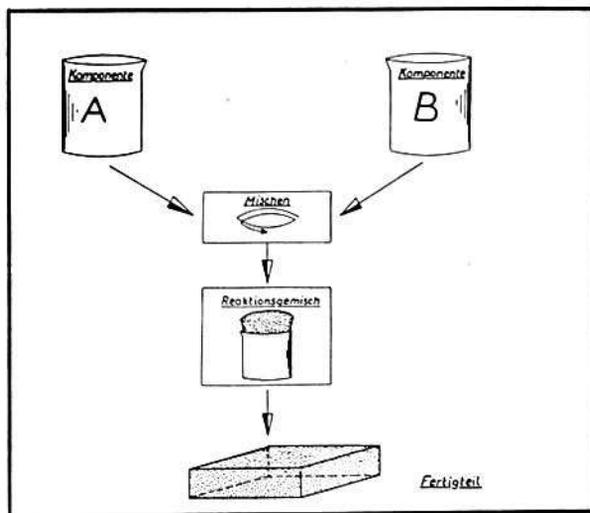
Mit der mechanischen Bearbeitung des fertigen Schaumstoffes darf frühestens nach 24 Std. begonnen werden. Das Kunststoffgerüst besitzt dann 90 % seiner Endfestigkeit und ist im Innern des Schaumkernes genügend abgekühlt. Wird bereits vorher mit der Bearbeitung des Schaumkörpers begonnen, so können die gesägten, geschnittenen oder gefrästen Formteile schrumpfen.

Herstellungsverfahren

1) Einstufen („One-shot“)-Verfahren

Bei diesem Verfahren erfolgt die Vermischung der A- und B-Komponenten unmittelbar vor der Verschäumung in einem Schritt. Dabei sind bereits in der A-Komponente Aktivatoren und Treibmittel vorgemischt.

- Komponente A**
 Grundkomponente
 + Aktivatorgemisch
 + Treibmittel
 (+ Flammschutzmittel)
- Komponente B**
 Vernetzkomponente.

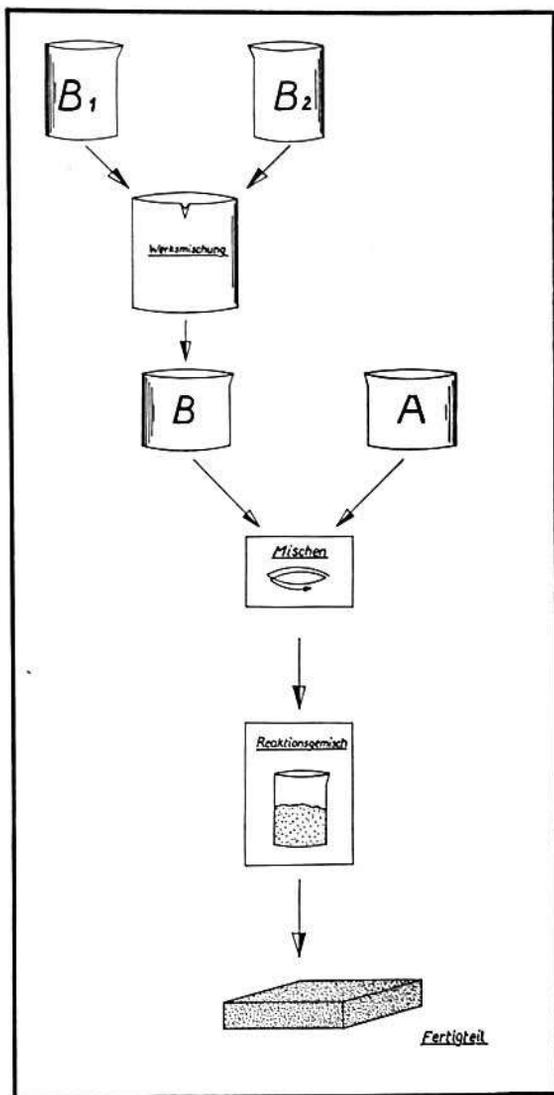


2) Zweistufen- (Prepolymer-) Verfahren

Prepolymer-Schäume unterscheiden sich von "one-shot"-Schäumen durch die anders aufgebaute Vernetzertypen. Die A-Komponente unterscheidet sich in der Zusammensetzung nur gering von der A-Komponente im "one-shot"-System.

Dagegen enthält die B-Komponente eine Mischung aus bereits vorvernetzten, aber noch flüssigen Bestandteilen. Diese Zusammensetzung ist so aufgebaut, daß noch ein Überschuß an freiem Vernetzer vorhanden ist, der jetzt mit der A-Komponente reagieren kann.

Die Bezeichnung Prepolymer ist auf diese bereits von uns vorvernetzte B-Komponente bezogen. Im Gegensatz zum "one shot"-Verfahren läuft die "two shot" (Prepolymer)-Verschäumung langsamer ab, weil ein Teil des Reaktionsablaufes bereits vom Hersteller vorweggenommen wurde. Für die rationelle Fertigung größerer Stückzahlen empfehlen wir daher, beim Einsatz von Prepolymer-Systemen durch ständiges Heizen der Formen den Reaktionsablauf zu beschleunigen. Der Verarbeiter selbst führt mit der Vermischung nur die zweite Stufe des Verfahrens durch.



Komponente A

Grundkomponente
+ Aktivatorgemisch
+ Treibmittel
(+ Flammschutzmittel)

Komponente B

Grundkomponente +
Vernetzkomponente
im Überschuß →
Prepolymerkomp. mit
freien Vernetzergruppen

Optisch unterscheidet sich dieses **Prepolymer-System** meist durch die **weiße** Farbe des fertigen Schaumes, denn fast alle "one shot"-Systeme ergeben Schäume mit **braungelber** Farbtonung.

Die Vorteile von Prepolymer-Schäumen liegen in der feinzelligeren Struktur und der größeren Zähigkeit. Für mechanische Beanspruchung bietet die Prepolymer-Ausführung

„zäh-hart“ manche Vorteile gegenüber der Type „spröd-hart“ verschiedener „one shot“-Schäume. Durch die beim Herstellen der Schaumkomponenten durchgeführte Vorvernetzung liegen Prepolymer-Systeme im Preis etwas höher.

Fertigungsmethoden

Gießschäume

Unsere R-Schaumsysteme sind in ihrer Reaktionsfähigkeit so eingestellt, daß sie im Gießverfahren verarbeitet werden können. Das nach beendigem Mischvorgang noch flüssige Reaktionsgemisch ist zur Herstellung von Block- und Formschäumen und zum Ausfüllen von Hohlräumen geeignet. Seine Konsistenz ändert sich bis zum Beginn des Aufschäumens nicht, so daß auch in komplizierten Formen eine gleichmäßige Verteilung während der Ruhezeit ohne Schwierigkeiten möglich ist. Dabei ist jedoch zu beachten, daß nach dem Mischen die Flüssigkeit sofort und rasch verteilt wird. Gießt man das Gemisch in einfache offene Formen, kann das Mischen solange fortgesetzt werden, bis eine leichte Volumenänderung den Schäumungsbeginn anzeigt. Diese Erscheinung wird von einer geringen Erwärmung des Mischgefäßes begleitet. Die cremefarbene Schaummischung, die durch den längeren Mischvorgang eine höhere Gießtemperatur erreicht, ist **sofort** zu vergießen. Eine Abgabe von Reaktionswärme an die Formoberfläche wird dabei ausgeglichen und das Ausdehnungsvermögen des Schaumgemisches nicht beeinträchtigt.

Beachte! Die gesamte Ansatzmenge ist gleichmäßig, **ohne abzusetzen** in einer Zick-Zack-Linie zu vergießen.

Werden in die Form einzelne Häufchen gegossen, besteht die Gefahr von Lufteinschlüssen und Lunkerbildung, die Schaumoberfläche wird ungleichmäßig.

Das Eingießen von flüssigem Schaumgemisch in bereits expandierenden Schaum führt zu Struktur-Störungen.

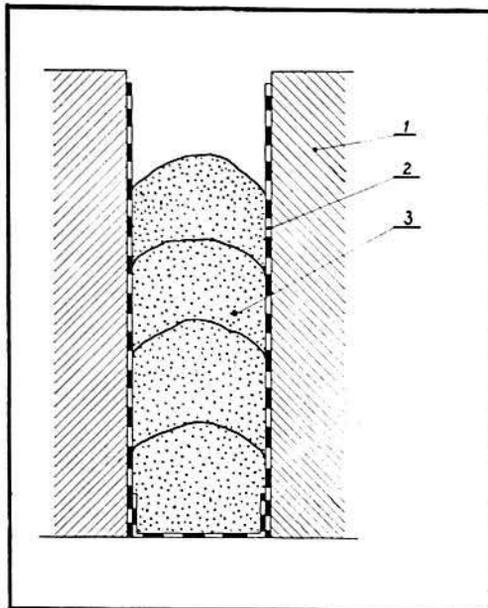
Je nach Verarbeitung unterscheidet man drei Füllmethoden:

Freie Schäumung

Für die Herstellung freigeschäumter Formteile wird das Schaumgemisch in einer oder mehreren Etappen eingeführt. Der Schaum steigt gleichmäßig in der Form hoch, ohne behindert oder eingedämmt zu werden. Die Form ist daher oben offen zu halten. In Formen mit engen Querschnitten unterliegt der aufsteigende Schaum einer höheren Reibung und Oberflächenhaftung und erhält dadurch bereits eine Verdichtung und ein höheres Raumgewicht.

Überschichtung in freier Verschäumung

Zur Erzielung größerer Schaumdicken für Isolierschichten und zur Verringerung des Schäumdrucks bei großvolumigen Formteilen arbeitet man mit Überschichtung in mehreren Schaumlagen. Dabei darf die nächste Lage erst eingegossen werden, wenn die darunterliegende Schaumoberfläche klebfrei und fest geworden ist. Die Haftung der einzelnen Schichten untereinander ist ausgezeichnet und mindestens so hoch wie die innere Festigkeit der einzelnen Schaumlagen selbst. Bei einem Schnitt durch ein schichtweise gegossenes Schaum-Formteil sind die wolkenähnlichen Zwischenhäute deutlich zu erkennen.



1. Stützform

Der geringere Seitendruck bei diesem Verfahren erlaubt eine leichtere Ausführung der Stützform.

2. Hohlform

3. Schaumlage

Das eingetragene Reaktionsgemisch schäumt bei jeder Lage frei auf, so daß das endgültige Raumgewicht des Schaumkörpers mit dem „freien Raumgewicht“ übereinstimmt. Das „Überschichten“ wird immer dann angewendet, wenn dem Schaumkern keine besondere Stützwirkung zugeordnet ist. Durch die Vorschäum-Methode (Frothing-Verfahren) kann der Formen-Innendruck beim Aufschäumen noch zusätzlich wirksam gesenkt werden.

Verdichten

Wird die Ausdehnungsfähigkeit eines Schaumes eingeschränkt, entwickelt sich ein bestimmter Schäumdruck, der eine exakte Füllung der Hohlform garantiert. Diese „**Verdichtung**“ erzielt man, wenn in eine geschlossene Form ein bestimmter Überschuß Schaumgemisches eingetragen wird, so verdoppelt man z. B. für ein bestimmtes Füllvolumen den Ansatz und erhält so ein doppelt hohes Raumgewicht wie beim freien Verschäumen. Der damit erzielbare Schäumdruck liegt bei etwa 1,5 bar und erhöht sich bei 3-facher Verdichtung auf ca. 2,5 bar.

Um die Konturstabilität der Hohlformen zu gewährleisten, sind diese gegen den entstehenden Seitendruck durch Stützvorrichtungen gut zu versteifen.

Das Ausschäumen unter geringem oder hohem Druck - „**Verdichten**“ - eignet sich in erster Linie zur Herstellung von Sandwich-Bauelementen und zum Füllen von schwierigen Hohlräumen, wenn ohne Vorbehandlung eine gute Haftung des Schaumkernes mit den Innenflächen des Hohlkörpers erzielt werden soll. (s. Abschnitt: „Verbundbauelemente“)

1 Stützform

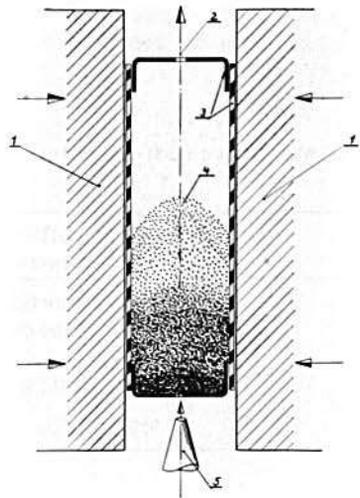
Der bei diesem Verfahren auftretende Seitendruck bedingt eine **stabile** Ausführung der Stützform.

2 Entlüftung im Randprofil

3 Aus Deckschichten und Randprofilen vorgefertigte Hohlform

4 Aufsteigendes Schaumgemisch

5 Mischkopf



Bei der oben beschriebenen Verdichtung muß der Deckel der Form mit kleinen Entlüftungslöchern (1–2 mm) versehen sein.

Daneben gibt es eine zweite Füllmethode:

Für die sog. „partielle Verdichtung“ werden die Entlüftungslöcher so weit aufgebohrt, daß ein geringer Teil des Schaumstoffes herausquellen kann.

Zusätzlich werden in den Formdeckel Einfüllöffnungen gebohrt (20 mm ϕ oder größer), die nach dem Einfüllen verschlossen werden.

Schüttelschäume „ISOVOSS“

In Fällen, wo die Gießmethode nicht möglich ist und die Verschäumung mit Schaumspritzmaschinen zu kostenintensiv, kann man vorteilhaft mit Schüttelschaum arbeiten.

Die Schüttelsysteme sind in ihrer Steig- und Abbindezeit, sowie der Viskosität, so eingestellt, daß sie in einer Plastikflasche mit aufgeschraubter Spritztülle durch Schütteln vermischt und aus dieser verspritzt werden können.

Die Gebinde werden in dem entsprechenden Mischungsverhältnis befüllt geliefert. Die B-Komponente liegt bereits in der Plastikflasche vor, während die A-Komponente vor der Verarbeitung aus der Blechdose zugefügt wird. Das Vermischen erfolgt jetzt durch 10 Sekunden langes intensives Schütteln, wobei die Öffnung der Spritztülle zugehalten wird. Aus Sicherheitsgründen wird noch ein Polyäthylenbeutel um die Flasche gelegt, damit im Falle einer Undichtigkeit kein Schaum austritt. Nach weiteren 15–30 Sekunden beginnt der Schäumvorgang und der Schaum tritt unter dem Eigendruck aus der Flasche aus. Dies kann durch Zusammendrücken der Flasche noch beschleunigt werden. Der Schäumvorgang nimmt einen Zeitraum von 90–240 Sekunden in Anspruch. In der Flasche selbst verbleibt ein Rückstand von ca. 5–10% (je nach Type).

Wir haben durch Versuche ermittelt, welche Schaummengen bei den verschiedenen Packungsgrößen der Schüttelschäume erzielt werden.

Im praktischen Versuch ermittelte Ausbeute V_A bei freier Aufschäumung:

Schaumeigenschaften – Packungsgrößen								
Meßwerte bei 20 °C und 760 mbar								
ISOVOSS-Typ	Expansion	Gemessene Schaummenge V_A , fr. aus der Packung				Startzeit (vom Vermischen bis Ausschäumungsbeginn)	Steigzeit	Härtungszeit (Abbindzeit)
		Nr. 1 150 g	Nr. 2 300 g	Nr. 3 600 g	Nr. 4 1200 g			
HR	1 : 25	2,1 l	6,5 l	14 l	29 l	50 sec	270 sec	9 min
HHR	1 : 33	3 l	9 l	17 l	39 l	25 sec	240 sec	3 min
FR	1 : 80	8 l	18 l	42 l	85 l	23 sec	115 sec	3 min

Für den HR-Schaum ergeben sich im Vergleich der erzielten Austrittsmenge V_A (siehe Tabelle) zur theoretischen (rechnerischen) Ausbeute die folgenden Flaschenwirkungsgrade:

Flasche Nr.	Flaschenwirkungsgrad F_w
1	55 %
2	88 %
3	93 %
4	97 %

Der Wirkungsgrad steigt also mit wachsender Gebindegröße.

Hohlraumform und Füllmenge

Da ISOVOSS-Schäume oft zur Füllung von Profilen, also länglicher Hohlräume und zur Füllung von Zwischenschichten, also schlitzförmigen Hohlräumen benutzt wird, soll die rechnerische Bestimmung der notwendigen Flaschengröße aufgezeigt werden.

Für die Ausbeute des Schaums ist die Hohlraumform entscheidend.

In einem würfelförmigen Hohlraum von 25 Zentimetern Kantenlänge und mehr erreicht der Schaum mit einem Raumgewichtsanstieg bis 10 % annähernd sein im Prüfbecher bestimmtes Volumen.

In einem Schlitz, wo der Schaum während der Expansion beidseitig gebremst wird, gelten dagegen folgende Werte:

Schlitzbreite cm	Profilwirkungsgrad Pw, längs	Raumgewichtsanstieg auf das ... fache
2	0,45	2,25
3	0,54	1,82
4	0,60	1,64
5	0,66	1,52
6	0,70	1,43
7	0,73	1,36
8	0,78	1,28
9	0,83	1,20
10	0,88	1,13
11	0,92	1,08
12	0,95	1,05

Die Schlitzlänge spielt bei der Verdichtung ebenfalls eine Rolle.

Oberhalb von etwa 12 Zentimetern geht sie mit dem Faktor Pw, längs = 0,95 (= 95 %) ein.

Bei kürzeren Schlitzten kann mit der nachfolgenden Formel näherungsweise gerechnet werden.

Tatsächlich erzielt es Schaumvolumen aus einer Flasche V_{eff} im Hohlraum:

$$V_{\text{eff}} = V_A \times P_{w, \text{ längs}} \times P_{w, \text{ quer}}$$

Wichtig:

Diese Formel gilt für Kriechwege bis zu ca. 1,5 Metern Länge.

Längere Kriechwege bis zu ca. 2 Metern können nur besondere auf Kriechfähigkeit hin konzipierte Schäume zurücklegen.

Für die Praxis heißt das: Soll ein länglicher Hohlraum von mehr als 1,5 (2) Metern ausgeschäumt werden, so wird er in ca. 1,5 Meter langen Abschnitten schußweise gefüllt.

Beispiel:

Ein Schlitz hat das Maß 5 cm × 10 cm. Welchen Hohlraumanteil füllt die Flasche HHR Nr. 3?

V_A der HHR-Flasche Nr. 3 beträgt 39 l bei freier Aufschäumung.

Im Profil ergibt sich:

$$V_{\text{eff}} = 39 \times 0,66 \times 0,88 = 22,65 \text{ l.}$$

Will man einen Hohlraum von $V_{\text{Form}} = 8 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} = 0,8 \text{ dm} \times 1,0 \text{ dm} \times 5 \text{ dm} = 4 \text{ dm}^3 = 4,0 \text{ l}$ mit z. B. FR-Schaum füllen, lautet die Formel für die zum Füllen erforderliche Ausbeute $V_{A, \text{ erf.}}$:

$$V_{A, \text{ erf.}} = \frac{V_{\text{Form}}}{P_{w, \text{ längs}} \times P_{q, \text{ quer}}} = \frac{4,0 \text{ l}}{0,78 \times 0,88} = 5,8 \text{ l}$$

Wählt man die Flasche Nr. 1 mit einer Ausbeute $V_{A, \text{ fr.}} = 8 \text{ l}$, so wird der Schaum – weil

er sich nicht voll ausdehnen kann – im Hohlraum Druck auf die Seitenwände ausüben, der überschlägig nach der Formel errechnet werden kann:

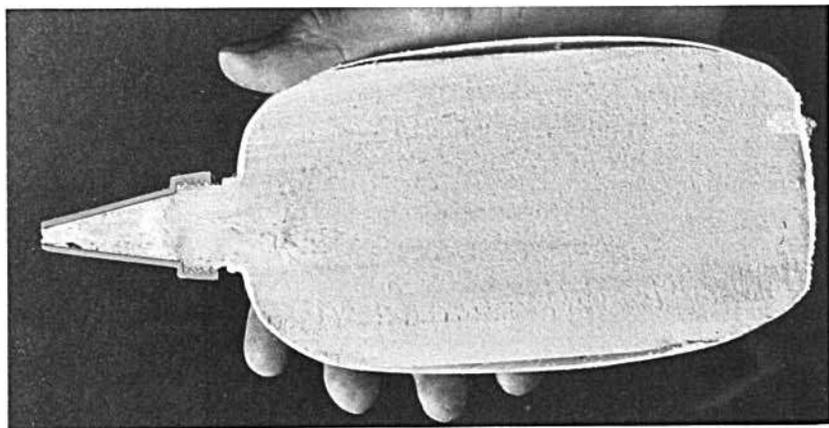
$$\text{Überdruck } p_{\text{ü}} = \frac{V_{\text{eff}}}{V_{\text{Form}}} = \frac{V_A \times P_w, \text{ längs} \times P_w, \text{ quer}}{V_{\text{Form}}}$$

$$p_{\text{ü}} = \frac{8 \times 0,78 \times 0,88}{4,0 \text{ l}} = 1,37 \text{ bar} = 0,37 \text{ bar Überdruck} = \frac{0,37 \text{ Kp}}{\text{cm}^2} \text{ Druck in den Seitenwänden.}$$

Mit dieser Überschlagsrechnung liegt man im Wert etwas zu hoch, also auf der sicheren Seite.

Anwendungen von „ISOVOSS“

Dieses neue und einfache Verfahren bietet sich vor allen Dingen für die Ausschäumung von Hohlräumen an, die schwer zugänglich sind. Als Beispiel sei hier die Konservierung von Hohlräumen im Kraftfahrzeug genannt. Es werden die Holme, die geschützt werden sollen, an den Stirnseiten mit 10 mm großen Bohrlöchern versehen, in die anschließend der Schaum injiziert wird. Auch für flächenmäßige Verschäumung und die Isolation von Heizungsrohren und dergl. ist dieses Verfahren bequem anwendbar. Die Qualität eines solchen durch Schütteln gemischten Schaumes ist in der Feinzelligkeit einem maschinengeschäumten Schaum gleichwertig. Auch das Einspritzen „über Kopf“ wird damit möglich, weil die konische Spritztülle ein Verschäumen in Bohrlöcher von 10 bis 22 mm erlaubt.



Dieses Foto beweist die Feinzelligkeit und Qualität des gehärteten ISOVOSS-Schüttelschaumes.

Die Entwicklung von IsovoSS-Schüttelschaum hat eine Reihe neuer Anwendungsgebiete für Polyurethanschaum eröffnet. Die leichte Mischbarkeit der Komponenten sowie die Unabhängigkeit von jeglichem Mischgerät und Hilfswerkzeugen machen diesen Schaum

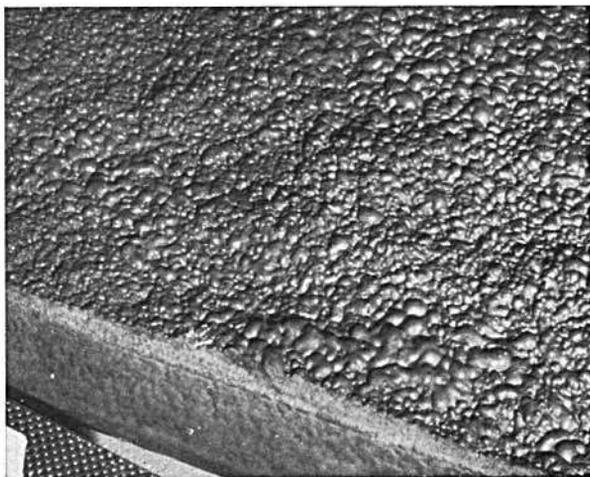
zum idealen Material für Reparaturen (z. B. an Kühlgeräten) und kleinere Montagearbeiten wie Ausschäumen von Mauerdurchbrüchen und Rohrschlitzen, Abdichten von Kabel- und Rohrdurchführungen in Gebäuden, Isolieren von Rohren gegen Einfrieren und Schallisolierung von Einbauwannen und Brausetassen durch Ausschäumen des Resonanz-Hohlraumes unter dem Wannenkörper etc.

Spritzschäume

Die Verarbeitung von PU-Schäumen im Spritzverfahren setzt sehr kurze Reaktionszeiten voraus. Unsere **S**-Schaum-Systeme sind daher so hoch aktiviert, daß ein Abfließen oder Tropfen der Reaktionsmischung von Wandflächen oder Decken nicht eintreten kann. Diese Schaumsysteme sind nur mit Spezial-Spritzgeräten zu verarbeiten, die sich je nach Verwendungszweck in ihrem Zerstäubungsgrad unterscheiden. Bei feinsten Zerstäubungen treten Treibmittelverluste auf, die ausgeglichen werden müssen. Ein Einstellen der Schaumsysteme auf den verwendeten Maschinentyp wird daher notwendig.

Das Aufsprühverfahren eignet sich in erster Linie zur Aufbringung **fugenloser** Isolierschichten auf Dächern, Wand- und Deckenflächen („Über-Kopf“-Spritzen), in Fahrzeugen, Behältern und Silos und zur kontinuierlichen Flächenbeschichtung der verschiedensten Materialien wie Eternit, Pappdächer, Holz, Faserplatten, Textilien, Blech usw. Die im Sprühverfahren aufgetragenen Schaumschichten erhalten nach Erhärten eine leicht wolkenartige Oberfläche, da die Spritzpistole mit der Hand geführt wird und geringe Unregelmäßigkeiten beim Verteilen des Gemisches nicht zu vermeiden sind.

Ausschnitt aus einer im Spritzverfahren hergestellten Hartschaumplatte, die „wolkenartige“ Oberfläche ist deutlich zu erkennen.



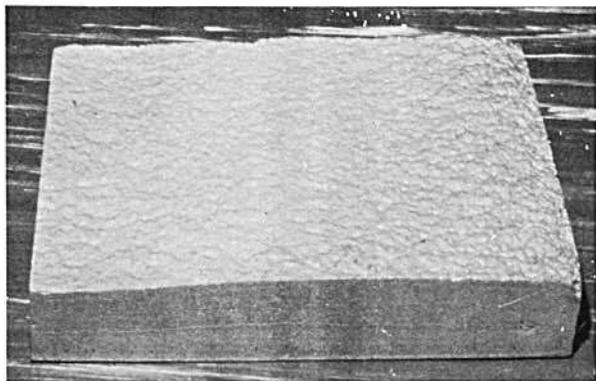
Die Oberflächenbeschaffenheit hängt im wesentlichen von der Geschicklichkeit des Ausführenden ab, der bei einiger Routine Unebenheiten vermeiden oder (bei Eternit) zum Teil ausgleichen kann.

Mit unseren hochaktivierten **S**-Systemen können in einem Arbeitsgang Schaumdicken von 10 – 40 mm (je nach Type) aufgebracht werden.

Das Aufbringen dickerer Schichten in einem Arbeitsgang ist naturgemäß nur bei Besprühung horizontalliegender Flächen möglich, da hierbei die Gefahr eines Abfließens wesentlich vermindert werden kann.

Überschichten mit Spritzschaum

Wie bei dem vorher beschriebenen Gießverfahren lassen sich auch im Spritzverfahren dickere Isolierschichten durch **Überschichten** ohne Schwierigkeiten erzielen, da bei dieser Methode ein Abfließen vermieden wird. Die Haftung ist durch die Klebkraft an der Zwischenhaut ausgezeichnet. Zu beachten ist dabei, daß vor jedem Spritzauftrag die darunterliegende Schaumboberfläche genügend abgekühlt ist, weil durch die höhere Oberflächentemperatur die erneut aufgesprühte Schicht stärker aufschäumt und grobporiger wird.



Plattenausschnitt aus einer Dach-Schaumisolierung im Überschichtungsverfahren.

Unter keinen Umständen darf in den aufsteigenden Schaum gespritzt werden, da sonst der noch frische Schaum zerstört wird.

Besondere Bedeutung kommt bei Verarbeitung der PU-Schäume im Spritzverfahren den **Verarbeitungstemperaturen** zu. (s. Abschnitt: „Temperatureinfluß“)

Vorschäum-Methode („frothing-Verfahren“)

Bei dieser Schaumherstellung, die bei Zweikomponenten-Schäumen nur maschinell, bei Einkomponenten-Schäumen mit Hilfe einer Aerosol-Flasche vorgenommen wird, verwendet man als Treibmittel ein Gemisch der Standardtype (Siedepunkt + 23,8 °C) und einer sehr niedrig siedenden Type (Siedepunkt – 29,8 °C). Beim Austritt der Reaktionsmischung aus der Mischkammer erfolgt eine spontane Verdampfung des niedrigsiedenden Difluordichlormethans und damit eine Vorschäumung des flüssigen Gemisches auf das dreifache Volumen. Erst in der zweiten Phase verdampft infolge der entstehenden Reaktionswärme das Standard-Treibmittel und treibt den Schaum zum endgültigen Volumen auf. Die als „froth“ bezeichnete, vorgeschäumte Mischung besitzt eine sahnige Konsistenz und ermöglicht ein kontinuierliches Überschichten einer noch aufsteigenden

frischen Schaumschicht, da durch das leichte Gewicht des Vorschäumens frisch expandierte Zellen nicht zerstört werden. Die bei Überschichtung im Gieß- oder Spritz-Verfahren notwendigen Wartezeiten entfallen damit.

Einen weiteren Vorteil bietet der geringere Schäumdruck besonders beim Ausschäumen von Hohlräumen und Formen, da ein Teil der Expansion vorweggenommen wird. Auch die zwangsläufig auftretende „Randzonenverdichtung“, die speziell beim Ausschäumen schmaler Hohlräume entsteht, wird dadurch verringert. Dies ermöglicht die Herstellung von dünnen Platten und Formteilen aus PU-Schäumen mit niedrigen Raumgewichten und einer gleichmäßigeren Struktur.

Die sahnige Konsistenz des Vorschäumens und der geringere Schäumdruck verhindern außerdem das Auslaufen der Mischung an undichten Stellen der Formen oder Hohlkörper, während bei Verzicht auf Vorschäumung flüssigkeitsdichte Formen unerlässlich sind. Das gute Haftvermögen der Frothschäume hat sie zu idealen Klebern mit fugenfüllendem Charakter gemacht (Montage-Schäume).

Nachteilig wirkt sich die sehr begrenzte Fließfähigkeit des Vorschäumens beim Formschäumen aus. Seine Anwendung beschränkt sich deswegen hier auf das Überschichtungsverfahren.

Die für die Vorschäum-Methode notwendigen Zusatzgeräte sind heute für die meisten Gieß- und Spritzmaschinen lieferbar.

Unter Umständen wirkt sich die an der Expansionsstelle schlagartig auftretende Unterkühlung durch die Verdampfung des Treibmittels 12 S (Siedepunkt $-29,8^{\circ}\text{C}$) ungünstig aus.

Diese Unterkühlung ist je nach Durchgangsmenge verschieden groß. Der zweite Schäumungsvorgang d. h. die Verdampfung des Treibmittels 11 S (Siedepunkt $+23,8^{\circ}\text{C}$) oder die anteilige Entwicklung von CO_2 kann dadurch negativ beeinflusst werden.

Schäumungsvorschriften

Bestimmung der Einfüllmenge

Bevor die Einfüllmenge an PUR-Schaumstoff berechnet werden kann, ist das Volumen des auszuschäumenden Hohlraumes oder der Form zu ermitteln. Bei regelmäßigen Formen ist die Berechnung einfach. Sollen komplizierte Formen oder Hohlkörper ausgeschäumt werden, ist die beste Methode das Ausfüllen mit Wasser, wobei die Kilomenge Wasser dem Hohlkörper-Volumen in Litern entspricht (Auslitern). Bei dieser Methode ist zu beachten, daß vor dem nächsten Arbeitsgang die Form 100 % getrocknet werden muß!!

Aus dem Volumen der Form und dem Raumgewicht RG des Schaumes läßt sich die benötigte Gewichtsmenge des Schaumansatzes, und zwar **beider Schaumstoffkomponenten zusammen** nach folgendem Schema errechnen:

Beispiel:

Der Inhalt einer Schäumform V_{Form} sei $50 \text{ l} = 0,050 \text{ m}^3$.

Die Form soll mit einem Schaum von $RG = 40 \text{ kg/m}^3 = 40 \text{ g/l}$ gefüllt werden.

Das theoretische Füllgewicht $G_{\text{Füll, theor.}}$ errechnet sich aus

$$\begin{aligned} G_{\text{Füll, theor.}} &= 50 \text{ l} \times 40 \text{ g/l} = 2.000 \text{ g} \\ \text{oder} \quad G_{\text{Füll, theor.}} &= 0,050 \text{ m}^3 \times 40 \text{ kg/m}^3 = 2,0 \text{ kg} \end{aligned}$$

Die Berechnung in g und damit die Bezeichnung des Formenhohlraumes in Liter und des Raumgewichtes in g/l (statt kg/m^3) ist anschaulicher.

Schon bei Formen mit großen Querschnitten macht man zu der errechneten theoretischen Füllmenge $G_{\text{Füll, theor.}}$ einen Zuschlag von 5 bis 10 % für Fließbehinderungen in der Form und die im Rührtopf verbleibende Ansatzmenge.

Bei engen Querschnitten und langen Fließwegen kommen die unter „Hohlraumform und Füllmenge“ genannten Zuschläge über die Profilmultiplikatoren P_w , längs und P_w , quer (siehe Tabelle) in Ansatz.

Man kann deswegen rechnen:

Füllgewicht einer Form mit UNIZELL-Schäumen:

$$G_{\text{Füll}} = \frac{V_{\text{Form}} \times RG_{\text{Schaum}}}{P_w, \text{ längs} \times P_w, \text{ quer}}$$

dabei sind $P_w, \text{ längs} \times P_w, \text{ quer}$ mit mindestens 1,1 (= 10 %) anzusetzen.

In der Praxis werden die Füllmengen dann noch einmal experimentell optimiert. Das ist besonders bei schlitzförmigen Formen mit strukturierten Oberflächen unumgänglich.

Bei der Maschinenschäumung wird der Schaum verlustfrei und vor allem über eine Mengensteuerung (sog. Programm) von der Füllmenge her exakt eindosiert. Aber auch hier gilt: Formen mit kubischem Volumen benötigen weniger Füllgewicht als längliche Hohlräume, bzw. längliche Hohlkörper besitzen stets ein höheres Raumgewicht gegenüber würfelförmigen.

Temperatureinfluß:

Um eine einwandfreie Verarbeitung der Schaummischungen zu gewährleisten, sind die vorgeschriebenen **Verarbeitungs-, Oberflächen- und Materialtemperaturen** genauestens einzuhalten. Unsere Schaumsysteme können unter Berücksichtigung der angegebenen Taktzeiten nur bei Temperaturen von 15–25 °C sicher verarbeitet werden. Höhere Temperaturen wirken auf den Reaktionsablauf beschleunigend, tiefere Temperaturen verzögernd.

Die Eigentemperatur der flüssigen Schaumkomponenten sollte vor der Vermischung ca. 20–25 °C betragen.

Serienteile werden in temperierbaren Voll-Aluminium- oder Aluminium-Formen mit Kunstharz-Hinterfütterung (Pütz-Verfahren), Einzelteile in resopalbeschichteten Holzformen hergestellt.

Bei Verarbeitung der Schaumsysteme im Spritzverfahren wird eine einwandfreie Ausschäumung nur erreicht, wenn der Untergrund nicht kälter als etwa 5 bis 10 °C ist. Die Beschäumung kälterer Flächen ist vorläufig nur möglich, wenn durch gezielte Bestrahlung mittels Infrarot-Lampen oder Heizlüftern die Temperaturableitung ausgeglichen wird oder wenn die Wärmeleitfähigkeit der Formoberfläche gering ist (wie z. B. bei Holz oder Kunststoffen).

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Fläche zuerst mit einer dünnen Schicht zu besprühen, die natürlich aufgrund der hohen Wärmeableitung nur gering aufschäumt und langsam härtet. Auf diese isolierend wirkende Schicht können die nächsten Schaumschichten aufgebracht werden und schäumen voll aus. – Bei dieser Methode muß ein entsprechender Material-Mehrverbrauch in Kauf genommen werden.

Abwiegen – Dosieren – Mischen

Die Einwaage beider Reaktionskomponenten erfolgt nur beim Handgießverfahren und soll in genügend hohen Mischgefäßen durchgeführt werden. Die Füllhöhe im Mischgefäß soll hierbei nicht zu groß sein, da beim Mischen mit einem Schnellrührer die flüssigen Schaumkomponenten an der Gefäßwandung hochgedrückt werden. Die dickflüssigere (höher viskose) Komponente soll zuerst eingewogen werden, worauf die Zugabe der anderen Komponente erfolgt.

Das Mischungsverhältnis ist je nach Schaum-Type unterschiedlich und ist auf den Gebinden angegeben. Als Mischgefäße können Polyäthylen-, PVC- oder Pappbecher verwendet werden, die sich später wieder mühelos reinigen lassen.

Für die **Durchmischung mit einem hochtourigen Turbomischer** ist es wichtig, daß dieser Vorgang innerhalb von 10 oder 15 Sek. abgeschlossen ist.

Dabei hat sich folgende Methode am günstigsten erwiesen:

Der Mischkopf wird in die Flüssigkeit eingetaucht und das Rührwerk eingeschaltet. Dann fährt man mit dem Mischflügel bis zum Boden und zieht ihn in einer Spirale an der Gefäßwandung hoch. Je nach Größe des Ansatzes wird dieser Mischvorgang ein- oder zweimal wiederholt.

Arbeitet man mit einem feststehenden Rührwerk, bewegt man anstelle des Mischkopfes das **Mischgefäß** im gleichen Rhythmus.

Bei der **maschinellen Vermischung** unterscheidet man zwei verschiedene Methoden, die jeweils einen speziellen Maschinentyp bedingen:

1. Niederdruck-Maschinen mit
 - a) mechanischem (elektrischem) Rührwerk

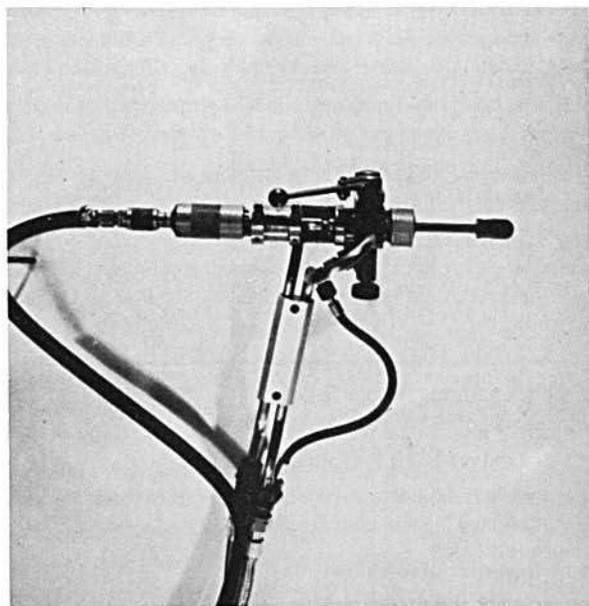
- b) statischem Mischrohr
- c) statischem Mischrohr und Luftunterstützung.

2. Hochdruck-Maschinen, die durch Verwirbelung der mit Hochdruck druckbeaufschlagten beiden Komponenten eine homogene Mischung innerhalb einer sehr kleinen Mischkammer herstellen.

Der einfachste Weg ist der, die Schaumkomponenten entsprechend dem bereits beschriebenen manuellen Vermischen in einer **Rührwerkskammer** zu durchmischen. Dieser **mechanische Mischeffekt** kann zusätzlich durch Preßluftzuführung in die Mischkammer verstärkt werden. Vermischt man nun mittels Preßluft und verzichtet auf den Rührer, so ist das Mischkammervolumen wesentlich kleiner. Bei dieser Methode tritt das Reaktionsgemisch unter Druck aus der Pistole aus und kann z. B. in schwer zugängliche Hohlräume „gezielt“ eingespritzt werden.

Die Reinigung der Mischkammer erfolgt durch eine Spülung mit Lösungsmittel. Ein noch verlustfreieres Dosieren ermöglicht die (von Bayer A.G., Leverkusen, entwickelte) Mischmethode, bei der unter Ausschaltung mechanischer Rührsysteme oder Preßluft die Homogenisierung der Schaumkomponenten in einer Kleinstmischkammer mit wenigen mm³ vorgenommen wird. Sie werden kontinuierlich unter hohen Pumpenförderdrücken (90 bis 150 bar) ultraschnell vermischt und ausgestoßen. Hier wird mechanisch durch Einfahren einer genau in die Mischkammer passende Nadel gereinigt.

Handmischkopf mit mechanischem Rührer, Antrieb durch Turbinenluftmotor oder Automatik, Luftdruck 6 atü, Luftverbrauch 300—500 l/min. (Ansaugleistung des Kompressors).



Fehlerquellen:

Wird aus irgendeinem Grund das Mischungsverhältnis nicht eingehalten oder der Prozeßablauf durch Unterkühlung, Feuchtigkeitseinfluß oder schlechte Durchmischung verzögert, kann es zu folgenden Erscheinungen kommen:

- der Treibprozeß wird unterbrochen, der Schaum erhält ein höheres Raumgewicht und entsprechend veränderte Eigenschaften,
- der expandierte Schaum fällt nach Beendigung des Treibprozesses wieder zusammen,
- der entstehende Schaumkörper wird im oberen Drittel grobporiger und verliert an mechanischer Festigkeit,
- im Schaumkern bilden sich Lunker und Querrisse,
- der ausgehärtete Schaum zeigt braune Verfärbungen, die auf eine schlechte Vermischung der Vernetzer-Komponente zurückzuführen sind,
- das Schaum-Formteil behält eine klebrige Oberfläche,
- gelbe bis braune Verfärbungen der Hartschaum-Formteile durch Kernverbrennung (siehe Abschnitt „Wärmestau-Schrumpfung“),
- bei Übermischung über die Ruhezeit hinaus kann es zur Zerstörung des bereits expandierenden Schaumes kommen.

Bearbeitung

Die Bearbeitung ausgehärteter Schaumkörper ist auf Grund der Zellstruktur einfach und leicht durchzuführen. Meist wird aber die endgültige Kontur durch entsprechende Formen bereits festgelegt, diese Methode spart Arbeitszeit und zusätzliche Kosten.

Die Verarbeitung von Blockware aber macht diesen Arbeitsgang notwendig. Hartschaumstoffe können mit normalen Holzbearbeitungswerkzeugen gesägt, gefräst, gebohrt oder geschliffen werden. Für Weichschäume sind spezielle Schneidgeräte im Handel, da das elastische Schaumgefüge mit üblichen Sägeblättern nicht exakt zu trennen ist. Hartschaumstoffe mit hohem Raumgewicht (ab 70 kg/m³) können geschraubt, genagelt und gedübelt werden.

Man kann sie verputzen, verkacheln, verkleben und lackieren. Für die Bearbeitung weich- bis zähelastischer Schäume gibt es Spezialmaschinen zum Schneiden von Profilen, Winkelstücken usw. Diese Schäume können gestanzt, geriffelt, versteppt und mit vielen Materialien verklebt (kaschiert) werden.

Insgesamt gibt es eine Fülle von Anwendungsmöglichkeiten, die noch lange nicht alle ausgeschöpft sind und die Bezeichnung „universell verwendbare Werkstoffe“ durchaus rechtfertigen.

Beachte!

Wird PUR-Schaumstoff in noch frischem Zustand bearbeitet, kann es zu Schrumpfschei-

KURZ ZUSAMMENGEFASST

4 Punkte zur erfolgreichen Arbeit

1. A-Komponente gründlich aufrühren, weil sie evtl. abgesetzt hat (schütteln reicht nicht aus).
2. Mischungs-Verhältnis (auf der Dose) $\pm 1\%$ genau einhalten, abmessen genügt nicht, Briefwaage unbedingt erforderlich.
3. Sehr intensiv mischen, Reib-Mischpropeller benutzen, normaler Propeller ist nicht ausreichend. Ein Holzstab zum Umrühren ergibt stets Mißerfolg. Ggf. Schüttelschaum verwenden.
4. Ausgangstemperatur der flüssigen Schaumkomponenten zwischen 17 und 22 °C (auch der Mischbehälter und Schaumform).

Alle 4 Punkte genau beachtet, ergibt stets einwandfreie Schaumqualitäten.

nungen an den Schnittflächen kommen. Der Grund liegt in einem erhöhten Ausdiffundieren des Treibmittels (s. Kap.: „Wärmestau-Schrumpfung“) durch die noch geringe Festigkeit des Schaumstoffgerüsts. Solange daher die Schaumoberfläche noch bröckelig ist, muß das Schaumteil vor übermäßiger mechanischer Beanspruchung geschützt werden.

Misch- und Dosier-Maschinen

Bei der Schaumvermischung im „Handansatz“ muß kürzeste Mischdauer und innigste Mischung angestrebt werden.

Sog. „Turbo-Mischköpfe“ haben sich hierbei ausgezeichnet bewährt. Sie arbeiten nach dem Prinzip einer Pumpe mit starkem Druck und Sog und schalten die unerwünschten Auswirkungen der Zentrifugalkraft fast völlig aus. Das flüssige Reaktionsgemisch wird im Mischkopf verwirbelt und beschleunigt. Diese „Düsenwirkung“ erzeugt eine starke Vertikalströmung zum Gefäßboden hin und verhindert Schichtenbildung und Absetzerscheinungen.

Durch die gleichmäßige Druckwirkung wird auch in viereckigen Behältern eine einwandfreie Mischung erreicht; es gibt keine „toten Ecken“ mehr, der zusätzliche Einbau von Ablenkblechen oder „Wellenbrechern“ entfällt. Ein weiterer Vorteil liegt darin, daß bei diesem System mit geringen motorischen Antriebskräften eine hohe Mischleistung erreicht wird.

Kombinierte Misch- und Spritzanlagen

Seit Jahren arbeiten Fachleute in den USA und in Deutschland erfolgreich mit kombinierten Misch- und Spritzanlagen, die die Schaumkomponenten automatisch dosieren, mischen und ausstoßen (wahlweise: Versprühen oder auch Gießen). Es sind eine Reihe von Standard-Anlagen auf dem Markt, deren Hersteller jedoch auch Sonderkonstruktionen bauen. Entsprechend den verschiedenen Einsatzbereichen werden folgende Maschinentypen projektiert und gebaut.

- Fahrbare, robuste Anlagen für die Bauindustrie,
- stationäre und transportable Anlagen zur Herstellung von Hartschaum (Isolierung von Fahrzeug-Tanks, Herstellung von Standard-Platten usw.),
- vollautom. gesteuerte Produktionssysteme zur Formverschäumung und zur kontinuierlichen Herstellung von Hart-, Halbhart- oder Weich-Schäumen,
- Maschinen für Laborversuche,
- Anlagen zur Kaschierung von Textilien, Papier, Pappe etc.,
- Anlagen zur Herstellung von Schaum-Rundlingen bis zu einem Durchmesser von 1 m und einer Länge von 4 m.

Die Vorteile solcher Anlagen liegen neben einer rationellen Produktion besonders in der zu erzielenden Qualitätssteigerung durch die präzise Steuerung von Zeit, Menge, Druck und Temperatur.

Universal-Turbo-Mischer

zum Einsatz als Hand- oder Stativmischer einschl. Vorrichtung zum Ankleben des Gerätes am Mischbottich.

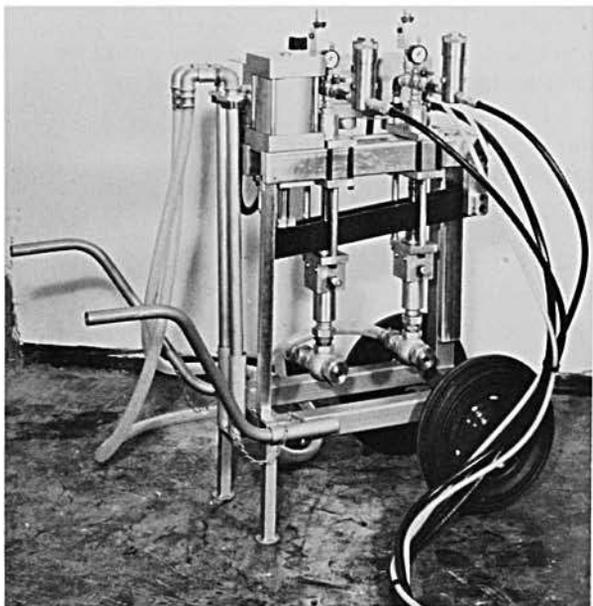


Diese Mischer weisen eine Motorleistung von 0,1 kW auf. Die Drehzahl ist bis zu 4000 Umdrehungen je Minute stufenlos über einen Stelltransformator regelbar. Die Regulierung wird mit einem fußbetätigten Schalter vorgenommen, so daß das Anrührgefäß mit beiden Händen gehalten werden kann.

**Robuste, pneumatisch-
arbeitende Spritz- und
Gießmaschine**

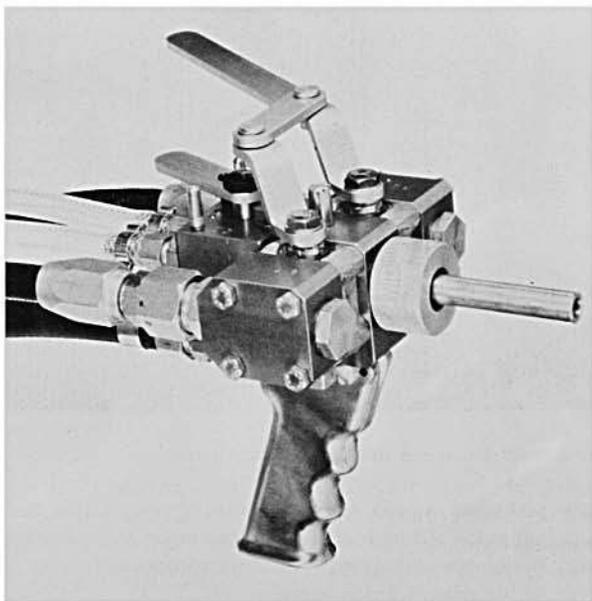
für den Baustellenbetrieb.
Leistung von 50 cm³/min
bis 12 kg/min.

Durch die Volumen-
dosierung können auch
Schaumflüssigkeiten mit
Füllmitteln (Quarzmehl,
Graphit) exakt dosiert
werden. Es sind Schlauch-
längen bis zu 200 Metern
möglich (Werkfoto Hilger
& Kern, Mannheim).



**Mischpistole für die oben
abgebildete Anlage.**

Die Vermischung erfolgt im
statischen Mischrohr ohne
bewegliche Teile. Die
Pistole wird standard-
mäßig mit Preßluft und
wahlweise zusätzlich mit
Lösemitteln gereinigt
(Werkfoto Hilger & Kern,
Mannheim).

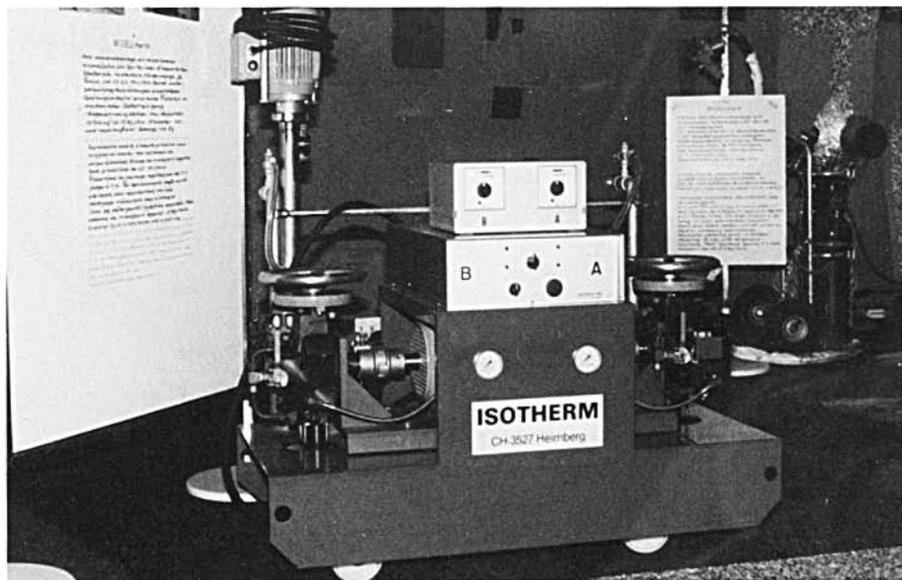
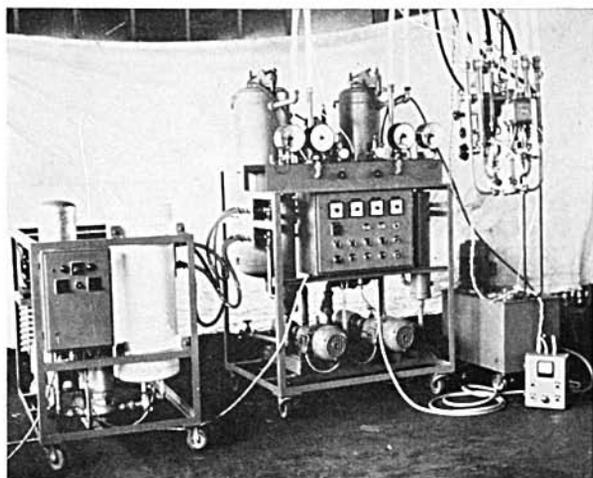


Stationäre oder transportable Anlage

zum Mischen und Dosieren von Polyurethan-Schaumstoffen.

Ausstoßmenge:

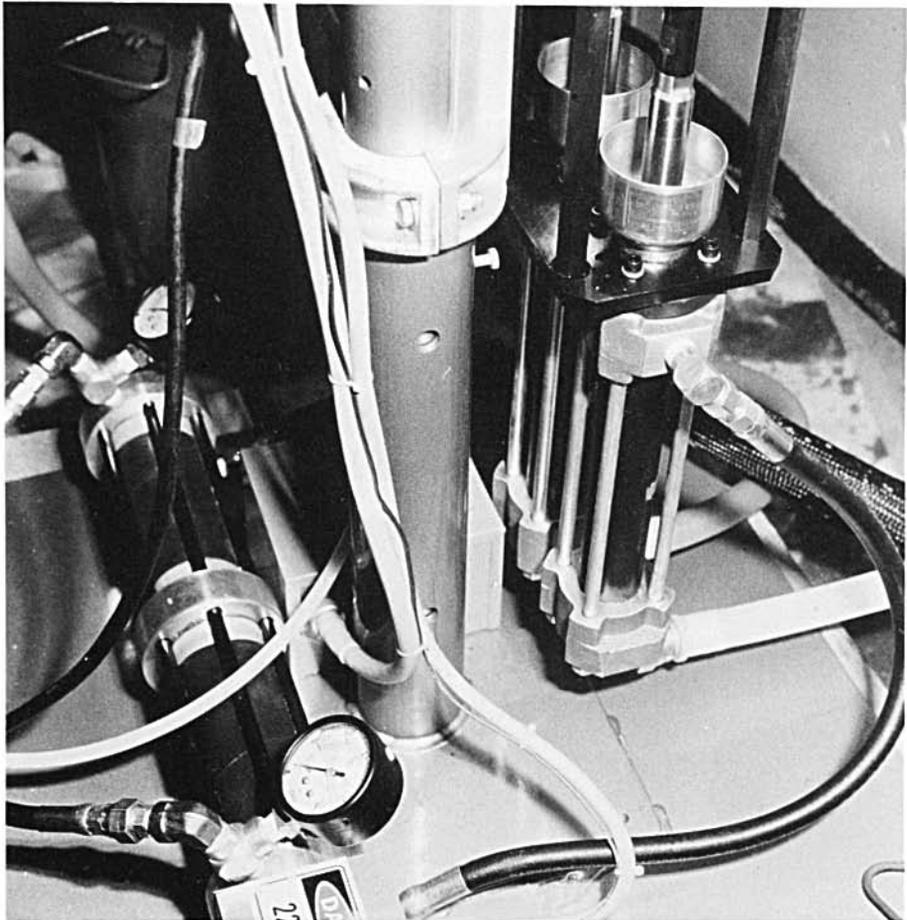
10–100 kg/min. stufenlos regelbar durch verstellbare Zahnradpumpen.



Hochdruck-Maschine mit Radial-Kolbenpumpen

Ein Elektromotor treibt über zwei Abtriebswellen die Radial-Kolbenpumpen für die A- und die B-Komponente an. Jede Pumpe für sich ist in weiten Grenzen über ein Handrad mengenverstellbar und fördert absolut kontinuierlich. Die Maschine ist je nach Ausrüstung als Spritz- oder Gießmaschine einsetzbar.

(Werkfoto: ISOTHERM)



Portionier-Einheit einer Hubkolben-Maschine

Rechts im Bild sind die beiden Portionierzylinder für die A- und B-Komponente angeordnet, die gemeinsam von einem Hubkolben-Luftmotor angetrieben werden.

(Werkfoto: GLAS-CRAFT GmbH)

Formenbau

Zu den wichtigsten Vorarbeiten für die PU-Schaumstoff-Verarbeitung gehören Entwurf, Bau- und Oberflächenbehandlung einer Form. Ihre Qualität ist für die Güte des fertigen Schaumstoff-Formteiles entscheidend.

Die im folgenden geschilderten Überlegungen gelten besonders für die Verwendung der Formen im „Handgießverfahren“ bei Kleinserien, vor allem aber für ihren Einsatz bei der maschinellen Serienfertigung, wo hohe Stückzahlen zu erzielen sind.

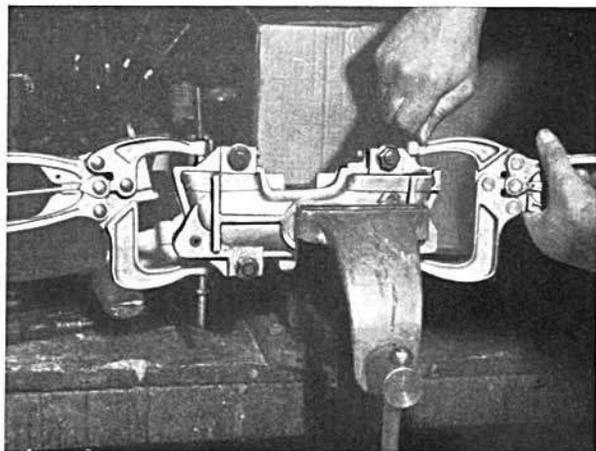
Entwerfen der Form

Da bei der Aufschäumung in geschlossenen Hohlkörpern je nach Verdichtung Drücke bis 5 atü und darüber auftreten, müssen die Formen entsprechend starkwandig gebaut und sehr gut versteift werden, um ein Verbeulen zu vermeiden.

Man rechnet allgemein mit einem Sicherheitsfaktor von 100 % d. h. bei einer errechneten Wandstärke von vielleicht 2 cm für einen Druck von 2,5 atü wählt man einen Wandquerschnitt von 4 cm.

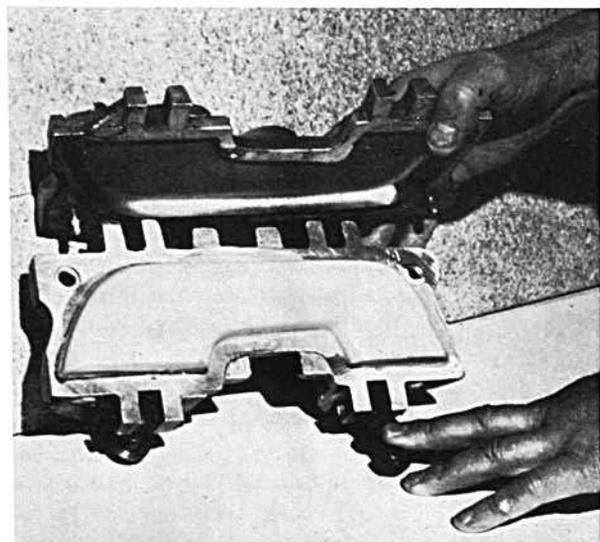
Verschlüsse sind in genügender Zahl anzubringen und sollen stark und robust sein, vorteilhaft für eine rasche Entformung sind nachstellbare Hebelverschlüsse. Der in der Form entstehende Druck ist sowohl abhängig von der Verdichtung als auch von Kontur und Lage des Formteiles.

Besonders beim maschinellen Einschießen des Schaumes in die geschlossene Form (Injizieren) kommt es auf die Lage des Einfüll- bzw. Einschußpunktes an. Es ist vorteilhaft, die Form so zu legen, daß der Schaum den Hohlraum in jeder Richtung unter möglichst flachen Winkeln füllen kann, um den Widerstand gering zu halten und damit eine gleichmäßige Schaumstruktur zu erzielen.



Form zur Herstellung eines Handgriffes

in geschlossenem Zustand, durch nachstellbare Hebelverschlüsse gehalten.



Die gleiche Form im geöffneten Zustand mit fertigem Formteil nach dem Ausschäumen.

So kann zum Beispiel schon eine geringe Neigung der Form eine Qualitäts-Verbesserung des Fertigteiles bewirken. Wird das Schaumgemisch durch ein größeres Bohrloch eingegossen, so ist dieses mit einem Stopfen nach dem Einfüllen zu verschließen.



Geöffnete Form zur Herstellung eines Formteiles. Die Entlüftungsbohrungen sind deutlich zu erkennen.

Formen-Entlüftung:

Besonderes Augenmerk ist auf die Anbringung von Entlüftungslöchern zu richten, damit überschüssiges Treibmittel und die vom aufsteigenden Schaum verdrängte Luft entweichen können. Es genügen in der Regel Bohrungen von 1—2 mm ϕ , die nach jeder Entformung von Schaumresten befreit werden müssen. Sie werden an den Stellen angebracht, wo Luftsäcke entstehen könnten z. B. an scharfkantigen Stellen und in Ecken, die voll ausgeschäumt werden sollen.

Bei waagrecht liegenden Formen zur Herstellung von Platten werden die Bohrlöcher an den Schmalseiten angebracht selten an den Breitseiten. Bei Eingießen der Mischung im Zentrum der Hohlform erfolgt die Entlüftung dabei nach außen durch die Bohrlöcher; ein Zirkulieren der Schaummasse wird vermieden und die vollständige Entlüftung beschleunigt.

Formen-Material

Für die versuchsweise Herstellung von einfachen Mustern kann man Holz-, Hartfaserplatten-, Gips- oder Polyesterformen verwenden. Dabei ist zu beachten, daß die ebene oder profilierte Formenoberfläche möglichst sauber und porenfrei wird. Holz- und Gips-Formen werden in der Oberflächenqualität mit DD-Lack oder durch Resopal®-Beschichtungen verbessert und erhalten nach dem Versiegeln einen Trennwachsfilm. Metallformen leiten die Reaktionstemperaturen zu schnell ab und sind entweder zu isolieren oder auf ca. 40 °C vorzuwärmen. Zur Verbesserung der Schaumstruktur kann es vorteilhaft sein, auch Formen aus anderen Materialien vorzuwärmen. Bei großvolumigen Teilen mit Wandstärken über 50 mm heizen sich die Formen durch die entstehenden Reaktionstemperaturen selbständig auf, so daß bei einer laufenden Fertigung gezielt temperiert werden muß.

Stark hinterschnittene Teile können nur entformt werden, wenn die Form mehrteilig gearbeitet ist oder entsprechende weichelastische Einlagen aus PU-Weichschaumstoff, Siliconkautschuk, Latex-Schaum oder Thiokol-Fugenmasse besitzt.

Arbeiten Sie mit mehreren gleichartigen Formen, soll jedes Werkzeug seine eingeschlagene Nummer haben, so daß sowohl das Werkzeug wie auch das fertige Schaumteil diese Nummer trägt. Beim Auftreten von erhöhtem Ausschuß kann damit die fehlerhafte Form schnell aussortiert und nachbearbeitet werden.

Temperierbare Formen in der Polyurethan-Serienfertigung werden der Temperatur-Steuerung wegen bevorzugt aus Aluminium gefertigt. Dieses Metall vereint die gewünschte Wärmeleitfähigkeit mit einer guten Bearbeitbarkeit und einer befriedigenden Standzeit. Diese Formen werden in Spezialbetrieben im Erodierverfahren auf elektrischem Wege aus dem vollen Block hergestellt.

Dennoch sind Aluminium-Formen kostenintensiv, so daß man versucht hat, eine preiswertere Formenbau-Methode zu finden, ohne auf die Aluminium-Oberfläche verzichten zu müssen.

In Gestalt des **Pütz-Verfahrens** ist eine verhältnismäßig dünne Schale aus Aluminium oder Chromnickelstahl im Flammstanz-Verfahren herstellbar.

Diese Schale wird dann mit Kupfer oder niedrigschmelzenden Metallen oder wahlweise mit wärmeleitenden Kunstharz-Hinterfüllungen vervollständigt. Der besondere Vorteil des Verfahrens liegt in der Möglichkeit, von sehr preiswerten Urmodellen (aus Gips, Kunstharzen, Holz, Kernen mit genarbten Folien oder ggf. Schäumen) direkt die Arbeitsform mit Rockwell-Härten bis zu 70 abnehmen zu können.

Der Formenbau nach diesem Verfahren ist damit

- a) wesentlich verbilligt,
- b) erheblich schneller durchführbar und
- c) auch in Eigenregie möglich.

Da auf diese Weise die Vorkosten auf einen Bruchteil der bisherigen Aufwendungen reduziert und zudem Prototypen in wesentlich kürzerer Zeit (selbst) hergestellt werden können, ist hier den ebenfalls im Standzeit-Bereich ab wenigen Hundert Teilen eingesetzten Kunstharz-Formen eine von der Oberflächen-Härte und (Wasch-) Lösungsmittelbeständigkeit her überlegene Konkurrenz erwachsen.

Das Pütz-Verfahren eröffnet damit dem PUR-Verarbeiter im Bereich der Kleinserie und zur Verbesserung der Formen-Standzeit neue Möglichkeiten.

Formen-Trennmittel

Soll beim Entformen die Schäumhaut unverletzt bleiben, ist es notwendig, die glatte Formenoberfläche mit einem dünnen Trennmittelauftrag speziell zu präparieren. Bei vorgewärmten Metallformen genügt ein leichtes Auftragen oder Aufsprühen unseres Trennmittels AFH. Holz-, Hartfaserplatten- und Gipsformen werden zum Versiegeln mit 2-Komponenten-DD-Lack lackiert und nach dem Aufrocknen mit Trennmittel AFH behandelt.

Nach vollständiger Trocknung des Wachsfilmes wird mit einem weichen Tuch gut poliert. In regelmäßigen Zeitabständen (z. B. nach 8 Tagen) müssen diese Formen mit Testbenzin gründlich gereinigt werden, um zu vermeiden, daß die Oberflächenqualität durch zu dicke Wachsschichten verändert wird. Danach erfolgt wie schon beschrieben ein erneuter Wachsaufrag. Die Häufigkeit der Behandlung mit Trennmittel richtet sich nach der Kontur des Schaumstoff-Formteiles und ist für den speziellen Fall durch Eigen-Versuche zu ermitteln. Für die Herstellung planer Formkörper (z. B. flacher Platten) können als Trennmittel Pergamentpapier, handelsübliche Polyäthylen- oder Hostaphanfolie, sowie Aluminiumfolie („Silberpapier“) verwendet werden. Diese lassen sich nach dem Aushärten von der Schaumoberfläche abziehen.

Funktionsablauf einer Schaumteile-Serienfertigung

Für eine Serienfertigung hat sich zur Erzielung hoher Stückzahlen ein kreisförmiger Bandablauf bewährt.

Ein solches Karussell kann sowohl im Handanmischverfahren als auch mit einer Schaumverarbeitungsmaschine bedient werden. Die einzelnen Arbeitstakte nehmen folgenden Verlauf:

Einspritzen des Schaumes in die Form

Härtezeit

Öffnen der Form

Entformung

Säuberung der Form, evtl. erneuter Trennmittelauftrag bzw. Einlegen von Folien

Erneutes Füllen der Form.

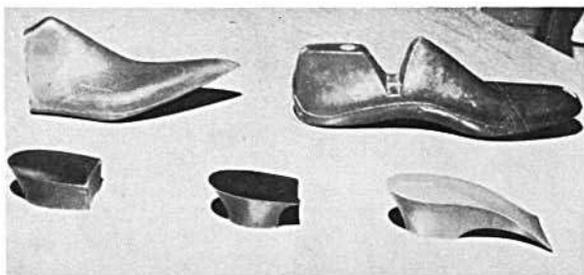
Das schäumfähige Gemisch wird aus der Pistole oder bei der Handanmischung aus dem Anrührbecher in die Form eingespritzt bzw. eingefüllt. Dann wird die Form geschlossen. Die Stückzahl ist neben den Einfüllzeiten abhängig von der Reaktionsgeschwindigkeit des Schaumgemisches und der Anzahl der vorhandenen Formen. Für eine rationelle Fertigung können auch Formen mit unterschiedlichem Volumen in einem Bandablauf maschinell beschäumt werden.

Eine Planung für eine derartige Bandanlage, die manuell, halb- oder vollautomatisch betrieben werden kann, muß die oben beschriebenen Arbeitsvorgänge sorgfältig aufeinander abstimmen.

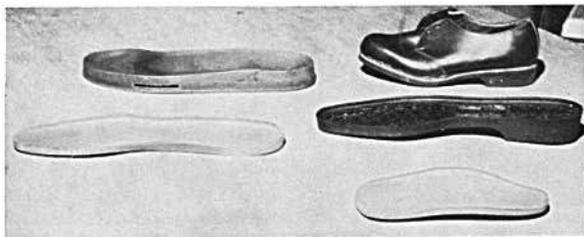
Schuhleisten und Absätze

Durch Ausschäumen entsprechender Formen aus eingefärbten PU-Hartschäumen hergestellt.

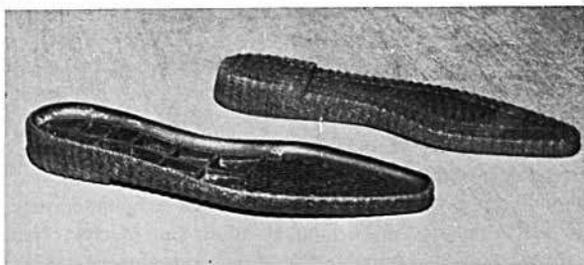
Schuhsohlen und Einlagen



aus zäh-elastischen PU-Schäumen zeichnen sich durch hohe Abrieb- und Reißfestigkeit aus.



Diese Schuhsohlen sind besonders rutschsicher.



Sind nicht genügend Formen vorhanden, um einen kontinuierlichen Bandablauf zu gewährleisten, werden alle Formen **hintereinander** beschäumt und der Mischkopf der Maschine nach diesem Durchgang gespült oder mit einem Preßluftstoß gesäubert.

Ein gut einregulierter Ablauf wird sich auch über einen längeren Zeitraum kaum verändern. Vor Beginn der Produktion werden Bandanlage, Schäum-Maschine und Formen überprüft. **Fertige Teile** aus den verschiedensten Materialien, die mit eingeschäumt werden sollen (z. B. Armierung, Randleisten), **werden sorgfältig in die Form eingelegt** und ggf. befestigt. Die mit dem Schaum in Berührung kommenden Formflächen werden mit **Trennmittel dünn eingesprüht und gut poliert**. Ein zu starker Wachsaufrag führt zu Fehlstellen an der Schaumoberfläche. Bei raschem Bandablauf empfiehlt sich zur schnelleren Trocknung des Trennmittels ein Beheizen mit Infrarotstrahlern, auch hier ist gut nachzupolieren. Wie bereits erwähnt sollten die Formen regelmäßig von Trennmittelresten befreit werden.

Die so vorbehandelte und ggf. geschlossene Form wird nach einer kurzen Zeit (gewöhnlich 15 Sekunden) zur Maschine gefahren und je nach Maschinentyp **manuell oder automatisch gefüllt**. Entsprechend dem eingestellten Schußgewicht wird die benötigte Menge



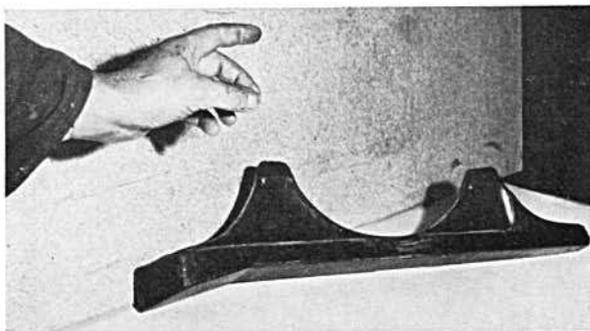
Automatisch gesteuerte Verschäumungsanlage zum Einbringen genau dosierter Schaummengen für die Formteillfertigung. Einstellung der Taktzeiten mittels eines Impulzzählwerkes.

im Mischkopf gemischt und in die Form eingespritzt. Nach diesem Füllvorgang läuft das Band um einen Takt weiter; diese Intervalle werden vorher berechnet und eingestellt. Der Füllvorgang wiederholt sich im gleichen Rhythmus. Die gefüllten Formen laufen je nach Härtingszeit eine bestimmte Strecke und wandern in dieser Zeit (**Formenverweilzeit**), die zwischen 5 und 30 Minuten beträgt, zum „**Formenöffnungsplatz**“, wo sie von Hand oder automatisch geöffnet werden. Das fertige Schaumteil wird vorsichtig ausgeformt und bis zur vollständigen Aushärtung gelagert. Die frischen Teile sollen zumindest 30 Minuten nicht mechanisch beansprucht werden, um eine unerwünschte Verformung zu vermeiden.

im Mischkopf gemischt und in die Form eingespritzt. Nach diesem Füllvorgang läuft das Band um einen Takt weiter; diese Intervalle werden vorher berechnet und eingestellt. Der Füllvorgang wiederholt sich im gleichen Rhythmus. Die gefüllten Formen laufen je nach Härtingszeit eine bestimmte Strecke und wandern in dieser Zeit (**Formenverweilzeit**), die zwischen 5 und 30 Minuten beträgt, zum „**Formenöffnungsplatz**“, wo sie von Hand oder automatisch geöffnet werden. Das fertige Schaumteil wird vorsichtig ausgeformt und bis zur vollständigen Aushärtung gelagert. Die frischen Teile sollen zumindest 30 Minuten nicht mechanisch beansprucht werden, um eine unerwünschte Verformung zu vermeiden.



Geöffnete Formen mit geschäumtem Formteil, das allseitig mit einer ABS-Folie umhüllt ist. Die Folie wird vor dem Schäumvorgang in die Form eingelegt und verbindet sich ohne zusätzliche Verklebung mit dem Hartschaumkern.



Nach der Entformung

Die geöffnete Form wird nun mit **Prebluft** von möglichen Schaumresten **gesäubert** und wandert wiederum zu der Stelle, an der je nach Bedarf ein Trennmittelauftrag erfolgt oder mit Einlegearbeiten der Kreislauf von neuem beginnt.

Wir möchten an dieser Stelle noch einmal darauf hinweisen, daß neben der theoretischen Planung auch eine praktische Erprobung aller Einzelfunktionen eines Bandablaufes zu erfolgen hat, die in der **Versuchsphase** aber nicht während der Fertigung durchgeführt wird.

Ausschäumung von Formen und Hohlräumen

Mit der Ausschäumung von Hohlräumen bietet sich eine stoffgerechte Fertigungsmethode, die erstmalig die Materialeigenschaften der flüssigen PU-Schaumgemische voll ausnutzt und damit auch wirtschaftliche Vorteile ermöglicht.

PU-Schaumstoffe, die in Hohlräumen aufgeschäumt werden, haben grundsätzlich ein höheres Raumgewicht als freigeschäumte Systeme. Diese verfahrensgebundene Dichteerhöhung beträgt normal etwa 20–30%. Die erforderliche Einfüllmenge muß daher je nach Formkontur um 20–30 % des errechneten Volumens erhöht werden, damit gewährleistet ist, daß die oberen Ecken ebenfalls voll ausgeschäumt werden. Dabei ist noch zu beachten, daß besonders in den oberen Ecken Entlüftungslöcher vorhanden sein müssen, damit die dort eingeschlossene Luft nach außen entweichen kann.



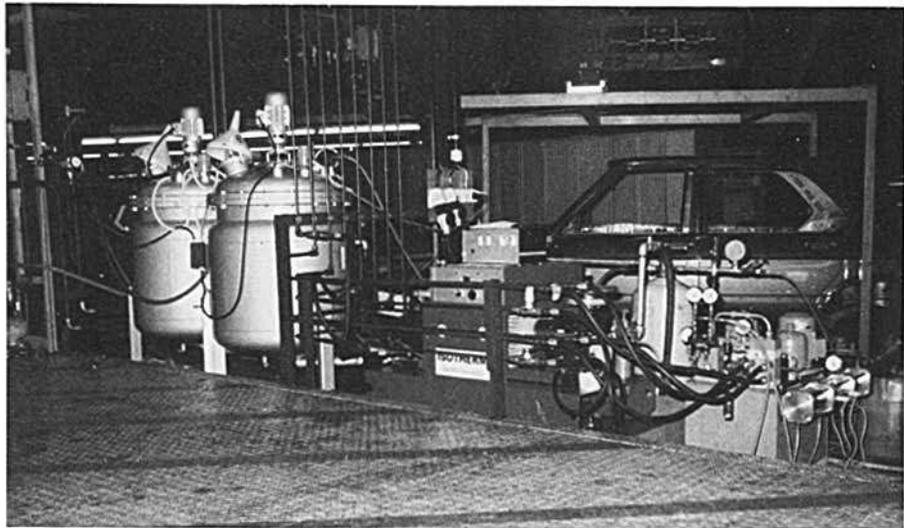
Hohlraum-Ausschäumung

Das Füllen von Hohlräumen wird bei größeren Einheiten schußweise vorgenommen. Dabei beginnt man stets an der tiefsten Stelle des Hohlräumens.

Damit der aufsteigende und dabei Seitendruck entwickelnde Schaum das Bauteil nicht aufbläht, werden Stützformen notwendig. Sie fangen die Schaumdruck-Kräfte in der Steigphase ab.

Wo können PUR-Schaumstoffe eingesetzt werden?

Bevor wir im einzelnen die Anwendungsmöglichkeiten der PU-Schaumstoffe beschreiben, wollen wir die Schilderung der beiden wichtigsten Einsatzbereiche voranstellen. Wir glauben, damit einen besseren Gesamt-Einblick in die Arbeitsmethode unserer PU-Schaumstoffe zu ermöglichen.



Schaummaschine am Fließband

Hier gilt das Prinzip „Sicherheit“. So wird der Schaum nicht – wie sonst üblich – aus Fässern gefahren, sondern der Maschine aus mit Rührmotoren bestückten Drucktanks zugeführt (links).

Um die Schußgröße genau reproduzieren zu können, wird die zeitgebundene Mengensteuerung der Pistole von einer Hydraulik vorgenommen (rechts).

Die Kapitel „Hohlraum ausschäumen“, „Leichte Stütz- und Sandwichkonstruktion“ enthalten außerdem anwendungstechnische Hinweise, die für alle weiteren Einsatzbereiche zutreffen und zur Lösung mancher Verarbeitungsprobleme beitragen. Beide Arbeitsmethoden sind verwandt und bilden zusammen mit dem Formenbau die wichtigsten Grundlagen der PU-Schaumstoff-Verarbeitung.

Vorbereitete Hohlkörper lassen sich **verlustfrei** ausschäumen. Man nutzt den auftretenden Schäumdruck, der je nach Verdichtung noch erhöht werden kann, um Deckschichten (z. B. Sperrholz, Folien etc.) in eine vorbestimmte Kontur zu pressen. Hierbei müssen die Stützformen entsprechend stabil ausgelegt sein, um Verbeulungen der Wandung zu verhindern (Kräfteverteilung, Druckbeanspruchung).

Der fertige Schaumkern versteift großflächig die Hohlkörperwandungen und bietet durch seine im Gegensatz zu Polystyrol-Partikelschaum **fugenlose Struktur** ein besonders hohes Isoliervermögen.

Die bei **Raumtemperatur** verarbeitbaren flüssigen Schaumgemische füllen beim Aufsteigen auch komplizierte Hohlraum-Querschnitte. Die Erzeugung der Schaumstoff-Stützkerne erfolgt ohne Zufuhr äußerer Wärme. Dadurch wird es möglich, dieses Isoliermaterial an **Ort und Stelle** zu verarbeiten. Das eingefüllte Gemisch dringt auch in Ritzen, Fugen sowie in schwer zugängliche Ecken und Winkel. Es verbindet sich wegen seiner ausgezeichneten Klebkraft fest mit den Hohlkörper-Wänden. In zu dünnen Spalten unterliegt das aufsteigende Schaumgemisch einer starken Reibung an den Seitenwänden, die zu Schaumüberwälzungen führt und unter ungünstigen Verhältnissen eine Zerstörung der Schaumstruktur zur Folge hat. Ein weiterer möglicher Nachteil ist die verminderte Haftung der oberen Schaumzone bei Systemen, die während des Aufstiegs bereits gelieren. Diese Mängel können durch eine schnellere Schaumreaktion behoben werden, so daß das Gemisch noch vor Ablauf der Klebfreizeit, d. h. innerhalb der Steigzeit, den oberen Rand des Hohlkörpers erreicht.

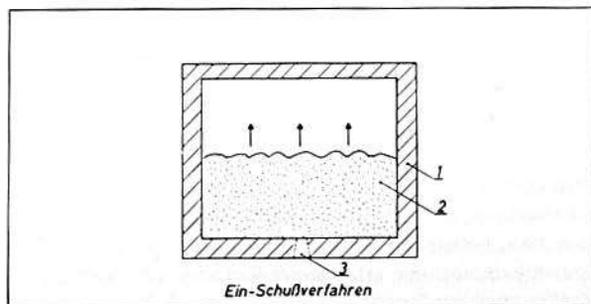
Für die Hohlraum-Ausschäumung besonders für Hohlkörper mit engen Querschnitten sind daher nach Möglichkeit Schaum-Typen mit kurzen Topf- und Steigzeiten, d. h. mit hoher Schäum-Geschwindigkeit einzusetzen. Eine Verringerung der Schäum-Geschwindigkeit bedeutet Dichteerhöhung und Haftverminderung.

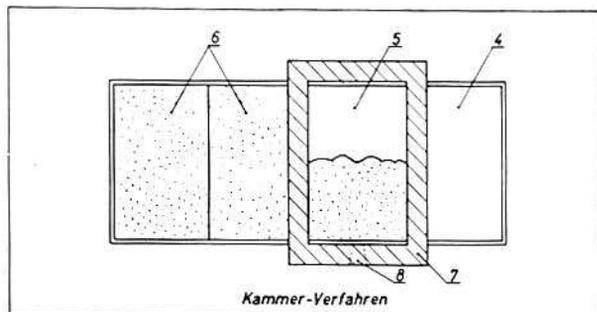
Auch die Oberflächen von sog. freistehenden Außenwänden können auf diese Weise isoliert werden. Mit Hilfe einer stabilen Schalung, die auch als „Wanderschalung“ zu verwenden ist, wird je nach Bedingungen eine entsprechend dicke Schaumschicht auf die Wandoberfläche aufgebracht, die im Gegensatz zu Spritzisolierschichten eine glatte Oberfläche aufweist und ihrerseits noch beschichtet werden kann. Für die „Füllbauweise“ gibt es **keine Größenbegrenzung** der Hohlkörper, wenn großvolumige Hohlräume durch Schotter in kleinere Kammern unterteilt werden. Bei der maschinellen Verschäumung bestimmt die Kapazität (Austragsleistung) der Maschine neben den Taktzeiten des Schaumgemisches im wesentlichen die Wahl zwischen

„Ein-Schußverfahren“ oder „Kammer-Verfahren“

wobei die Verweilzeit des gefüllten Hohlkörpers in der Stützform möglichst kurz sein soll, um ein zügiges Ausschäumen zu ermöglichen.

- 1 Stabile Stützvorrichtung
- 2 Aufsteigender Schaum
- 3 Einfüllöffnung -
Maschine mit großer
Austragsleistung





- 4 Leere Kammer vor der Verschäumung
- 5 Kammer während der Verschäumung
- 6 Verschäumte Kammern
- 7 Kleinere Stützvorrichtung
- 8 Einfüllöffnung-Maschine mit kleiner Austragsleistung

Man wählt daher Reaktionsgemische mit Ruhezeiten von ca. 15–20 Sekunden und Steigzeiten von 60 Sekunden. Der Schaum ist dabei nach 15–20 Minuten soweit verfestigt, daß der entstandene Verbundkörper ohne Bedenken aus der Stützvorrichtung entformt werden kann.

Im folgenden Beispiel zeigen wir Ihnen anhand eines Schemas, wie die erforderlichen Hohlkörperabmessungen zu berechnen sind, wenn in **einem** Arbeitstakt geschäumt werden soll. Zu beachten ist außerdem, daß die Füllhöhe des Hohlkörpers 1,50 m pro Arbeitstakt nicht überschreitet (höhere Hohlräume müssen nach dem Überschichtungsverfahren gefüllt werden).

Beispiel: Austragsleistung der Maschine 6 kg/min. Zulässige max. Füllzeit lt. Rezeptur 20 sec. (= ca. halbe Becher-Topfzeit)

max. Füllmenge in 20 sec.	2 kg
gefordertes Raumgewicht	40 kg/m ³ = 40 g/l
füllbares Hohlraum-Volumen	0,05 m ³ = 50 l

Der Hohlraum kann damit folgende Abmessungen haben:

Geforderte Kerndicke bzw. Breite 40 mm = 0,4 dm; geforderte max. Schaumhöhe 1,50 m = 15 dm

0,05 m³ ergeben eine Länge $L_{\text{theor.}} 0,83 \text{ m} = 8,3 \text{ dm}$; $L_{\text{eff}} = L_{\text{theor.}} \cdot P_{\text{w, längs}} \cdot P_{\text{w, quer}}$, $P_{\text{w, längs}} = 0,60$, $P_{\text{w, quer}} = 0,95$ (s. S. 35), damit $L_{\text{eff}} = 8,3 \text{ dm} \times 0,60 \times 0,95 = 4,7 \text{ dm}$

Wird mit derselben Maschine ein Hohlkörper mit gleicher Kerndicke und Höhe, aber mit einer Länge von 5,0 m ausgeschäumt, so ist dieser in drei 1,5 m lange Segmente zu unterteilen, die nacheinander gefüllt werden. Bei einer 5 m langen Stützvorrichtung wird direkt hintereinander geschäumt, während bei einer kleinen 1 m langen Stützform Wartezeiten (Formenverweilzeit) zwischen jedem Füllvorgang von ca. 15–20 Minuten entstehen (siehe Zeichnung!). Die nächste Füllung kann erst erfolgen, wenn die Stützform um die Länge eines Segmentes verschoben wurde.

Oftmals wird eine gleichmäßige und gute Verteilung der Schaum-Mischung erst durch die Verwendung geschlitzter Füllrohre ermöglicht, die in den Kammern verbleiben und mit eingeschäumt werden. Eine Verringerung der Segmentanzahl wird durch Verwendung von Maschinen mit erhöhter Austragsleistung möglich. Es gibt Maschinen mit Gesamt-ausstoßmengen von 125 kg pro Minute.

Werden Hohlkörper **unter geringer oder hoher** Verdichtung ausgeschäumt, so muß die tragende Außenkonstruktion, die aus Deckschichten und Randprofilen besteht, vor dem Beschäumen fertig zusammengebaut sein (z. B. durch Punktschweißen oder Kleben) und in die Stützform eingesetzt werden. Die Schaummischung wird über eine Füllöffnung eingetragen. Die Hohlkörper können entsprechend ihren Außenmaßen in horizontaler oder senkrechter Lage gefüllt werden.

Dabei wird das „Vertikal“ (Senkrecht)-Verfahren **auf jeden Fall** angewendet, wenn die Deckschichten zur Erzielung einer besseren Bindung mit dem Schaumkern speziell vorbehandelt werden. (siehe Abschnitt Schaumkerne mit „inhomogenem“ Raumgewicht).

Mit dem bereits beschriebenen „**Überschichtungsverfahren**“, bei dem die Schaummischung entweder lagenweise gegossen oder gespritzt wird, erzielt man einen Kern mit freigeschäumtem Raumgewicht.

Eine Verdichtung findet nur bei schmalen und hohen Hohlräumen (Querschnitt unter 12 cm) statt. Der Hohlkörper bleibt oben offen und muß für den Mischkopf leicht zugänglich sein. Das fehlende Randprofil wird nachträglich auf das fertig geschäumte Element aufgesetzt und verklebt bzw. verschweißt.

Die Wahl zwischen „Verdichten“ und „Überschichten“ wird durch die Anforderung an die Festigkeit getroffen. Während beim Verdichten der Schaumkern eine Stützwirkung ausübt, hat eine Hohlkonstruktion beim Überschichten weitgehend selbsttragend zu sein.

Die nachfolgenden Schemazeichnungen verdeutlichen die unterschiedlichen Arbeitsmethoden:

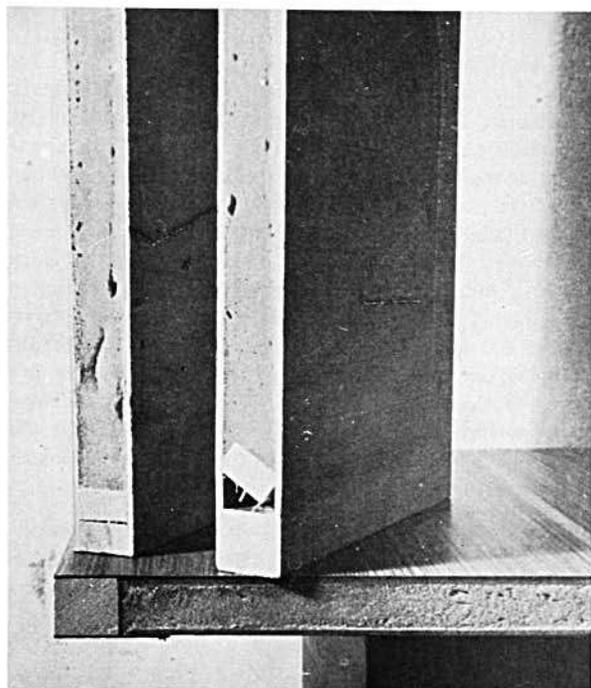
Schaumkern-Verbundkonstruktion (Sandwichbau)

Diese Bauweise gehört zur Gruppe der Leichtkern-Konstruktionen, die dem konventionellen Leichtbau neue richtungsweisende Impulse verliehen haben. Universeller Anwendung von Leichtkernkonstruktionen stand bisher die nur teilweise Ausnutzung der Materialfestigkeiten, z. B. von dünnen Blechen, Sperrholz, Kunststoffplatten usw. entgegen, da durch die herkömmlichen Leichtkerne aus Kork etc. keine wesentliche Versteifung der Außenhaut erzielt werden konnte.

Auch Profilversteifungen brachten keine befriedigende Beeinflussung der Beanspruchungsgrenze eines solchen Bauteiles. Erst die **flächige Abstützung** durch einen Schaumstoff-Kern ermöglicht eine weitgehende Stabilisierung der dünnen Deckschichten gegen Verbeulung.

Diese Verbund- und Sandwichkonstruktionen sind dadurch gekennzeichnet, daß zwei Deckschichten durch eine Schaum-Zwischenlage (Raumgewicht des Hartschaumkernes zwischen 40—300 kg/m³) **schubfest** miteinander verbunden sind.

Die Wanddicke dieser so verstärkten Deckschichten konnte hierdurch erheblich verringert werden, da die Belastbarkeit bei einwandfreiem Verbund bis annähernd zur Spannungs-, bzw. Streckgrenze (z. B. bei Metall) möglich ist, d. h. der Kern paßt sich dem Verhalten der Deckschicht an. Dementsprechend können Sandwich-Elemente sowohl senkrecht als auch in Plattenebene beansprucht werden. Zusätzlich zu dieser Stützwirkung zeichnet sich der



Ausschnitte aus Türelementen in Sandwich-Bauweise.

Deckschichten: Sperrholz bzw. Resopal

Schaumkern:

Hartschaumtyp „HR“.

Zur Herstellung dieser Sandwich-Platten wurde als Stützform eine Furnierpresse verwendet.

Schaumkern durch eine hohe Isolierfähigkeit aus, die besonders für den Bausektor einen neuen breiten Anwendungsbereich erschließt. Die Herstellung großer und trotzdem noch handlicher Leichtbau-Elemente ermöglicht eine erhebliche Senkung der Transport- und Montagekosten und ist je nach Fertigungsmethode auch in großer Serie durchführbar.

Herstellungsmethoden

Die Herstellungsmethode von Schaumkern-Verbundplatten und -Bauteilen richtet sich nach der Anzahl der zu fertigenden Elemente und damit nach der Betriebs- und Marktkapazität.

Für die Größenabmessung und das Gesamtgewicht der Bauteile gelten konstruktive und statische Gesichtspunkte, die je nach Beanspruchung der Fertigbauteile deren Aufbau (Deckschicht-Kern-Deckschicht) bestimmen.

Ein wichtiger Faktor ist außerdem die Kostenfrage, für die eine Gesamtkalkulation über

Rohstoff-, Material-, Produktions-, Transport- und Montage-Kosten notwendig wird.

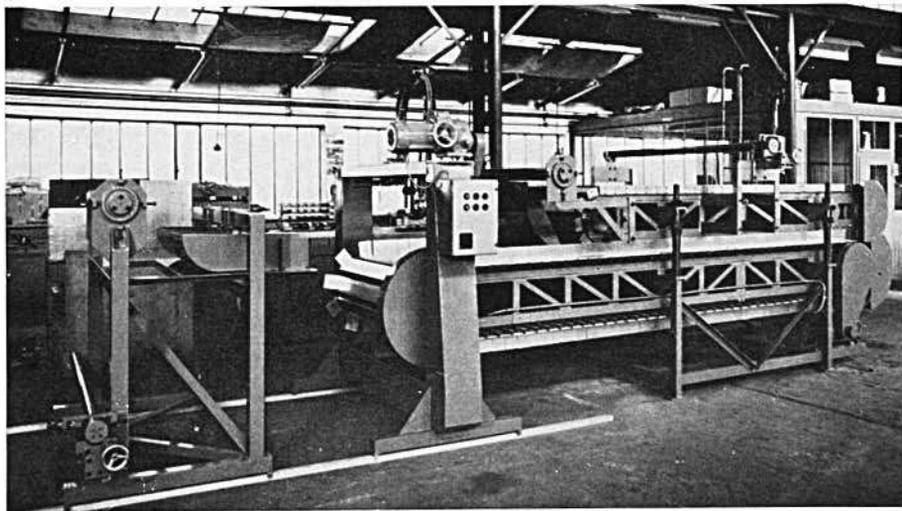
Bei der Herstellung unterscheidet man

die **Ausschäum-Methode** vorgefertigter Hohlkonstruktionen und **das nachträgliche Beschichten** vorgefertigter Schaumkerne mit festen oder flüssigen Werkstoffen (z. B. Sperrholz, glasfaserverstärktes Polyesterharz usw.).

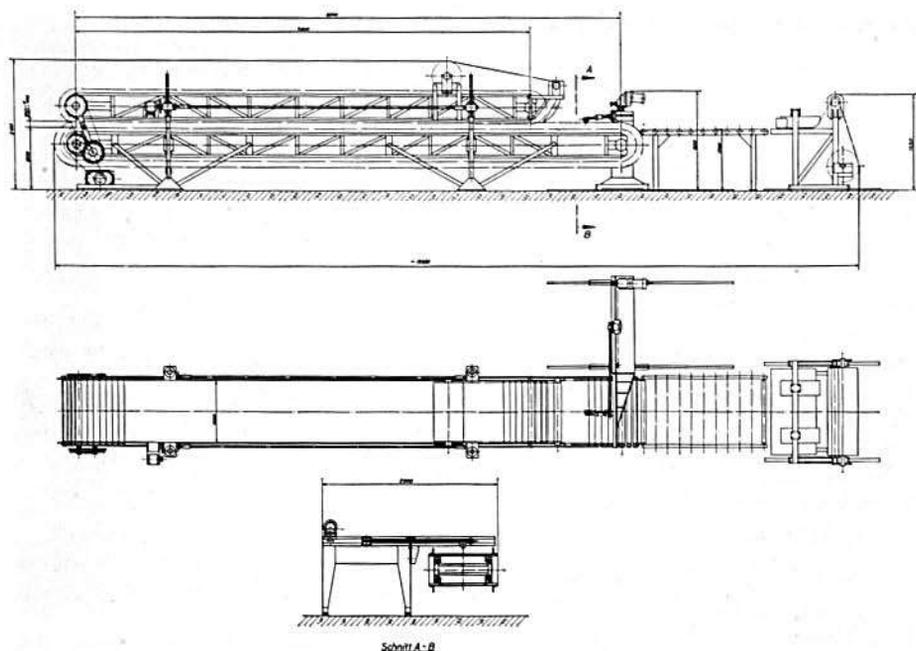
Ausschäum-Methode im Sandwichbau

Eine Kombination der im Kapitel „Ausschäumung von Formen“ geschilderten Schaum-Verarbeitungsmethoden „**Verdichten**“ und „**Überschichten**“ wendet man neuerdings zur **kontinuierlichen Herstellung von ebenen Schaum-Verbundteilen** an. Bei diesem sog. „**Horizontal-Verfahren**“ werden schnell reagierende Schaumsysteme verarbeitet, die schon nach 2—3 Minuten entformt werden können und mit diesem vollkontinuierlichen Ablauf eine Massenproduktion ermöglichen. Da bei diesem Verfahren die maximal erreichbare Schaumkerndicke bei 10—15 cm liegt, sind die auftretende Verdichtung des Schaumes und der daraus resultierende Druck (max. 1 atü bei 2-facher Verdichtung) im Vergleich zum Senkrecht-Verfahren relativ gering. Aufrollbare ebene oder profilierte Deckschichten aus Kunststoff-Folien, Papier, Pappe, Metall oder Holzfurnier laufen über ein Doppeltransportbandsystem, wobei auf die untere Bahn mit einem Spritzkopf fortlaufend Schaumgemisch aufgespritzt wird. Die Gleichmäßigkeit der Schaumlage wird durch den im Hin- und Hergang bewegten Mischkopf erzielt, der auf einem Schlitten montiert ist. Die seitliche Begrenzung des Schaumes bilden umlaufende Deckelriemen. Die notwendigen Randprofile werden nachträglich angebracht. Das auslaufende Verbundelement wird in der gewünschten Länge mit einem Querschneider abgeschnitten.

Legt man auf die unten laufende Deckschicht vorbereitete Holz-, Metall- oder Kunststoff-Rahmen, so können durch Ausschäumen dieser Hohlkörper fertige **Schaum-Verbundplatten** hergestellt werden, wobei im gleichen Arbeitsgang Deckschicht und Rahmenkonstruktion miteinander verklebt bzw. verschweißt werden.



Doppeltransportband-Anlage für die Herstellung kaschierter Hartschaum-Platten
Leistung: 150 m² pro Stunde, auch für das Kaschieren mit beidseitigen Deckschichten ausgelegt.



Konstruktionszeichnung einer Doppeltransportbandanlage

Hartschaum-Anlage (Doppeltransportband-System)

Leistung in Abhängigkeit von Plattenbreite und Schaumstoffsystem bis $1000 \text{ m}^3 / \text{Stunde}$, Plattendicke einstellbar von $10\text{--}400 \text{ mm}$, Normbreite $1,0$ und $1,4 \text{ m}$, Plattenbreite stufenlos verstellbar. Sonderausführung bis $2,8 \text{ m}$, Oberband mit Gegendruckregelung, Unterband mit 5 regelbaren Kühl- und Heizelementen. Flachmischkopf und Beschichtungsportal für beidseitiges Kaschieren mit festen Deckschichten. Anlage mit Zeilenschaltung für absolut gleichmäßige Verteilung ausgestattet.

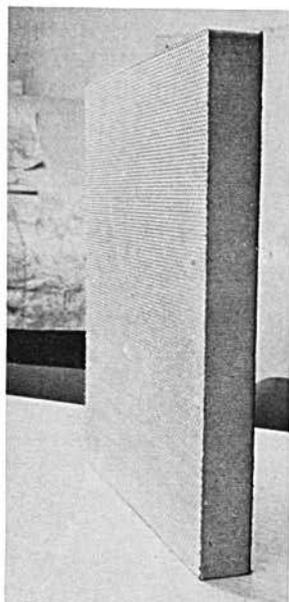
Einsatzgebiete für beide Doppelbandanlagen: Herstellung von Hartschaumplatten, kaschiert mit Papier, Folien und festen Deckschichten. Herstellung von allseitig profilierten und auf Maß abgelängten Platten.

Ausschnitt aus einer Sandwichplatte

Deckschicht (außen): profilierte Alu-Folie, Schaumkern: Hartschaum „HR“, Deckschicht (innen): Bitumenpappe gefertigt in einer Doppeltransportbandanlage.

Diese Verbindung kann auch nach Aushärtung des Schaumkernes, d. h. nach Passieren der Schäumvorrichtung erfolgen. Nach diesem Verfahren gefertigte **Schaum-Verbundplatten** können nicht hoch beansprucht werden und sind z. B. als nichttragende Zwischenwände, Isolierplatten usw. zu verwenden. Höhere Beanspruchungen lassen sich nur durch Senkrechtschäumung erreichen, weil die Verdichtung bei diesem System höher liegt. Dabei wird das gesamte Element als Hohlkörper vorgefertigt und in die Stützform eingelegt. Während des Schäumvorganges werden die Deckschichten durch die Stützvorrichtung im richtigen Abstand gehalten. So werden Verbeulungen vermieden.

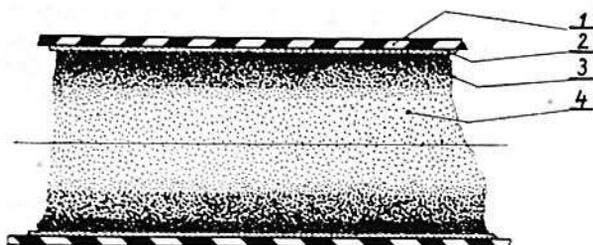
Die Scherbeanspruchung durch unterschiedliche Temperaturen auf den beiden Plattenseiten kann die Verbindung Kern-Deckschicht sprengen. Bei Herstellung dieser Platten erfordert deshalb die einwandfreie Verbindung von Schaumkern und Deckschicht besondere Sorgfalt. Sie kann durch folgende Vorbehandlung verbessert werden:



Randzonen-Armierung und Verdichtung

Die Innenseiten der Deckschichten werden vor dem Zusammenbau des Hohlkörpers mit Fasermaterial belegt. Neben dem Aufkleben von Acrylfaser oder Glasfasermatten besteht die Möglichkeit, eine Metallplatte, die mit einem Kleberauftrag versehen wird, elektrostatisch mit Fasern zu beflochten. Die einzelnen Fasern stellen sich dabei senkrecht zur Plattenoberfläche.

Nach vollständiger Erhärtung des Klebers wird die schäumfähige Mischung maschinell von unten in die senkrecht stehende Form eingebracht. Das auftreibende Schaumgemisch dringt in die Matten bzw. Fasern ein, **verdichtet sich** im Faservlies (Faservorlage) und bildet nach dem Aushärten direkt unter der Außenhaut eine starre, **hochverdichtete Randzone**. Damit wird der Schaumkern mit den Deckschichten zusätzlich mechanisch verbunden, der entstandene symmetrisch aufgebaute Stützkern erhält ein vom Kerninnern zur Außenhaut hin stufenweise zunehmendes Raumgewicht, das als „**inhomogenes Raumgewicht**“ bezeichnet wird. Diese „Raumgewichts-Abstufung“ erfolgt nicht willkürlich, sondern ist einwandfrei vorauszubestimmen und **abhängig von der Art und Dicke der Faservorlage, vom Hohlkörper-Querschnitt, vom geforderten durchschnittlichen Raumgewicht (Gesamtraumgewicht)** und der Schaumtype, die für eine **2–3fache Verdichtung** auszuwählen ist.



- 1 Deckschicht
- 2 Klebeschicht
- 3 Verdichtete Schaum-Randzone (mit Acrylfasersteppmatte)
- 4 Schaumkernmitte

Die nachstehende Tabelle zeigt neben dem Verlauf der Raumgewichtsabstufung den Einfluß der Dicke des Stützkernes auf das **erforderliche niedrigste Gesamt-Raumgewicht** des Hartschaumes (II.). **Diese Mindestforderung (Spalte II) gilt auch für die Herstellung von homogenen Schaumkern-Bauteilen** im Überschichtungs- oder Verdichtungs-Verfahren, wenn sie mechanisch beansprucht werden.

Die in der Spalte II aufgeführten Werte (Raumgewichte) sind außerdem für die Festlegung der Kerndicke (I) und Berechnung des Quadratmeter-Preises zu berücksichtigen.

I Dicke des Stützkernes	II erforderliches Gesamtraum- gewicht [kg/m ³]	III Raumgewicht der Randzone [kg/m ³]	IV Raumgewicht der Kern- Mitte [kg/m ³]	V Raumgewicht der verwendeten Schaumtype [kg/m ³]
20— 30	üb. 150	ca. 500	ca. 110	50
40— 70	100—60	450—400	70—40	33—26
80—150	60—40	350—250	35—30	25—20

Die Kerndicken sind abhängig von der Beanspruchung der Verbund-Platte. Hochbeanspruchte Sandwich-Platten werden z. B. für den Bausektor mit Kerndicken von 40—70 mm benutzt. Dicken bis 150 mm wählt man z. B. für großflächige Wandelemente und Türen für den Kühlraumbau.

Das Verfahren zur Herstellung von Schaumkern-Verbundelementen mit verdichteter, armierter Randzone ermöglicht die Verwendung glasfaserverstärkter Kunststoffe (z. B. Polyester und Glasteile) und anderer Werkstoffe (Stahlblech, Holz furnier) mit hohen Festigkeiten in Form von **sehr dünnen Deckschichten**.

Die hohe Biege- und Druckfestigkeit des Schaumkernes mit hochverdichteter Randzone gewährleistet eine Stabilisierung auch millimeterdünner Außenhüte gegen Beulen und Knicke.

Schaumkern-Armierung

Für mechanisch hoch beanspruchte Bauteile kann eine zusätzliche Verstärkung des Schaumkernes vorgenommen werden. Stäbe oder Rohrstücke aus Holz, Metall, Schichtpreßstoff (Phenolharz/Asbest) oder auch PU-Schwerschäumen (ab 80 kg/m³) sind in der vorbereiteten Hohlform in Steigrichtung so anzubringen, daß sie vom aufsteigenden Schaum **leicht umschäumt** werden können; es tritt sonst eine nicht kontrollierbare Ver-

dichtung ein. **Gut durchschäumbare** Faservliese (Kokosfaser), Wabenwerkstoffe und räumliches Drahtfachwerk bilden ebenfalls sogenannte „Innenskelette“, die im Kern als „Schubarmierung“ wirken. Sie stabilisieren besonders kritische Stellen, die erhöhter Längs- und Querbelaftung ausgesetzt sind, und verbessern damit die Tragfähigkeit dieser Bauteile.

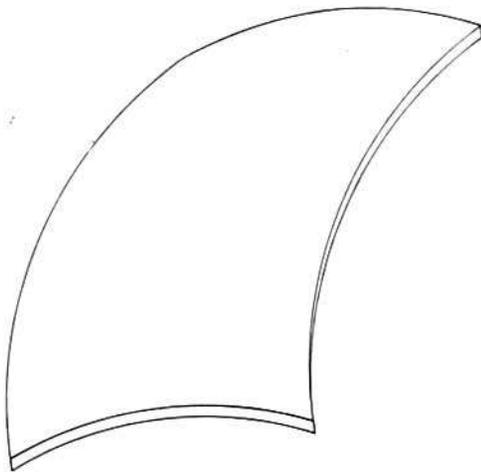
Beschichtungsverfahren

Das lange Zeit übliche Beschichtungsverfahren, bei dem **aus Blockware zugeschnittene Schaumstoffplatten** mit den verschiedensten Deckschichten **verklebt** werden, hat sich **für eine Serienfertigung** aus preislichen Gründen nicht durchgesetzt. Der Grund liegt hierbei im erheblichen Materialverlust (15–20 %), der bei Besäumen der Schaumblöcke und dem Aufschneiden zu Platten entsteht. Für diese im Rohzustand vorliegenden Platten wird meist eine hohe Maßgenauigkeit erforderlich, sie werden daher entsprechend weiter bearbeitet und in die gewünschte Form eingepaßt.

Entscheidend für die Qualität der fertigen Verbundplatte ist die einwandfreie Vorbereitung der Schaumkernoberfläche und bei Verwendung fester Deckschichten die Vorbehandlung der Innenseiten (Anrauhern, Haftvermittler), auf die der Klebeauftrag erfolgt.

Gewölbtes Schaumformteil

Ein Formteil wie nebenstehende Skizze ist am einfachsten durch Aufschäumung in die entsprechende Form erreichbar. Polyurethan-Schaumstoffe sind Duroplaste und daher nicht nachträglich durch Erwärmung zu erweichen und verformbar. Diese Warmverformung läßt sich nur mit PVC-Schäumen durchführen.



Profilierte Schaumkerne fertigt man vorteilhaft durch Ausschäumen entsprechender Hohlformen an. **Diese manuelle Vorfertigung** und nachträgliches Beschichten sind für eine Serienproduktion zu zeitaufwendig und preislich uninteressant. Sie ist allenfalls für Einzelteile zu vertreten. Feste Deckschichten aus Stahlblech, Leichtmetall, Holz, Keramik oder Kunststoff und vorgefertigte Randprofile werden mit Kunstharz-Kitten auf den maßgerechten Schaumkern aufgeklebt. Die Verleimung läßt man unter Druck härten.

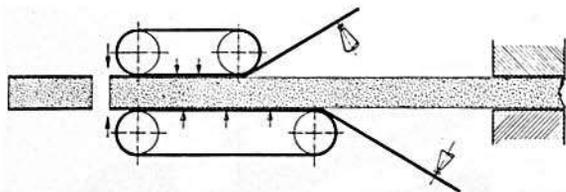
Glasfaserverstärkte Kunststoffe, die als kalthärtende Systeme zu verarbeiten sind, können im „Handauflege-Verfahren“ oder „Faser-Spritz-Verfahren“ auf den Schaumkern aufgebracht werden. Für kleine bis mittlere Formteile kann für eine Serienfertigung das sog.

„Umpressen“ angewendet werden. Dieses Verfahren zeichnet sich neben einer verkürzten Arbeitszeit auch durch eine Materialersparnis aus. Die notwendigen Preßformen amortisieren sich in kürzester Zeit.

Nach dem Prinzip des „kontinuierlichen Horizontal-Verfahrens“ (Verarbeitung **flüssiger** Schaumgemische) ist die Massenproduktion ebener Schaumkern-Verbundplatten auch im Beschichtungsverfahren möglich.

Das vollkontinuierliche Beschichtungsverfahren umfaßt zwei hintereinandergeschaltete Produktionsabläufe:

Im ersten Arbeitsgang wird nach dem bereits beschriebenen Doppeltransportsystem ein endloses Schaumstoffband zwischen zwei Kunststoff-Folien (z. B. Polyäthylen) aufgeschäumt, die Folien werden nach beendiger Aushärtung des Schaumstoffes („Formenverweilzeit“) von der Schaumoberfläche abgezogen. Das Schaumstoff-Formband läuft in eine zweite Doppeltransportband-Presse und wird beidseitig mit abrollbaren Deckschichten, die gleichzeitig mit einem Kleber-Spritzauftrag vorbehandelt werden, unter Anpressen beschichtet. Bei der Kaschierung mit Geweben wird dieses Verfahren oft angewandt. Die Bandgeschwindigkeit richtet sich nach den „Formenverweilzeiten“ des PUR-Schaumstoffes und des Klebers.



Schemazeichnung einer Doppeltransportanlage zum nachträglichen Beschichten eines fertigen Schaumstoff-Formbandes.

Das aus der Transportanlage laufende, fertig beschichtete (mit Deckschichten und Randprofilen versehene) Formband wird mit einem Querschneider in Platten geschnitten. Zum Querabschneiden läuft das Schneidwerkzeug in der Bandgeschwindigkeit mit, um einen rechtwinkligen Schnitt zu erzielen.

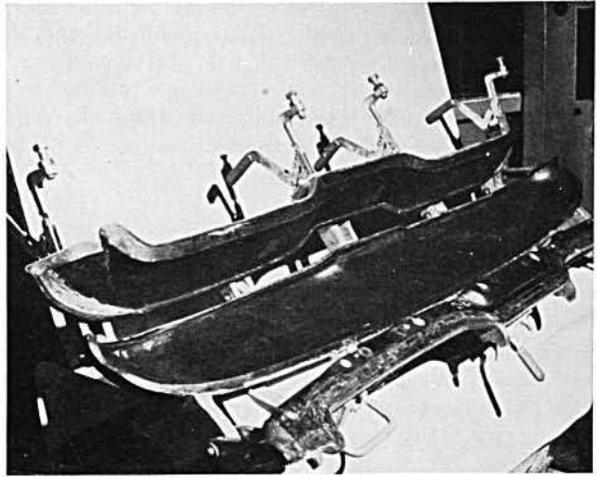
Deckschichten-Randprofile

Zu ebenen oder profilierten **Deckschichten** eignen sich folgende Werkstoffe:

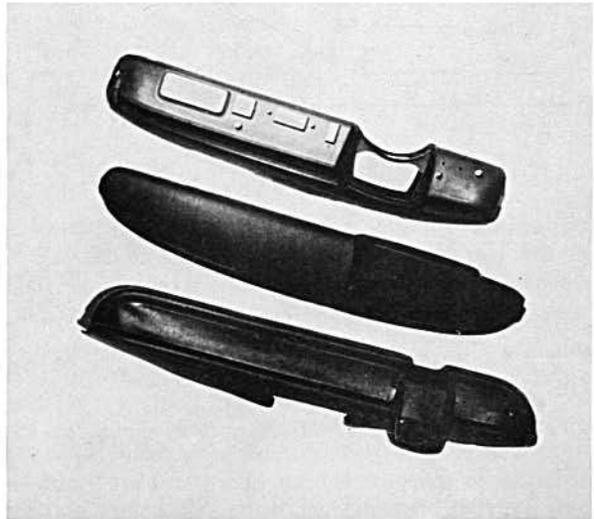
- 1. Metall:** Leichtmetall eloxiert oder emailliert. Rostfreies Stahlblech, Stahlblech PVC-beschichtet (Platal) und emailliertes Stahlblech. Die Innenseiten der Stahlblech-Deckschichten sind mechanisch durch Sandstrahlen oder Anschmirgeln anzurauen.
- 2. Kunststoff:** Kunststoff-Schichtpreßstoff auf Basis Melamin- (Resopal) oder Phenol-Formaldehyd-Harz, glasfaserverstärkte Kunststoffe, PU-Coatings ggf. auch glasfaserverstärkt; Hart-PVC-Platten, Kunststoff-Tiefziehteile (z. B. ABS-Folien).
- 3. Holz:** Sperrholz, Hartfaserplatten, Holzwolle zementgebunden (Heraklith).
- 4. Andere gebräuchliche Bau-Werkstoffe:**

Geöffnete Form mit **eingelegerter ABS-Folie** vor dem Schäumvorgang.

Die Folie verbindet sich ohne zusätzlichen Kleberauftrag mit dem Schaumkern.



Fertige Schaum-Formteile mit einer **ABS-Folienabdeckung** finden in der Automobilindustrie Anwendung als **Armaturenpolsterteile**.

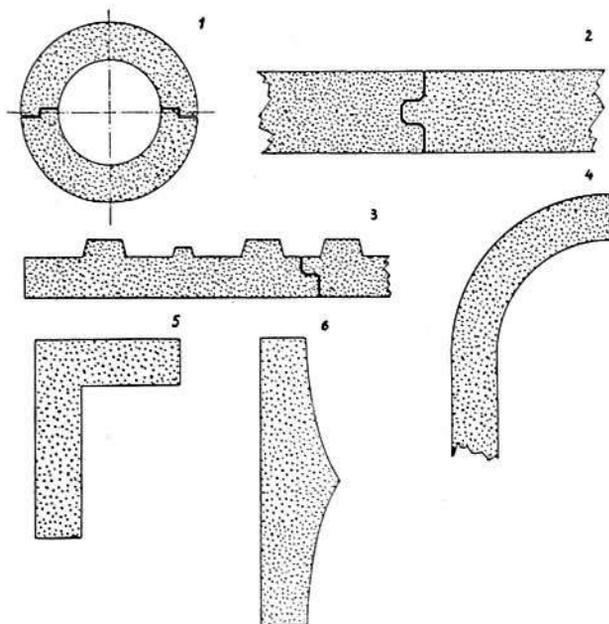


Porenbeton, Bimsbaustoffplatten, Asbestzement (Eternit), Gipsplatten (Rigips), Keramik-Plattenelemente (punktverklebt), Klein-Mosaik (auf Papierbahnen verklebt).

Die aus schäumtechnischen und statischen Gründen zumeist erwünschten **Randbegrenzungen (Rand-Profile)** können aus Metall, glasverstärkten Kunststoffen, Holz oder PVC hergestellt werden.

Die Ausschäumung von Hohlkörpern mit komplizierten Querschnitten (s. Abb.) und die Herstellung großflächiger Schaumkern-Verbundkonstruktionen erfordern meist eine **Oberflächen-Profilierung der äußeren Deckschicht und mitunter die Anwendung von Deckschicht-Aufleimern**, wenn aus Preisgründen eine geringere Schaumkerndicke gefordert wird oder eine Grenze für das Gesamttraumgewicht des Schaumkernes gesetzt ist.

Die folgende Abbildung zeigt ausschäumbare Querschnitte für Sandwich-Verbundbauteile.



Auf den Zeichnungen 1—3 ist die Verbindung der einzelnen Elemente untereinander skizziert

Die unterschiedliche Formgebung der Deckschicht-Profile und die Verstärkung mit sog. Aufleimern, die an besonders hochbeanspruchten Stellen durch Aufkleben oder Aufpunkten angebracht werden, illustriert folgende Skizze (siehe Seite 65).

Die Verbindung der Teilelemente untereinander wird durch Koppelung der Randprofile (Kleb- oder Klemmverbindung) **biegesteif** ausgebildet (siehe Abbildung Seite 65).

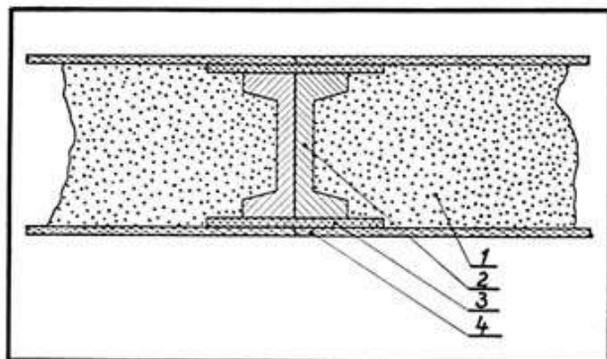
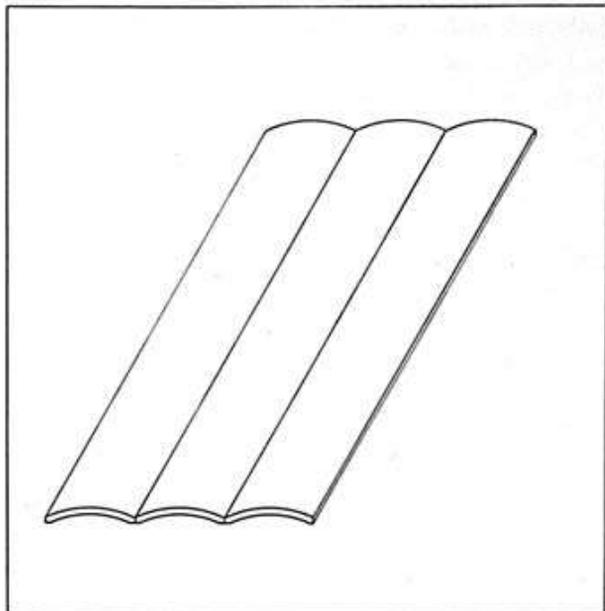
Die verschiedene Formgebung der Deckschicht-Profile und die Verstärkung mit sog. Aufleimern, die an besonders hochbeanspruchten Stellen durch Aufkleben oder Aufpunkten angebracht werden, illustriert nachfolgende Skizze.

Die Verbindung der Teilelemente untereinander wird durch Koppelung der Randprofile (Kleb- oder Klemmverbindung) **biegesteif** ausgebildet (siehe Abbildung).

Der zur nachträglichen Beschichtung notwendige **Klebe-prozeß** wird bei diesem Verfahren überflüssig, da das aufschäumende Gemisch auf **saugfähigen und imprägnierfähigen Deckschichten** wie Pappe, Papier und auch mit Papier beklebten „Rigips“- und Sperrholzplatten

ausgezeichnet haftet. Auf **glatten** Werkstoffen aus Kunststoff oder Metall wird eine gute mechanische Bindung erst erreicht, wenn diese Flächen mit einem Klebeanstrich vorbehandelt werden.

Für die freitragende Überbrückung großer Spannweiten mit Sandwich-Elementen, die als weitgespannte, tragende Elemente ohne zusätzliche Stahl-Träger-Konstruktion Dach- und Windlasten aufnehmen können, wird es notwendig, die gesamte Konstruktion in vorwiegend längsbeanspruchte Teilelemente aufzulösen.



- 1 Schaumkern
- 2 Randprofil (gekoppelt)
- 3 Aufleimer zur Verstärkung und Überbrückung des Plattenstoßes
- 4 Deckschicht

Die Traglast einer Sandwich-Platte wird durch Verwendung von Randprofilen im Bereich der Plattenränder wesentlich erhöht, die Profile erleichtern ferner die Aufteilung einer Baukonstruktion in „handliche“ Fertigteile.

Die Tragfähigkeit des Elementes kann zusätzlich zur Randzonenverdichtung durch Einschäumen eines Innenskelettes weiter verbessert werden.

Material und Form der Deckschichten und Randprofile bilden also bei der konstruktiven Festlegung des Sandwich-Element-Aufbaues wichtige Faktoren.

Festigkeit im Sandwich

Die Stabilität eines Schaumkern-Verbundelementes hängt ab von der Festigkeit der Deckschicht, des Schaum-Stützkernes und von deren einwandfreier Verbindung.

Dem Schaumkern fällt die Aufgabe zu, die tragenden Deck-Schichten abzustützen und gegen Verbeulung zu stabilisieren. Die Verbesserung dieser Stützwirkung ist nach den bereits beschriebenen Verarbeitungsmethoden möglich. Die häufigsten Beanspruchungen erfolgen durch „Längsbelastung“ (**Knicken**) und „Querbelastung“ (**Biegen**).

Bei **längsbeanspruchten** Bauteilen ist die Tragfähigkeit je nach **Knitterfestigkeit** der Deckschicht verschieden. Sehr dünne Deckschichten neigen dazu, in kurzen Abständen zu knicken (kurzweiliges Knittern). Langgestreckte Verbundplatten weichen als Ganzes aus, ohne daß die Außenhaut knittert.

Bei werkstoffgerechter Konstruktion tritt unter Überbelastung anstelle des (kurzweiligen) Knitterns der Deckschichten ein (langweiliges) Ausweichen der gesamten Bauplatte ein. In diesem Fall steht die Dicke der Deckschicht und damit die Festigkeit im richtigen Verhältnis zur Gesamtdicke des symmetrisch aufgebauten Verbundelementes. Die Belastungsgrenze heißt „**Knitterspannung**“ und läßt sich aus den E-Modulen der Deckschicht und des homogenen Hart-Schaumkernes berechnen. **Sie ist folglich nur von den elastischen Eigenschaften der einzelnen Verbundstoffe abhängig.**

Bei nichtmetallischen Deckschichten rechnet man für die Elastizitätsgrenze den gleichen Wert wie für die Druckfestigkeit. Für Deckschichten aus Metall ist die Streckgrenze maßgebend. Wie Versuche zeigten, läßt sich für Verbundelemente mit **inhomogenem Raumgewicht** eine 40 %ige Erhöhung von Bruchspannung und Tragfähigkeit bei Druckbelastung in der Senkrechten erzielen.

Bei „**Biegebeanspruchung**“ wird der auf dem Bauelement lastende Druck sowohl von Deckschicht wie vom Schaumkern aufgenommen. Die Biegefestigkeit des Verbundteiles hängt hier ebenfalls von der „**Knitterspannung**“ der belasteten Deckschichten und dem Elastizitätsmodul des Schaumkernes ab.

Die Durchbiegung einer Bauplatte mit **homogenem Schaumkern** (z. B. mit einem Raumgewicht von 25 kg/m³) kann verringert werden durch

1. eine 3—4fache Raumgewichtserhöhung bei gleicher Kerndicke und
2. durch Verdoppelung der Kerndicke bei nur 2facher Raumgewichtserhöhung.

Mit „inhomogenem Schaumkern“ wird eine wesentliche Verbesserung der Tragfähigkeit und eine **sehr geringe** Durchbiegung erzielt, weil die Schubversteifung der beiden Schichten stark verbessert wird.

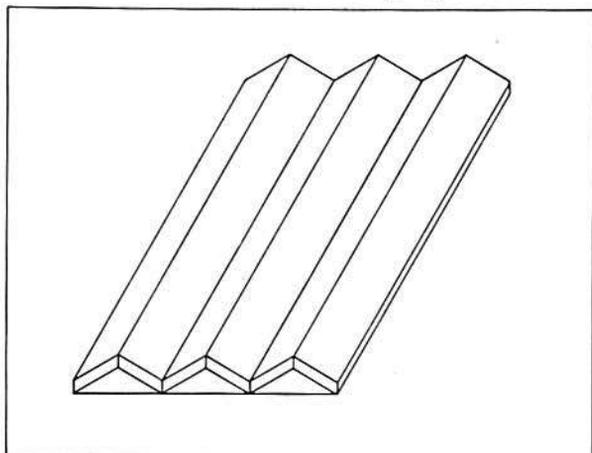
Diese erreicht man ohne eine nennenswerte Vergrößerung der Kerndicke bei nur geringer Raumgewichts-Steigerung.

Weitere Verarbeitungstechniken zur Erhöhung der Steifigkeit wurden bereits im Abschnitt „Deckschichten-Randprofile“ behandelt.

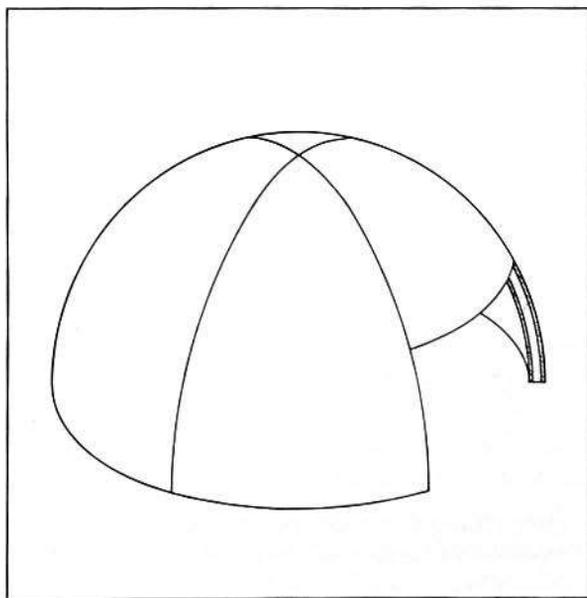
Schaumstoff-Konstruktionen und ihre Anwendung.

Bei großflächigen, freitragenden Sandwich-Konstruktionen sind Biegebeanspruchungen möglichst auszuschalten. Neben der Aufteilung in Einzelelemente, die nach einem Raster-system zusammengebaut werden, ist die werkstoffgerechte Gestaltung maßgebend. Sie entspricht der im Leichtbau mit herkömmlichen Werkstoffen üblichen Konstruktion und umfaßt „gewölbte“ und „gefaltete“ Baukörper, die aus ebenen oder auch räumlich gewölbten Formteilen durch Schäumen an der Baustelle zusammengefügt werden. Eine

Gefalteter Baukörper aus längsbeanspruchten Teil-elementen.



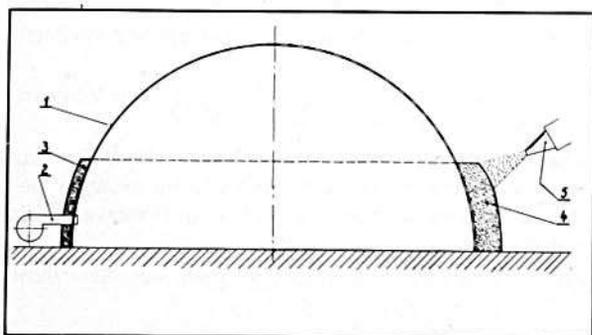
Gewölbter Baukörper, aus Teilelementen zusammen-gesetzt.



interessante Methode zur Herstellung **nahtfreier**, kleinerer Schaumstoff-Körper, die gewölbt, halbkugel- oder kugelförmig gestaltet sind, wird durch Verwendung ausreichend stabiler, aufblasbarer Kunststoff-Hüllen möglich. Der Fülldruck beträgt dabei ca. 0,1 bar. Um eine Formänderung während des Spritzvorganges zu vermeiden, wird die tragende Hülle mit Gewebe verstärkt. Der durch die Reaktionstemperaturen entstehende Überdruck infolge Erhitzung der Luft in der Formhülle wird durch Sicherheitsventile gesteuert.

Auf **rotierende** Formhüllen läßt sich im Spritzverfahren eine **gleichmäßige** Schaumschicht aufbringen, die durch Verarbeitung sehr schnell treibender Schaum-Systeme in einem Arbeitsgang bis zu 12 cm Dicke aufschäumt. Nach Erhärten des Schaumes läßt man die Luft aus der Hülle entweichen und zieht die selbsttrennende Kunststoff-Folie aus dem fertigen Formteil heraus.

Auf gleiche Weise kann das Schaum-Spritzverfahren zum Isolieren und Stabilisieren aufblasbarer Tragluft-Hallen eingesetzt werden. Dabei wird der Schaumstoff entweder auf die



Außen-Isolierung und Stabilisierung einer Traglufthalle.

- 1 Gewebeverstärkte Polyäthylenhülle
- 2 Preßluftventil
- 3 Erste Schaumlage
- 4 Zweite Schaumlage
- 5 Mischkopf der Schaum-spritzmaschine

Außenhaut oder auf die Innenseite der Traglufthalle aufgespritzt und verfestigt sich zu einem **selbsttragenden Isoliermantel**, der je nach Dichte des Schaumkernes auch als Schalung für eine nachfolgende Betonierarbeit zu verwenden ist. Der Schaumkern kann durch zusätzliche Innenarmierung, Verrippung usw. versteift werden, wobei z. B. eine innen angebrachte Stabarmierung vollständig in Schaum eingebettet werden kann.

Fassadenplatten werden als Brüstungs- und Verkleidungsplatten sowie vorgefertigte Wandelemente verbaut. Neben einer leichten Biegebeanspruchung als Folge von Temperaturgefällen haben sie meist nur dem Winddruck standzuhalten.

Verbundplatten eignen sich insbesondere für:

Ausfachungs- und Verkleidungsplatten für Fassaden.

Fassadenelemente auch mit Aussparung für den späteren Einbau von Fenstern und Türen, für den Bau von Mehrzweck-Hallen, Fertighausbau usw.

Tragende und nicht tragende Zwischen- und Stellwände, Türen und Türflügel (z. B. für Kühlräume), **selbsttragende Dachplatten, Dach-Isolierplatten, komplette Bauzellen** (Installationswände).

Aufgrund der hervorragenden Isoliereigenschaften des Schaumkernes wird der k-Wert laut Norm leicht erreicht.

Diese Sandwichplatten sind in der Regel folgendermaßen aufgebaut:

1. **Außen:** ebene oder profilierte Außen-Deckschichten aus Aluminium oder emailliertem Stahl (1–1,5 mm),
2. **Mitte:** Hartschaumkern (20–80 mm) mit inhomogenem Raumgewicht (ca. 60–150 kg/m³) d. h. randzonenarmiert mit einer Glasfasersteppmatte bzw. Acrylfasermatte,
3. **Innen:** Innendeckschichten aus Rigips-, Asbestzement-, Holzfaserplatten (5–20 mm),
4. **Rahmenprofile** aus Leichtmetall oder Kunststoff.

Die montierten Fassaden- bzw. Wandplatten können jederzeit ausgewechselt, versetzt und ergänzt werden und vereinfachen damit Um- und Anbauten.

Großflächige Fassadenelemente, die für die Ausschäumung in Kammern unterteilt werden, können bereits bei der Fertigung mit Aussparungen für Türen und Fenster etc. versehen werden. Sie kommen vor allem für den Bau von Mehrzweck-Hallen und Fertighäuser zum Einsatz und zeichnen sich durch rationelle Herstellungsverfahren und geringe Montagekosten aus.

Beispiel: Bei der Montage von vorgefertigten Großelementen (3,5 × 3,5 m) in Verbundbauweise wurde eine Einbauezeit von nur 1 Minute pro m² benötigt.

Bei **Zwischenwänden** und **Installationseinheiten**, besonders Naßzellen (Bad, Toilette, Küche), können ohne Schwierigkeiten alle notwendigen Leitungen und Halterungen eingeschäumt werden. Dabei ergeben sich gleiche Verhältnisse wie im Gießbetonverfahren d. h. alle Leitungen sind zugleich feste Bestandteile der Wand.

Für Dachisolierungen eignen sich PU-Schaumstoffe ebenfalls in Form von Sandwich-Elementen.

Wärme- und Kälteisolierung

PU-Schaumstoffe eignen sich besonders gut zur thermischen Isolation. Sie sind billig und einfach in der Verarbeitung und amortisieren sich schnell durch Einsparung von Heizkosten.

Folgende Tabelle gibt einen übersichtlichen Vergleich zwischen PU-Schaumstoffen und konventionellen Baustoffen sowie Isoliermitteln.

Vergleich der Wärmedurchgangszahlen („k-Werte“)

verschiedener Isolier- und Baustoffe unter Berücksichtigung der Wärmeleitfähigkeits-Meßwerte bzw. Rechenwerte nach DIN 4108 (für den Bausektor wird trotz unterschiedlicher Meßwerte für alle Isolier-Schaumstoffe ein Rechenwert für die Wärmeleitfähigkeit nach DIN 4108 von $\lambda_R = 0,030 \text{ W / (m} \cdot \text{K)}$ eingesetzt).

Zur Berechnung der „k-Zahlen“ wurde jeweils eine Materialdicke von 30 mm zugrundegelegt!

Die oft genannte k-Zahl (Wärmedurchgangszahl) entspricht der Wärmemenge (W), die in einer Stunde durch einen Quadratmeter eines Bauteils von der Dicke d (m) abfließt, wenn ein konstantes Temperaturgefälle von 1 °C zwischen beiden angrenzenden Luftschichten besteht.

Stöbfe	Raumgewicht (kg/m ³)	Wärmeleitzahl (Meßwerte)		
		W / (m · K) Meßwerte	Werte nach DIN 4108	W / (m ² · K) k-Zahl
Polyurethan-Hartschaum	30—40	0,020	0,030	0,51
Polystyrol-Schaum (Styropor)	30—40	0,029	0,040	0,81
PVC-Schaum (Airex-hart)	40—50	0,032		0,88
Phenol-Formaldehyd- Harzschaum	40	0,025		0,71
Harnstoff-Formaldehydharz (ISO)-Schaum	12	0,030		0,83
Korkplatten	200		0,040	1,05
Korkparkett	450		0,055	1,35
Holzfasерplatten	200		0,040	1,05
Holzwoleleicht- bauplatten (DIN 1101)			0,080	1,75
Mineralwollfilz (Stein-, Glaswolle)	150		0,040	1,05
Weichholz	500		0,15	2,50
Hartholz	800		0,23	3,03
Gasbeton	600		0,20	2,86
Bimsbaustoffe	1000		0,30	3,33
Gipsdielen	1000		0,40	3,70
Vollziegelmauer	1800		0,68	4,16
Zementestrich	2000		1,20	4,54

Bei gleicher Isolationswirkung können Schichten von 3 cm dickem Polystyrolschaum oder 3 cm Kork durch Polyurethan-Hartschaum von nur 2 cm Dicke ersetzt werden. Dabei ist an einen geschlossenen-porigen PUR-Schaum von mindestens 30 kg/m³ gedacht.

Wärmeisolierung von Außenwänden

Außenwände von Gebäuden können im Spritz-Verfahren nahtlos mit einer Spritz-Schaummaschine isoliert werden.

Da die Schaumfläche nicht eben und farblich nicht ansprechend wirkt, wird eine solche Isolations-schicht in aller Regel verkleidet. Dabei läßt man zwischen Schaumoberfläche und Verschalung Luft, über die Wasserdampf ausgetauscht und an deren Rückseite ggf. Schlagregenfeuchte abgeleitet werden kann.

Die Ausschäumung der Hohlschicht im doppelschaligen Mauerwerk hat sich in Einzelfällen durchaus über viele Jahre in Verbindung mit einer Silikonharz-Imprägnierung der Außenwand bewährt. Eine entsprechende Zulassung für dieses Verfahren liegt jedoch nicht vor, so daß es nicht praktiziert werden darf.

Flachdach-Isolierungen

Flachdach-Isolierungen mit PUR-Schaum sind in Deutschland bauartlich zugelassen. Es stehen dafür entsprechende Schaumsysteme mit einem Raumgewicht von $60 \pm 10 \text{ kg/m}^3$ zur Verfügung, die von lizenzierten Dachschäumern verlegt werden.



Flachdach-Beschäumung

Die Schaumschicht wird nahtlos an die Ortsgangverkleidung, an Lüfter, Schornsteine und Oberlichter herangeführt.

Die Schlauchlängen bis zu 120 Meter machen den Verleger auf dem Dach beweglich, während die Maschine zu ebener Erde aufgestellt bleibt (Werkfoto: GLAS-CRAFT GmbH).

Die Mindestdicke ist zulassungsbedingt mit 3 Zentimetern limitiert. Üblich sind Dicken von fünf, z. T. acht Zentimetern.

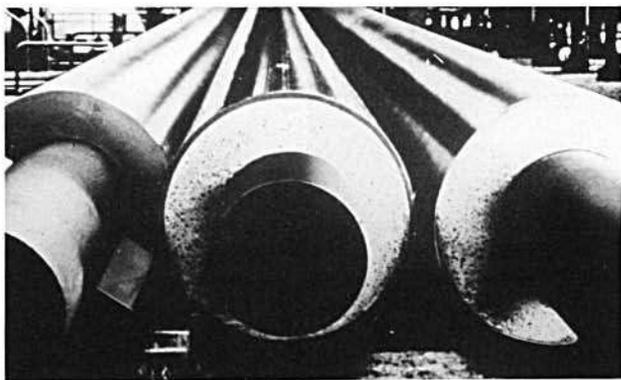
Mit Dachschäumen können Dächer ab 3° Neigung mit Papp- oder Eternit-Eindeckung in einem Zug wirksam wärmeisoliert und regendicht gemacht werden. Zum Schutz gegen die UV-Strahlung wird der Schaum an der Oberfläche mit ca. 300 g/m² eines speziellen silberfarbenen und damit stark reflektierenden Einkomponentenlacks (Reflexlack) überzogen.

Zur Verlegung des Dachspritzschaumes mit seiner Topfzeit von ca. 1,5 Sekunden gehört stets eine Schäummaschine mit zumeist 60 und mehr Meter langen beheizten Schläuchen. Die flüssigen Schäume werden üblicherweise in Fässern angeliefert. Der Investitionsaufwand für eine solche Anlage bewegt sich je nach Modell und Ausrüstung zwischen 40.000 und 65.000 DM. Pro (windlosem Sonnen-) Tag mit mindestens 10 °C Untergrundtemperatur auf der Dachhaut können 500 bis 1.000 m² Dachfläche beschäumt werden.

Isolierung von Rohrleitungen und Behältern

Für die Rohrisolierung können neben vorgefertigten Halbschalen auch flüssige Schäume verarbeitet werden, die entweder auf die Rohre aufgespritzt oder gegossen werden.

Die zum Gießen notwendige Form bilden die mit Polyäthylenhüllen ausgelegten Rohrschächte oder aber Blechmäntel, die mit Schaumringen als Distanzhalter in einzelne Segmente unterteilt ausgeschäumt werden. Diese Ausschäummethode ermöglicht eine zeitsparende, hervorragende Isolierung von Ventilen, Flanschen und Rohrabzweigungen.



Mit PUR-Schaum isoliertes Fernwärmerohr

Das hervorragende Dämmvermögen der PUR-Schäume in Verbindung mit der universellen Verarbeitbarkeit sichert diesem Werkstoff einen festen Platz in modernen Energie-Übertragungssystemen. Der Schaummantel wird werksmäßig hergestellt. Die Verbindungsstellen werden an der Baustelle nachgeschäumt (Werkfoto: Bayer AG).

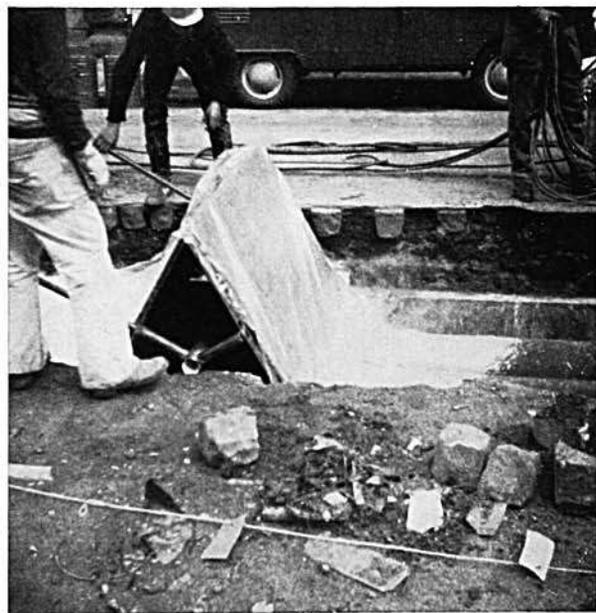
Heizungs- und Wasserrohrschächte werden im grundwasserfreien und feuchtigkeits-sicheren Bereich (Regenwasser!), meistens nur innerhalb von Gebäuden mit Unizellschaum Typ FR isoliert. Wenn Feuchtigkeitseinwirkungen zu erwarten sind, verwendet man die Type HR. Der Schacht muß vollkommen trocken sein, evtl. legt man ihn mit einer Baufolie aus. Als Deckel benutzt man eine Holzschalung, die mit einer selbst-trennenden Hostaphanfolie bespannt wird. Belastete Schächte müssen danach drucksicher abgedeckt werden.

Für die Wärme- und Schallisolierung von senkrechten Rohrleitungsschlitzten im Haus wird die ISOVOSS-Schüttelschaumtype FR eingesetzt. Das erste Loch soll etwa 10 cm über dem Boden liegen. Dort beginnt man mit der Aufschäumung und arbeitet dann nach oben hin weiter. Rohrleitungen über Kopf isoliert man am besten mittels einer Wanderschalung. Diese enthält passend ausgeschnittene Endstücke. Zur besseren Trennung wird sie mit einer Hostaphanfolie ausgelegt.

Eine gewisse Verdichtung des Schaumstoffes innerhalb der Formschalung ist zu berücksichtigen.

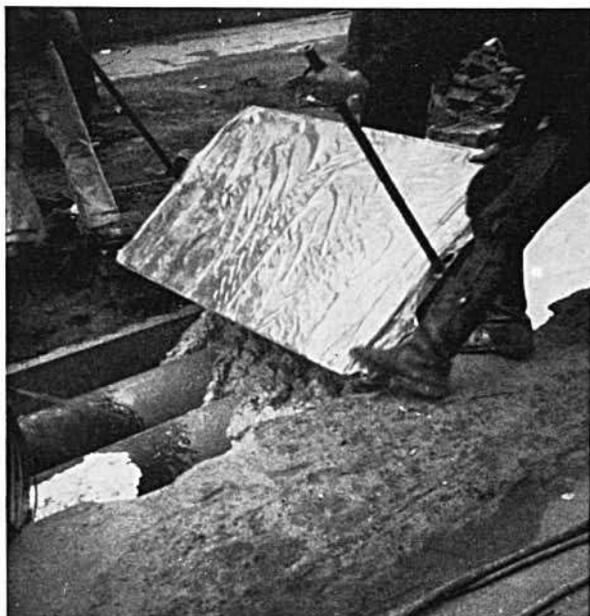
Behälter aller Formen und Größen lassen sich einfach und schnell durch einen aufgespritzten Schaummantel wirkungsvoll isolieren.

Diese Isolation ist nahtlos. Falls die wolkenartige Oberfläche nicht erwünscht ist, muß eine Nachbehandlung erfolgen.



Rohrisolierung einer Fernheizleitung im Spritzverfahren.

Der aufsteigende Schaum wird mit einer Polyäthylfolie abgedeckt, die von der prismaförmigen Wanderschalung abläuft.



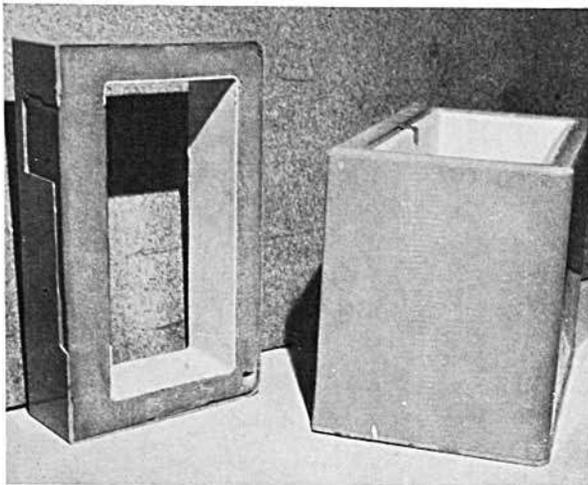
Dafür gibt es u. a. folgende Möglichkeiten:

1. Abschleifen, verspachteln und lackieren (mit allen handelsüblichen Anstrichmitteln).
2. Nach dem Verspachteln – Beschichtung mit Polyester und Glasseide (1 Lage Glasmatte 450 g/m^2).
3. Anrauen und Verputzen mit Kalk-Zementmörtel. Dieser Mantel ist dann feuerhemmend.

Kühlraum-Isolierung

PUR-Schaumstoffe eignen sich wegen der niedrigen Wärmeleitfähigkeit und Schrumpffestigkeit gut zum Isolieren von Kühlwagen, Lagerräumen für Lebensmittel und andere empfindliche Güter. Sie finden Anwendung bei Schiffen, Kühlhäusern, -Schränken und -Truhen, Tanks für Flüssiggas (Korrosionsschutz der isolierten Stahlflächen, Eisenbahnwaggons für Chemikalien usw.) und erlauben neben einer guten Haftfähigkeit auf den meisten Werkstoffen eine nahtlose Verarbeitung im Spritzverfahren und eine verlustfreie und rentable Isolierung.

Wie ein größerer Versuch bei der Isolierung eines Kühllagers für Obst und Lebensmittel zeigte, ist eine PUR-Spritzisolierung kostenmäßig für ein Drittel der bisher üblichen Preise zu erstellen. Hinzu kommt die schnellere Inbetriebnahme infolge der kürzeren Arbeitszeit beim Isolieren. Außerdem stellte sich heraus, daß bei gleichen Isoliereigenschaften durch Verwendung von PUR-Schaum ein größerer Nutzraum zur Verfügung stand. Bleibt man bei



Kühlboxgehäuse, hergestellt im Sandwich-Verfahren. Die Innenschale und Außendeckschicht bestehen aus Polyäthylen, glasfaserverstärkten Kunststoffen, PVC etc.

Der Hartschaumkern wird durch Formverschäumung **nahtlos** vorgefertigt, bzw. direkt zwischen den fertigen Deckschichten geschäumt.

der gewohnten Wandstärke, so wird eine erhebliche Verbesserung der Isolierwirkung erzielt und somit eine Energieeinsparung ermöglicht.

Wärme- und Kälteisolierung sowie Schwingungsdämpfung

Bleche sind gute Wärmeleiter, so daß von einer Isolierfähigkeit kaum die Rede sein kann. Beim Transport von wärme- oder kälteempfindlichen Gütern, wie z. B. Milch, Bier, Blumen, Fleischwaren, Obst und Gemüse, Arzneimittel, Fische, sowie anderen Nahrungsmitteln ergibt sich die Aufgabe, Wärme und Kälteeinflüsse fernzuhalten. Polyurethan-Schäume eröffnen hier neue Wege, denn Glas- oder Steinwolle haben die unangenehme Eigenschaft, daß sie durch die Erschütterung des Kraftfahrzeuges im Laufe der Zeit soweit verdichtet werden, daß sie nur noch die Hälfte oder weniger des Raumes bzw. der Isolierzelle ausfüllen. Es sind Fälle bekannt, bei denen nach einer Fahrleistung von 50 000 km nur noch 20 % des isolierten Raumes ausgefüllt waren. Dadurch ist natürlich die Isolierwirkung fast aufgehoben.

Bei einem Ausfüllen mit Polystyrolschaum ergibt sich außerdem der Nachteil, daß die Platten auf das Maß des Stützgerippes zurechtgeschnitten werden müssen. Dabei tritt ein Verschnittverlust auf. Ein weiteres Problem ist die Verbindung von Polystyrolschaum mit den Wandungen. Ein lose liegender Block aus Polystyrolschaum kann zerbröckeln. Das hierdurch entstehende Luttpolster zwischen Außen- und Innenwand verringert die Isoliereigenschaften beträchtlich.

Die besondere Struktur der PUR-Schäume ermöglicht eine ausgezeichnete Schwingungsdämpfung und trägt damit zur Entdröhnung von Fahrzeugkarosserien bei. Die Schwingungen werden durch die elastischen Schaumzellen gedämpft.

Anwendungsbeispiel: Bade- oder Duschwanne

Die Wände von Bade- und Duschwannen bestehen meist aus emailliertem Stahlblech.

Dieses Blech wirkt als Resonanzboden, so daß einlaufendes Wasser unangenehme Schwingungen verursacht. Eine dauerhafte Abhilfe erreichen Sie mit dem Ausschäumen des Hohlraumes unterhalb der Wanne. Ein zusätzlicher Vorteil der Ausschäumung ist die Wärmedämmung – das Badewasser bleibt viel länger warm.

Nach dem Öffnen der Montageöffnung werden Sie feststellen, daß zwischen Wannenerkante und Fußboden ein ausreichender Abstand zum Ausschäumen vorhanden ist. Wir empfehlen, die Wanne bis zum oberen Rand mit lauwarmen Wasser (Temperatur etwa 24–30 °C) zu füllen. Diese Wasserfüllung erhöht das Gewicht und verhindert, daß der Schaum die Wanne hochdrücken kann. Die Wanne wird bereits eine Stunde vor Beginn des Ausschäumens mit warmem Wasser gefüllt. Die Ausgangstemperatur der Schaumkomponenten soll um + 20 °C betragen.

Beginnen Sie mit dem Ausschäumen in der entferntesten Ecke, damit keine Luft einschüsse entstehen. Sie erleichtern sich die Arbeit, wenn Sie sich die Schaumflasche mit einer Holzleiste in die äußerste Ecke schieben, dort kann sich die Flasche von selbst entleeren. In diesem Fall kann die Spritztülle fortgelassen werden, da durch die größere Öffnung die Schaummenge schneller und leichter austreten kann. Kein Rückstau durch Ausspritzen.

Etwa nach 5–7 Minuten ist der erste Schaumansatz ausgehärtet, und Sie können mit der Arbeit fortfahren. Mit der aufgeschraubten Spritztülle können Sie gezielt die noch freien Hohlräume ausschäumen.

Den einmal zur Reaktion gebrachten Schaumansatz muß man ganz verarbeiten. Eine Unterbrechung ist nicht möglich.

Jetzt arbeiten Sie sich etappenweise weiter nach vorn vor. Bei der letzten Flasche wird der Schaum aus der Montageöffnung herausquellen. Er wird keinen Schaden anrichten, wenn der Fußboden wie empfohlen mit Papier oder Folie ausgelegt ist.

Sollten bei der Arbeit kleine Spritzer auf Kacheln oder die Kleidung gekommen sein, so können Sie diese leicht mit Reinigungsmittel A (Aceton) oder andere Reinigungsmittel entfernen, allerdings nur bis zur Aushärtung, d. h. innerhalb von 2–3 Minuten. Auch Nagellackentferner eignet sich notfalls zur Reinigung.

Die Ausschäumung eines Hohlraumes unter der Badewanne stellt für spätere Reparaturen kein Problem dar, denn Sie können den ausgehärteten Schaum jederzeit mit einem gewöhnlichen Brotmesser wieder wegschneiden.

Der Mengenverbrauch für eine normale Badewanne beträgt 5 Packungen Nr. 4 FR.

Für eine Duschwanne werden 2 Packungen Nr. 4 Typ FR benötigt.

Die Lösung Ihrer Verpackungsprobleme: PUR-Schaum

Der Versand bruchempfindlicher Güter war bisher immer mit einem erheblichen Schaden-

risiko verbunden. Die Lagerhaltung für herkömmliche stoß- und temperaturdämmende Verpackungsmittel erwies sich wegen des ungeheuren Platzbedarfs als sehr problematisch. Der Arbeitsaufwand bei der Verpackung empfindlicher und großer Teile war bisher erheblich. PU-Schaumstoffe lösen diese Probleme auf Grund ihrer günstigen Eigenschaften und gewinnen täglich an Bedeutung auf dem Verpackungssektor.

Verpackungen haben die Aufgabe, während des Transportes mechanische und thermische Beanspruchungen vom Verpackungsgut fernzuhalten.

Mechanische Beanspruchung tritt bereits bei innerbetrieblicher Lagerung der verpackten Güter durch Stapelarbeiten, Sortierung etc. ein. Auf dem zum Teil recht rauen Transport und während des darauffolgenden Straßen- und Schienenversands soll die Verpackung gegen Schlag-, Druck- und Stoß-Einwirkung schützen, Beschädigungen durch Reibung und Kratzen verhindern und bei Verschickung erschütterungsempfindlicher Verpackungsteile per LKW Schwingungen des Fahrzeugs aufnehmen.

Thermische Beanspruchungen

sind von allen temperaturempfindlichen Gütern besonders in den Sommer- und Wintermonaten, durch eine geeignete Verpackung fernzuhalten. Gut isolierende Eigenschaften der Verpackungsschalen sind ebenso für frostgefährdete Flüssigkeiten wie für Wärmeschutzpackungen (Obst und andere Lebensmittel) erwünscht.

Für diese mechanischen und thermischen Anforderungen sind PU-Schaumstoffe sehr zu empfehlen.

Polyurethan-Schaumstoffe werden überwiegend in halb-harter, zäh-harter und weich-elastischer Einstellung für Verpackungszwecke verwendet.

Sie zeichnen sich dabei je nach Type durch hohe Schlag- und Stoßdämpfung, Schwingungsdämpfung, Kratz- und Abriebfestigkeit aus. Die in den vorhergehenden Kapiteln beschriebenen Eigenschaften: a) spezifisch geringes Gewicht, b) physiologische Unbedenklichkeit, c) Wasserbeständigkeit. d) Wärme- und Kälteisolierung erwiesen sich auch für den Verpackungssektor als äußerst vorteilhaft.

Zur Herstellung von Schaumverpackungen bieten sich verschiedene Möglichkeiten. Nachstehend führen wir drei Beispiele an:

1. Die Herstellung profilierter Schaum-Polsterteile, die als vorgefertigte Verpackungshüllen (z. B. Halbschalen für zweiteilige Verpackungen) zum Einsatz kommen und beliebig oft zu verwenden sind. Die Innenprofile dieser Formteile sind den Konturen des Verpackungsgutes genau anzupassen. Die Konturgebung erreicht man entweder durch Stanzen, Schneiden oder Kleben (diese Bearbeitung ist jedoch mit Schwierigkeiten und zum Teil hohen Lohnkosten verbunden)

oder durch Formteil-Verschäumung (siehe Funktionsablauf).

Die nach diesem Verfahren hergestellten Polystrol-Schaum-Formteile finden heute eine breite Anwendung, sind aber nur dann rationell zu fertigen, wenn durch hohe Stückzahlen die Anteile für Werkzeugkosten (Leichtmetall-Formen) niedrig gehalten werden.

Dagegen können Formteile aus weichen, halbhartem oder hartem PU-Schaumstoffen in einfachen Holz- oder Gips-Formen ohne Wärmezufuhr hergestellt werden. Die besonders für das „Weichlagern“ hochempfindlicher, bruchanfälliger Teile geeigneten weichelastischen Verpackungsschalen erhalten meist eine zusätzliche Außenhaut in Form einer Pappkartonage oder Sperrholzkiste. Das flächige Auspolstern von Schachteln und Pappkartons kann mit Weichschaum-Streifen oder Bahnen vorgenommen werden.

Eine Verpackungsschicht aus offenzelligen Weichschäumen könnte bei hoher Stoß- und Druckbelastung durchschlagen werden, da das weiche Zellgefüge bei Belastung mit schweren Teilen zusammengedrückt wird.

Weichschäume eignen sich daher vor allem für leichte Verpackungsgüter!

Für **Verpackungsgüter mittleren Gewichtes** werden Formteile aus halbhartem Schaumstoff hergestellt, die ebenfalls in Kartonagen oder Kisten zum Versand kommen. Ohne zusätzliche Außenhaut sind Verpackungsschalen aus Hartschaumstoffen zu verwenden, die eine glatte Oberfläche bieten und nach Bedarf eingefärbt werden können. Diese Verpackungen erhalten damit ein optisch ansprechendes Aussehen und ermöglichen ein schnelles Ein- und Auspacken.

2. Verpacken mit flüssigen Schäumen

Eine wesentlich einfachere und damit rationellere Methode bietet sich in der **Verarbeitung flüssiger Schäume**. Diese **Schaumverpackung wird direkt am Verpackungstisch im Versandkarton erzeugt**.

Um zu vermeiden, daß das auftreibende Schaumgemisch mit der Oberfläche des zu verpackenden Teiles in Berührung kommt, steckt man das Teil zuerst in einen Polyäthylen-Beutel. Durch die Reaktionswärme des Schaumes dehnt sich die in der Polyäthylenhülle verbleibende Luft aus, so daß das zu verpackende Teil nach dem Abkühlen nicht mehr allseitig fest vom Schaum umschlossen ist, wenn nicht für eine **Entlüftung** des Polyäthylen-Beutels gesorgt wird. Hierbei bieten sich drei Wege an:

- a) Beim Einlegen in den Beutel werden alle Luftblasen herausgedrückt.
- b) Ein Schlauch wird beim Verschließen des Beutels eingebunden und sorgt für eine ausreichende Entlüftung.
- c) Man wählt den Folienbeutel so groß, daß er die Verpackung überragt und so ebenfalls ein ausreichender Druckausgleich erfolgen kann.

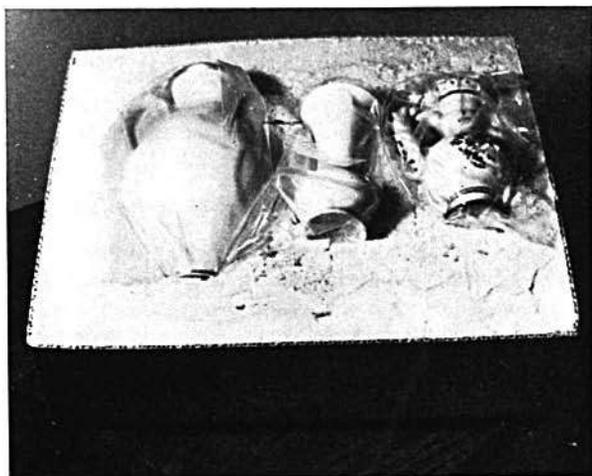
Auf den Boden des Kartons wird eine Schaumlage eingegossen oder eingelegt, die je nach Gewicht des Verpackungsteiles in verschiedener Dicke (2–5 cm) herzustellen ist.

Der Füllschaum wird bei Mengen über 0,5 kg mit einem Turbomischer oder bei kleineren Ansätzen auch mit einem Holzquirl angemischt.

Bei größeren Stückzahlen (kontinuierliche Verpackung) empfiehlt sich die Verarbeitung der Füllschaumspritztype mittels einer Schaumverarbeitungsmaschine mit einstellbarer Mengendosierung.

Der zu verpackende Gegenstand wird nach Aushärten der Bodenschicht bereits nach wenigen Minuten in den Karton eingelegt und das verbleibende Restvolumen mit Schaum ausgefüllt.

Der in der Verpackung aufsteigende Schaum füllt alle freien Hohlräume aus und umschließt auch komplizierte in Kunststoff-Folie verpackte Teile, ohne diese zu beschädigen. Die Haftung an Pappe, Holz, Metall ist ausgezeichnet und garantiert einen festen Halt der Schaumverpackung im Karton oder in der Kiste.



Die benötigte Einfüllmenge ist leicht zu errechnen. Die Dichte des Schaumes verändert sich je nach Größe, Querschnitt und Höhe des auszufüllenden Hohlräumens und ist abhängig von der Verarbeitungstemperatur. Die Schaum-Einfüllmenge ist gleich dem Volumen des auszuschäumenden Hohlräumens d. h. Volumen der Versandkartonage minus Volumen des zu verpackenden Gegenstandes.

Beim Öffnen der Verpackung wird der Schaumstoff entweder von Hand oder mittels einer Reißleine aufgerissen. Dadurch kann das im Polyäthylenbeutel befindliche Verpackungsgut leicht herausgenommen werden.

Verpackung mit ISOVOSS-Schüttelschaum Type FR:

Verpackungsschalen aus ISOVOSS-Schüttelschaum. Bei der Verwendung von ISOVOSS-Schüttelflaschen entfällt das Abfüllen und Abmessen der Schaumflüssigkeiten. Die ISOVOSS-Einheit besteht aus fertig zugemessenen Schaummengen. Die physiologisch unbedenkliche A-Komponente wird aus den Transportgebünden in die die B-Komponente enthaltende Schüttelflasche gegossen. Die Vermischung erfolgt durch Schütteln. Die Packung ist in etwa einer halben Minute „expansionsbereit“. Mit ISOVOSS ist also schnell eine formgerechte Schalenverpackung herstellbar.



1) Aus der Handspritzflasche expandiert der Verpackungsschaum in den mit Folie ausgelegten Karton.



2) Über dem aufsteigenden Schaum wird die Folie zusammengelegt und das zu verpackende Teil so in den Karton gehalten, daß es – von der Folie gegen den Schaum abgeschirmt – bis zur Hälfte umschäumt wird.

Verpacken mit ISOVOSS-Schüttelschaum

Ein ausreichend großer Karton wird mit dünner Plastikfolie ausgelegt, so daß der anschließend eingespritzte Schaum allseitig von der Kartonwandung abgeschirmt ist und dort nicht ankleben kann. Sobald sich die Expansion des Schaumes verlangsamt, wird die Folie über dem noch teigigen Schaum zusammengelegt und das Verpackungsgut so darüber gehalten, daß der Schaum unter der Schutzfolie ringsum weiter aufsteigen kann, ohne an dem zu verpackenden Objekt anzukleben. Nach Erstarren des Schaumes (3 Minuten) wird eine zweite Folie aufgelegt, die den Rest des Kartons auskleidet, und erneut Schüttelschaum aufgespritzt. Wenn dieser fast bis zum oberen Rand des Kartons aufgestiegen ist, wird die Folie über dem noch steigenden Schaum zusammengelegt und der Karton zugeklappt. So entsteht eine zweite, abnehmbare Verpackungschale.

Diese Technik erfordert keine Hilfsgeräte zur



3) Die obere Verpackung wird nach Abdecken des Teiles mit Folie aus einer zweiten Packung Schüttelschaum geschäumt. Die Folie wird über dem aufsteigenden Schaum zusammengelegt und der Karton verschlossen.



4) Das Auspacken des Versandgutes bereitet keine Schwierigkeiten. Die selbstgeschäumte Schalenverpackung umschließt das Teil allseitig, läßt sich leicht abheben und ist wiederverwendbar.

Schaumherstellung und nur wenig Zeit. Die so hergestellte Schalenverpackung ist wiederverwendbar, was in vielen Bereichen von Interesse ist.

Dies gilt zum Beispiel für den Versand von Ersatzteilen, die zur Rationalisierung von Reparaturen bereits zu Baugruppen vormontiert sind. Die selbst geschäumte Schalenverpackung kann hier dazu dienen, die ausgetauschten Teile aufzunehmen, die zur Überholung zurückgeschickt werden. In gleichem Maße bewährt sich das System beim Einzelversand zerbrechlicher Güter aller Art, gleich, ob nun eine Rücksendung eingeplant werden muß oder nicht. Schüttelschaum gibt es in vier Packungsgrößen für 12, 24, 48 oder 96 Liter fertigen Schaumes mit einem Litergewicht von nur zwölf Gramm, so daß sich neben den bereits genannten Vorteilen auch eine sehr leichte, frachtgünstige Verpackung ergibt. Die Druckfestigkeit des FR-Schaumes reicht aus, um selbst schwere Gegenstände sicher einzubetten. Für extreme Anforderungen stehen aber auch schwerere Schaumtypen in Schüttelflaschen zur Verfügung.

3. Das Schaumsprüh-Verfahren

wird besonders für große, schwierig zu verpackende Gegenstände und für empfindliche Serien-Artikel angewendet. Das Verpackungsgut wird hierbei wiederum in Kunststoff-Foilen eingepackt, die z. B. mit Bindfäden fest aufgespannt werden. Die Folien ermöglichen nachher ein leichtes Entfernen der Schaumverpackung, ohne daß die Oberfläche des verpackten Gegenstandes verkratzt oder zerstoßen wird.

Der Schaumstoff wird mit einer Spritzmaschine auf die Kunststoffhülle aufgesprüht und bildet nach dem Aushärten um den verpackten Körper eine fugenlose, stabile Verpackungskapsel, die sogar mit einem versteifenden Innenskelett (Schaumkern-Armierung) versehen werden kann.

Die Hand-Einschäumung von Verpackungsgütern wird oftmals schwierig bei komplizierten Formen, z. B. Flugzeugmodellen usw. Das Modell wird in einen Polyäthylenbeutel eingelegt. Damit jetzt die Folie überall stramm aufliegt, wird mit einer Vakuumpumpe die Luft während des Einschäumungsvorganges aus dem Beutel abgesaugt und dann eingeschäumt. Dadurch erhält der zu verpackende Gegenstand einen festen Sitz im entsprechenden Pappkarton bzw. Kiste.

Von unten müssen natürlich vorher entsprechende Schaumstücke unterlegt werden. Es ist auch jederzeit möglich, überschüssige ausgehärtete Schaumstücke gleichzeitig wieder zu verwenden, da diese mit dem neuen Schaum eine Verbindung eingehen.

Die geringe Haftung des Schaumes auf Polyäthylen erleichtert auch hier die Entnahme des Fertigteiles. Bei Verwendung härterer Verpackungsschäume können ebenfalls Reißleinen aus Nylon oder Bindedraht mit eingeschäumt werden.

Eine weitere einfache und zeitsparende Methode ist das Einlegen eines Polyäthylenbeutels neben das Verpackungsgut, **wobei das schäumfähige Gemisch jetzt in den Beutel eingefüllt wird**, aufschäumt und sich fest zwischen Karton- oder Kistenwand und Verpackungsgut drückt. Der Beutel nimmt dabei die Kontur des Gegenstandes an.

Diese Methode hat den Vorteil, daß die Schaumpolster bei Entnahme nicht zerrissen werden. Der vollgefüllte Polyäthylenbeutel kann wie ein formgeschäumtes Verpackungspolster mehrfach verwendet werden. Je nach Beanspruchung der Verpackung können folgende Schaumsysteme empfohlen werden:

1. Für leichte Verpackungsgüter:

Füllschaum „FR“ für Handverschäumung mit 25 sec. Topfzeit,
Mischungsverhältnis: Komp. A : Komp. B = 1 : 1 Gew.-Teile,
Raumgewicht (freigeschäumt) 12 – 14 kg/m³,
Ausdehnungsfaktor (freigeschäumt) 1 : 80 (je nach Temperatur).
Auch als ISOVOSS-Schüttelschaum lieferbar.

2. Für Verpackungsgüter mittleren Gewichtes, die besonders stoßgesichert und starr verpackt werden sollen:

Hartschaum „HHR“
Mischungsverhältnis: Komp. A : Komp. B = 1 : 1 Gew.-Teile,
Raumgewicht (freigeschäumt) 31 kg/m³,
Ausdehnungsfaktor (freigeschäumt) 1 : 33.
Auch als ISOVOSS-Schüttelschaum lieferbar.

3. Für Verpackungsgüter mit höheren Gewichten, die verhältnismäßig starr verpackt werden sollen:

Hartschaum „HR“

Mischungsverhältnis: Komp. A : B = 1 : 1 Gew.-Teile,

Raumgewicht (freigeschäumt) 40 kg/m³,

Ausdehnungsfaktor (freigeschäumt) 1 : 25.

Auch als ISOVOSS-Schüttelschaum lieferbar.

Die Vorteile des Einschäum-Verfahrens bei der Verpackung empfindlicher Apparaturen, Architekturmodelle, maßstabgerechte Nachbildungen von Flugzeugen, Schiffen und techn. Einrichtungen sowie vieler anderer zerbrechlicher Güter (Kunstgegenstände, Umzugsgut, optische Geräte usw.) macht folgendes Beispiel klar:

Eine Modellfirma lieferte wertvolle Nachbauten historischer Flugzeuge nach Übersee und konnte trotz aufwendiger Verpackung nach konventionellen Methoden Transportschäden nicht vermeiden. Durch federnd elastische Schaumstoff-Umhüllung nach dem unter 2. beschriebenen Verfahren ließ sich der Arbeitsaufwand von 8 Stunden auf rund 1 Stunde reduzieren, außerdem sanken die Materialkosten für die Verpackung. Ausfälle durch Bruch wurden seither nicht mehr verzeichnet. Luftfracht-Kosten sanken um 50 %.

Weitere Anwendungsgebiete

Die Zahl der Einsatzmöglichkeiten ist dermaßen ausgedehnt, daß es kaum möglich ist, alle einzelnen Bereiche in dieser Broschüre eingehend zu behandeln. Wir möchten deshalb an dieser Stelle einen Teil der bisher unerwähnt gebliebenen Möglichkeiten aufzählen:

Auftriebskammern in Booten, Pontons usw.

Für diesen Zweck werden die Schaumtypen HR oder – bei mehr als 4 kg je Ansatz – sogen. Blockschäume verwendet. Beide haben über 90 % geschlossener Poren und eine Ruhezeit von mindestens 50 Sekunden. Das Raumgewicht beider Schäume liegt bei etwa 40 kg/m³. Aus 1 kg Flüssigkeit entstehen also 25 Liter Festschaum. Diese 25 Liter Schaum verdrängen 25 kg Wasser, wiegen aber selbst 1 kg. Deshalb bleiben nur 24 kg nutzbarer Reserveauftrieb. Außerdem werden noch 10 % Volumen für Verdichtung, Undichtigkeiten usw. abgezogen, so daß rechnerisch für 21,5 kg Auftrieb etwa 1 kg Flüssigschaum (Raumgewicht 40 kg/m³) eingesetzt werden. Die Zahl 21,5 kg Auftrieb/kg Flüssigschaum wird als Ausbeute A bezeichnet.

Zur Berechnung des notwendigen zusätzlichen Auftriebs geht man folgendermaßen vor:

- a) Man ermittelt zuerst das Gesamtgewicht (Boot wiegen) und macht eine genaue Aufstellung der Teilgewichte nach Baustoffen geordnet.

Beispiel (viersitziges, offenes Motorboot mit Außenborder):

Rumpf aus Glasfaser-Kunststoff	300 kg
40 PS Außenborder	40 kg
Batterie	10 kg

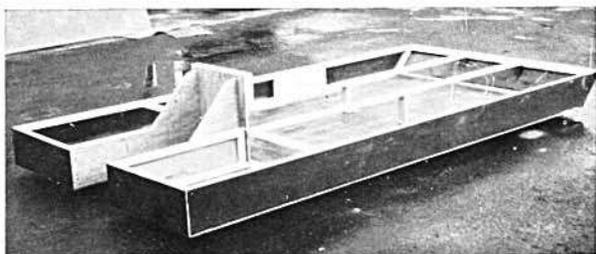
Tank mit Inhalt	40 kg
Ausrüstung und Gepäck	100 kg
Besatzung 4 Personen à 75 kg	300 kg

Diese Aufstellung soll möglichst genau sein, denn ein zu klein bemessenes Reserve-Volumen, bewahrt das Schiff in keinem Fall vor dem Sinken.

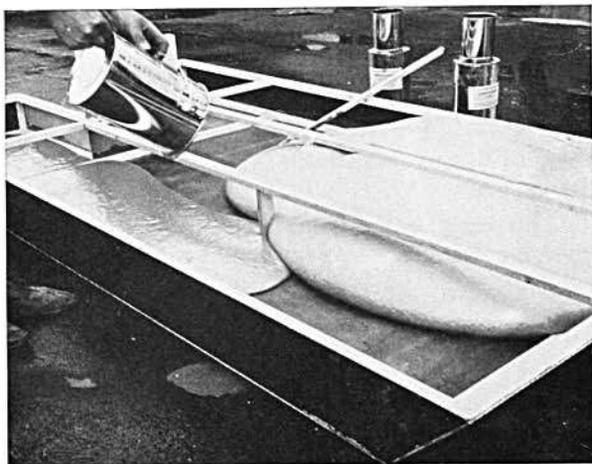
b) Ermittlung des notwendigen Reserve-Volumens:

Hier wird dem archimedischen Prinzip Rechnung getragen. Da jeder Gegenstand im Wasser einen Teil seines Luftgewichtes verliert, muß nicht das ganze unter a) ermittelte Gesamtvolumen ausgeschäumt werden. Die ermittelten Teilgewichte werden nach folgendem Schlüssel vermindert:

Rohschale eines Arbeitsfloßes vor dem Ausschäumen mit PU-Hartschaum „HR“.



In den Hohlraum des Floßes wird das schäumfähige Gemisch lagenweise eingegossen. Die Stabilisierung der Sperrholz-Außenhaut erfolgt mit einem Lattengerüst, das gleichzeitig als Auflage für die Deckplatte dient. Nach Einbringen der letzten Schaumlage wird die Deckplatte aufgelegt



Trockengewicht × Faktor		= Zusatzvolumen
GFK-Gewicht	× 0,5	= --"
Alle Metall-Gewichte	× 1,0	= --"
Tankgewicht	× 0,5	= --"
Holz-Gewicht	× 0	= --"
Batterie-Gewichte	× 1,0	= --"
Ausrüstung- und Gepäckgewichte	× 1,0	= --"
Besatzungsgewichte	× 1,0	= --"

Metallteile und Ausrüstung werden also nicht reduziert, da Stahl im Wasser $\frac{1}{8}$ und Blei nur $\frac{1}{11}$ des Gewichtes an der Luft verlieren. Berücksichtigt man das nicht, so liegt man auf der sicheren Seite.

Für unser Beispiel bedeutet dies:

300 kg Rumpfgewicht	× 0,5	=	150 kg
40 kg Motorgewicht	× 1,0	=	40 kg
40 kg Tankgewicht	× 0,5	=	20 kg
12 kg Batteriegewicht	× 1,0	=	10 kg
100 kg Ausrüstung	× 1,0	=	100 kg
300 kg Besatzungsgewicht	× 1,0	=	300 kg
Summe I		=	620 kg
Sicherheitszuschlag 20 % +		=	124 kg
Notwendiger Zusatzauftrieb NZ			<u>744 kg</u>

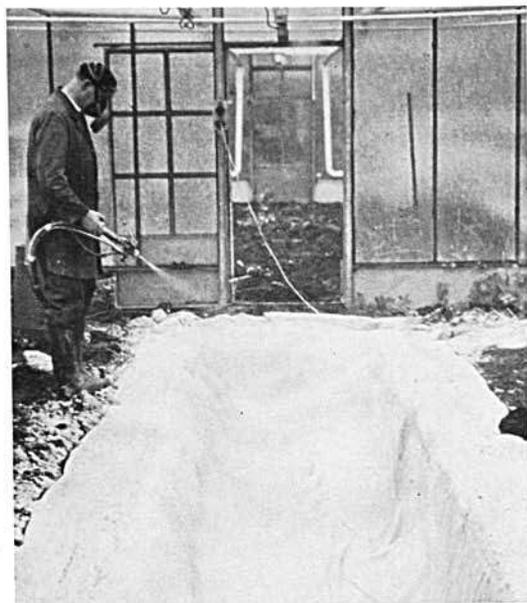
Liegt die Summe I unter 500 kg, so wird der Sicherheitszuschlag auf 30 % vergrößert.

Zur Festlegung der notwendigen Flüssigschaum-Menge teilt man den Zusatzauftrieb NZ durch die Ausbeute A und erhält die notwendige Flüssigschaum-Menge.

$$\text{Im Beispiel: } \frac{\text{NZ}}{\text{A}} = \frac{720 \text{ kg}}{21,5} = 33,5 \text{ kg Flüssigschaum}$$

Über die richtige Bemessung und Platzierung der Auftriebskammern ist eine Ausarbeitung bei der VOSSCHEMIE vorhanden.

Herstellung von Bojen, Rettungsringen und anderen Schwimmkörpern Herstellung von Sammelbecken, Kübeln, Trögen, Blumenkästen und -schalen



In einem Treibhaus wird ein Wasserreservoir im Sprühverfahren hergestellt. Zum Schutze der Schaummischung gegen die Bodenfeuchtigkeit wird die Grube mit einer Folie ausgelegt.

Ein-Komponenten-Polyurethan-Schäume

Jüngste Entwicklungen auf dem Gebiete der Polyurethanchemie haben die Materialpalette um eine recht interessante Schaumvariante in Form von Ein-Komponenten-PU-Schäumen bereichert.

Hierbei handelt es sich um in Druckflaschen abgefüllte Pre-Polymer-Systeme, deren Härtung im Gebinde blockiert ist, nach dem Ausbringen des Schaumes jedoch durch den Einfluß der Luftfeuchtigkeit selbsttätig in Gang gesetzt wird.

Vorteile der Ein-Komponentenschäume sind die sehr einfache Verarbeitung und vor allem die Möglichkeit, den Schäumvorgang beliebig zu unterbrechen. Im Gegensatz zu Zwei-Komponenten-Schaumsystemen zeigen Ein-Komponentenschäume eine wesentlich trägere Reaktion. Sie schäumen langsamer auf und härten auch langsamer. Innerhalb von zwölf Stunden schreitet die Härtung des in Druckgasflaschen angebotene UNOVOSS-Schaums zum Beispiel bis zu 5 cm Tiefe durch. Schichtstärken über 5 cm sollten bei der Verarbeitung nicht überschritten werden, da sonst die Gefahr besteht, daß der Schaum im Innern zusammenfällt bevor er erhärten kann und Lunker gebildet werden.



1) Ausschäumen der Anschlußfuge zwischen Fensterrahmen und Mauerwerk mit UNOVOSS verhindert die Ausbildung einer Kältebrücke.



2) Hier werden die Fugen zwischen den Dachpfannen mit UNOVOSS zugeschäumt. Heizkostensparnis und ein sauberer Dachboden sind das Resultat.

Aus diesem Grunde eignet sich dieser Schaum auch nicht zum Ausschäumen allseitig geschlossener Hohlräume (z. B. Metallholme, Schweller etc.), wenn die Wandungen den Zutritt von Feuchtigkeit, die zur Härtung unerlässlich ist, unterbinden. Mauerwerk, Steine und ähnliche Materialien sind in der Regel (sofern keine Versiegelung oder Imprägnierung aufgebracht wurde) ausreichend durchlässig für Feuchtigkeit, so daß eine Aushärtung des Schaumes bei Einhaltung von 5 cm Schichtstärke gewährleistet ist. Der Einsatz von Ein-Komponentenschaum zur Ausschäumung von zweischaligem Mauerwerk ist dennoch nicht zu empfehlen, da eine starke Nachexpansion das Verblendmauerwerk abdrücken kann.

UNOVOSS ist ein gebrauchsfertiger Ein-Komponenten-PUR-Schaum in elastischer Einstellung (FLEX 2000) oder in harter Einstellung (DUR 2000), der in 1-kg-Druckflaschen mit Sicherheitstreibgas geliefert wird. Der flüssige Inhalt expandiert zu einem Schaumvolumen von ca. 25–35 Liter. Der FLEX-Schaum hat eine etwas geringere Expansion. Die Aushärtung erfolgt durch Aufnahme von Luftfeuchtigkeit und läßt schon nach etwa 20 Minuten eine klebfreie Schaumoberfläche entstehen. Die Temperatur der Druckflasche sollte bei der Verarbeitung zwischen 20 und 25 °C liegen. Bei niedrigerer Arbeitstemperatur (z. B. bei Verarbeitung im Freien) empfiehlt es sich, die Druckflasche im Wasserbad auf diese Temperatur (auf keinen Fall höher) zu erwärmen. Wird dies nicht beachtet, sinkt durch die niedrigere Verarbeitungstemperatur die Schaumausbeute erheblich.

UNOVOSS eignet sich für eine Vielzahl von Anwendungsgebieten vor allem aber zum Montieren von Türzargen am Bau, zum Ausschäumen der kritischen Anschlußfuge zwischen Fensterrahmen und Mauerwerk, wo leicht Kälte und Feuchtigkeit eindringen, zum Verschließen der Fugen zwischen den Dachpfannen auf dem Speicher, wodurch Zugluft, Staubanfall und Wärmeverluste eingedämmt werden. Weitere Anwendungsgebiete bietet die Montagetechnik (Zuschäumen von Kabeldurchführungen).

Vor Betätigung des Austrittsventils muß die Flasche unbedingt 20–30mal heftig geschüttelt werden. Dies gilt auch für den Fall, daß die Flasche nach unterbrochener Anwendung länger als fünf Minuten beiseitegestellt wurde und nun wieder verwendet werden soll. Angebrochene Flaschen sollen möglichst noch am gleichen Tage völlig aufgebraucht werden, da sonst die Gefahr besteht, daß der Rest nicht mehr entnommen werden kann, weil das Ventil durch Erhärtung des Schaumes verstopfen kann.

Aus dem gleichen Grund ist es empfehlenswert, nach Beendigung eines Schäumvorganges das Ventil mit einigen Tropfen Lösungsmittel gegen Verkleben zu sichern.

Harte und weiche Integralschäume

Hartintegralschäume

Diese Schaumtypen bilden bei einem Aufschäumen in Formen automatisch eine massive Haut. Sie haben damit selbsttragende Eigenschaften nach dem Sandwichprinzip, werden jedoch aus einem Werkstoff in einem Arbeitsgang hergestellt.

Hartintegral-(bzw. Struktur-)Schäume sind Zweikomponenten-Werkstoffe, die im Anlieferungszustand flüssig sind.

Bisher bekannte Schäume werden erst zusammen mit fremden Werkstoffen (z. B. Deckschichten) zu eigenständigen Fertigteilen. Dazu sind in der Regel mehrere Arbeitsgänge nötig, z. B. Egalisieren, Kleben evtl. unter Druck. Diese Arbeitsgänge entfallen bei Integral-Schäumen.

Unsere Integral-Schäume lassen die Herstellung auch komplizierter, selbsttragender Formteile in einem Arbeitsgang zu. Es werden schlagfeste Oberflächen nahtlos über einem stützenden Schaumkern gebildet, man spricht daher von einem sogenannten „Konstruktions-schaum“.

Das Bauteil wird durch Zugabe von Farbpigment bei gedeckten Farbtönen total durchfärbt, so daß auch Lackierarbeiten entfallen. Putzarbeiten sind bei richtiger Formgestaltung nicht mehr notwendig.

Bei dem Herstellungsverfahren wird keine mechanische und kaum Wärmeenergie von außen benötigt. Das bedeutet geringe laufende Kosten.

Die Dicke der Haut kann über die Formtemperatur und über das Schaum-Raumgewicht in gewissen Grenzen vom Verarbeiter bestimmt werden.

Eigenfarbe: weiß (bei Außenwitterung leicht vergilbend) bzw. braun.

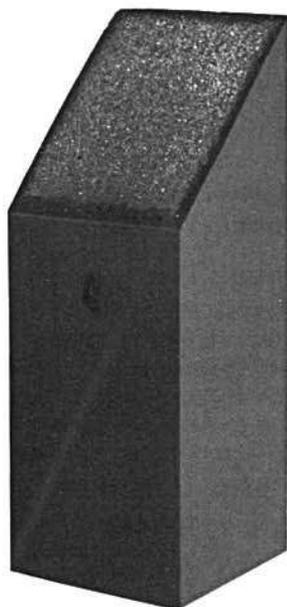
Einfärbbarkeit, Füllmittel: Zusätze aller Art werden allein der A-Komponente beigegeben und sind stets auf das Gewicht der A-Komponente bezogen.

Der Schaum kann mit Trockenpigmenten eingefärbt werden. Je nach Farbton werden ca. 10 – 25 Gewichtsprozent an Farbpulver eingesetzt.

Raumgewichte:

Bei Struktur-Schäumen werden mehrere Raumgewichte unterschieden:

R_{Rand} = Raumgewicht in den beiden Randzonen (Haut).



Man erkennt deutlich die verdichtete Randzone in der Schnittfläche. Mit der Temperatur der Form und über das Schaum-Raumgewicht läßt sich die Dicke der Haut beim Schäumen steuern.

- R
Kern = Raumgewicht im Schaumkern
- R
Mittel = Mittleres Raumgewicht, Durchschnittsraumgewicht aus der Rand- und der Kernzone.
- R
Fr = Raumgewicht bei freier Aufschäumung.

Das Raumgewicht im Kern des Fertigteils entspricht bei einer Materialüberdosierung von 15–20 % etwa dem Raumgewicht bei freier Aufschäumung $\sim R_{Fr}$

Hautdicken:

Die Hautdicke ist u. a. von der Temperatur der Gießform und von der Formgebung des Fertigteils abhängig. Bei kleinen Wanddicken (6–12 mm) findet eine stärkere Hautbildung statt. Bei mittleren (25–50 mm) und Massivteilen (Wanddicke 50 mm bis unendlich) ist eine Formenwand-Temperatur von ca. 40 °C zu empfehlen.

Diese Angaben sind Richtwerte. Kleinere Wandstärken als 6 mm führen quasi zu Fertigteilen ohne Schaumkern.

Porigkeit: Der Schaumkern ist zu 60 % geschlossenporig. In den beiden Deckschichten befinden sich lediglich für das Auge nicht sichtbare Mikroporen.

Verarbeitung:

Vor jeder Entnahme muß die A-Komponente des Schaums gründlich mit einem Reib-Mischpropeller aufgerührt werden.

Der Integralschaum muß sowohl für die maschinelle Verarbeitung, als auch bei der Handverschäumung, eine Temperatur von ca. 20 °C aufweisen.

Die Handverschäumung der beiden Komponenten wird mit einem Reib-Mischpropeller bei 1500 Upm vorgenommen.

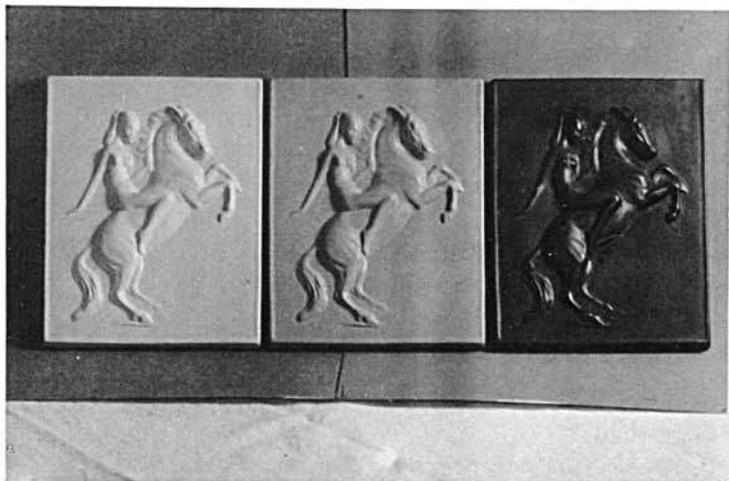
Bei kleinen Formen muß zunächst die gesamte Formoberfläche von der Schaumflüssigkeit benetzt werden (mit Rakel, Flachpinsel oder durch einmalige Taumelbewegung der Form).

Bei länglichen Formarten soll die Form nicht horizontal, sondern um ca. 10–15° geneigt aufgestellt und im tiefsten Punkt befüllt werden. Für eine Entlüftungsöffnung im jeweils höchsten Formpunkt ist zu sorgen.

Abnehmbare Deckel werden beim Schäumprozeß mit Schraubzwingen festgesetzt.

Die maschinelle Verschäumung kann mit im Handel befindlichen Schaumschuß- oder Schaumgießanlagen durchgeführt werden.

H 75



Relieftafeln aus Integral-Schaum H 75. Die Einfärbung erfolgte mit verschiedenen Pigmenten im Holzton hell, mittel, dunkel.

H 75



Dieses Faßbild in der Abmessung $60 \times 40 \times 5$ cm wurde in einem Guß mit Integralschaum H 75 aus der nebenliegenden Silicon-Kautschukform gefertigt.

Formenwerkstoffe für Integral-Schaumteile

Bei der Reaktion der Komponenten A und B wird Wärme frei, die über die Formwand abfließen soll. Die Leitfähigkeit des Formmaterials beeinflusst daher stark die Entformungszeit.

Bei Abformungen fein markierter Oberflächen (z. B. Holzmaserung) wird Silikon-Kautschuk eingesetzt. Hierbei wird das Positiv-Modell vorteilhaft mit Trennmittel APW-Paste eingerieben.

Im übrigen gelten die im Kapitel „Formenmaterial“ gegebenen Hinweise, wobei für die Integral-Schaumteile nur temperierbare Formen reproduzierbare Formteile ergeben.

So stehen hier massive Aluminium-Formen bzw. Aluformen nach dem Pütz-Verfahren mit wärmeleitenden Hinterfüllungen (Metalle, leitfähigen Kunstharz-Mischungen) im Vordergrund.

Füllgewicht:

Es muß eine Überdosierung der Schaummenge von 50 % oder mehr vorgenommen werden, damit der Schaum mit Sicherheit die gesamte Form ausfüllt.

Die Einfüllmenge wird meistens aus Versuchen ermittelt. Sie kann auch näherungsweise berechnet werden.

Das Füllgewicht kann jedoch nicht durch eine Überschlagsrechnung aus Forminhalt und Raumgewicht im freigeschäumten Zustand ermittelt werden, da die Randzonen einen hohen Materialanteil aufnehmen ($R_{Rand} =$ bis zu 600 kg/m^3 möglich).

Um eine feste Haut zu erzielen wird eine Überdosierung von 1 : 2 bis 1 : 5 vorgeschlagen.

Grundsätzlich gilt:

1. Die Hautdicke ist von der Formtemperatur stark und von der Dicke des Teiles im gewissen Maße abhängig. Geringe Wandstärken der Fertigteile ergeben eine dickere Haut.
2. Das Raumgewicht der Haut kann über die Einfüllmenge gesteuert werden (also gegebenenfalls mehr als 200 % Überdosierung) und ist von der Schaumtype abhängig.
3. Das Raumgewicht im Kern des Fertigteils ist innerhalb eines gewählten Schaumtyps praktisch nicht steuerbar und entspricht etwa dem Raumgewicht in freigeschäumten Zustand (R_{Fr}).

Diese Angabe bezieht sich auf Wanddicken von 15 mm aufwärts. Bei kleineren Fertigteilen steigt das Raumgewicht im Kern an.

4. Für den Schaum H 200 gilt:

Bei einer Überdosierung von 20 % übt das Material auf die Formwände einen Überdruck von ca. 0,2 bar aus, bei einer Überdosierung von 100 % wird etwa 1 bar frei.

Weiche Integralschäume

Diese Schäume sind elastisch und bilden durch eine Randzonenverdichtung eine abriebfeste, zäh-elastische und lederartige Außenhaut. Durch entsprechende Oberflächengebung der Negativform können hier Narbungen und Profilierungen des Integralschaumes erzielt werden. Bei der Formteilherstellung kann daher auf eine zusätzliche Abdeckung mit Folie oder einer geblasenen Außenhaut verzichtet werden.

Durch seine relativ kurze Abbindezeit entstehen hier sehr kurze Formenverweilzeiten.

Die Eigenfarbe des Integralschaumes ist schwarz. Somit ist eine Einfärbung mit PUR-Abtönpasten nicht möglich.

Hinsichtlich der Verarbeitung und des Schäumprozesses gilt im übrigen das im Kapitel Hartintegralschaum Gesagte.

Polyisocyanurat-Schäume (PIR)

Die gute thermische Isolation von Schaumstoffen macht ihren Einsatz besonders für die Bauwirtschaft interessant. Dem steht jedoch das Brandverhalten entgegen. So können zum Beispiel Polyurethan-Schaumstoffe im Bauwesen nur im Verbund mit feuerhemmenden Deckschichten verwendet werden. Der ungeschützte vor Ort hergestellte PUR besitzt – auch mit Zusätzen – nicht die Eigenschaften, die nach DIN 4102 für schwer entflammable Baustoffe (B 1) gefordert werden.

Dieser Prüfung zeigen sich hingegen Polyisocyanurat-Schäume gewachsen. Bisher liegen ihre Raumgewichte zwischen 30 und 80 kg/m³ und die Mischungsverhältnisse bei 1 : 1,5 bis 1 : 2. Die vorzugsweise geschlossenporigen, harten Qualitäten besitzen eine Wasseraufnahme in der Größenordnung von 3 Vol. %. Die mechanischen Werte sind denen der PUR-Schäume sehr ähnlich.

Mechanisches Verhalten von UNIZELL-Schäumen

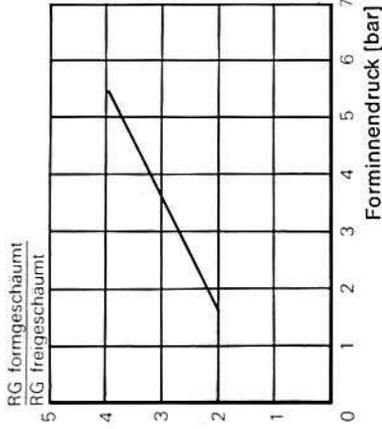
Die mechanischen Eigenschaften der hautlosen Polyurethan-Schäume verbessern sich generell mit steigendem Raumgewicht. Lediglich die Bruchdehnung vermindert sich bei schwereren Schäumen.

Wichtig ist für den Formenbau der „Druckanstieg im Werkzeug in Abhängigkeit von der Schaumverdichtung“.

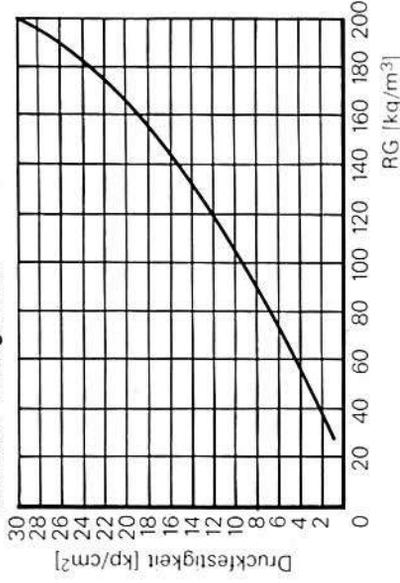
Man ersieht daraus, welche Kräfte sich hier aufbauen, bedeutet doch ein Überdruck von 1,5 bar = 1,5 kp/cm² bereits 15 t/m².

Mechanische Werte in Abhängigkeit vom Raumgewicht für Unizellschäume

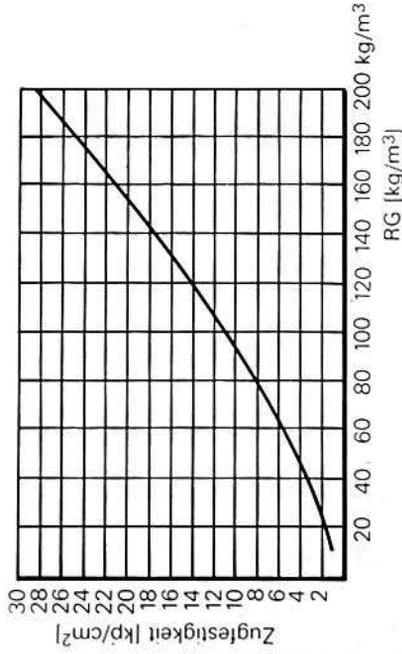
Druckanstieg im Werkzeug in Abhängigkeit von der Verdichtung des Schaumes



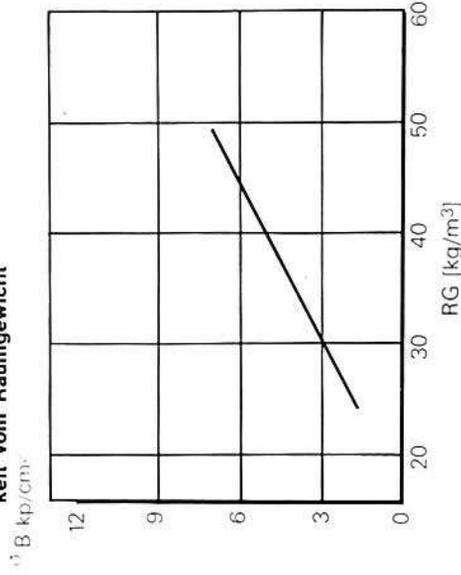
Druckfestigkeit von Hartschaum in Abhängigkeit vom Raumgewicht



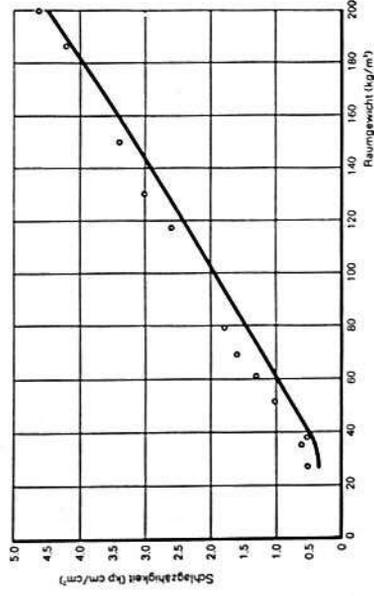
Zugfestigkeit von Hartschaum in Abhängigkeit vom Raumgewicht



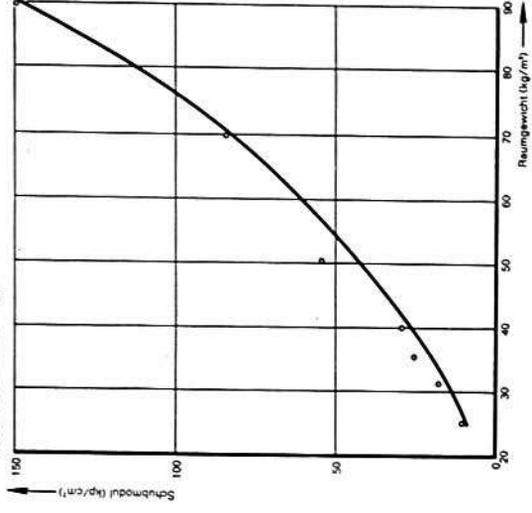
Biegefestigkeit von Hartschaum in Abhängigkeit vom Raumgewicht



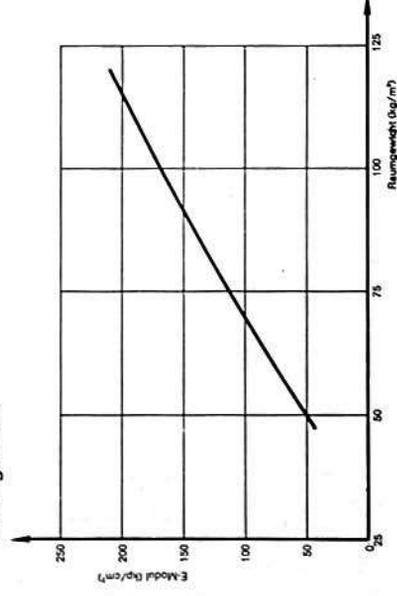
Schlagzähigkeit von Hartschaum in Abhängigkeit vom Raumgewicht



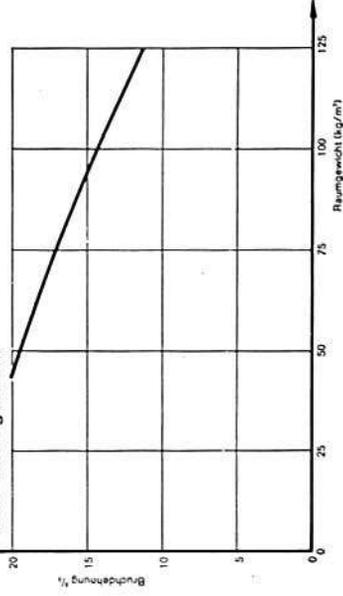
Schubmodul von Hartschaum in Abhängigkeit vom Raumgewicht



E-Modul von Hartschaum in Abhängigkeit vom Raumgewicht



Bruchdehnung von Hartschaum in Abhängigkeit vom Raumgewicht



Polyurethan-Coatings/FLEXOVOSS Massen

Zweikomponenten Streich- und Gießmassen

Die jüngste Entwicklung auf dem Gebiet der flüssig verarbeitbaren Kunststoffe sind Beschichtungsmassen auf der Basis von Polyurethan-Kunststoffen, die nichtschäumend eingestellt sind und sich auch für die Verarbeitung im Freien eignen. Die Aushärtung ist auch noch bei 0° C — gegebenenfalls unter Zusatz von Beschleunigern — in kurzer Zeit möglich. PU-Beschichtungen werden auch **bei tiefen Temperaturen nicht spröde**. Sie werden wie PU-Schaumstoffe aus zwei Komponenten angemischt. Der flüssige Ansatz ist **lösungsmittelfrei** und hat je nach Einstellung **eine Topfzeit zwischen 30 Min. und 1 Stunde**. Die Konsistenz der verarbeitungsfertigen Ansätze ist durch Füllstoffe und Verdicker streich- oder gießfähig eingestellt. Je nach Wahl der Type erstarrt die Mischung zu einer gummielastischen, zähelastischen, halbharten oder harten, hornartigen Kunststoff-Haut **ohne merkliche Schrumpfung**.

Die hervorstechendsten Eigenschaften von PU-Coatings sind:

1. außergewöhnliche Abriebfestigkeit,
2. hohe Reißfestigkeit,
3. hohe Rückprallelastizität,
4. hohe Schwingungsdämpfung,
5. einstellbare Härten für jeden Anwendungsbereich,
6. gute Haftung auf verschiedenen Untergründen,
7. leichte Verarbeitung ohne zusätzliche Armierungsmaterialien,
8. hohe chemische Beständigkeit gegenüber Kohlenwasserstoffen (Benzin), mineralischen Ölen, Sauerstoff und verschiedenen Lösungsmitteln. Säuren, Laugen und hydrolisierende Medien können bei gleichzeitiger Einwirkung hoher Temperaturen PU-Massen zerstören,
9. sehr geringe Wasserquellung, daher hohe Dimensionsstabilität,
10. kein Abfärben oder Ausbluten durch weichmacherfreie Einstellung,
11. Rutsicherheit verglichen mit Polyester- und Epoxyd-Harzüberzügen,
12. Alterungsbeständigkeit.

Diese weite Skala von günstigen chemischen und mechanischen Eigenschaften, die bisher kaum ein Kunststoff auf sich vereinigen konnte, eröffnet den PU-Beschichtungs- und Gießmassen ein weites Feld von Anwendungsmöglichkeiten:

Korrosionsschutz, Beschichtungen von Dächern, Aussparungsklötze und Matrizen für Betonfertigteilebau, Versiegelung von Beton und anderen Materialien bei Fußböden, Silos usw., Herstellung von Gußteilen, Fugen-Vergußmassen, Straßenbau, Abdichtungen.



Flexovoss-Gießspachtel K8 im 10-kg-Liefergebinde – gebrauchsfertig abgepackt. Auf Wunsch wird zusätzlich Spezial-Abtönpaste (Alu-Dose) mitgeliefert. Die gebräuchlichsten Verarbeitungswerkzeuge sind Fellroller und Zahnsachtel.

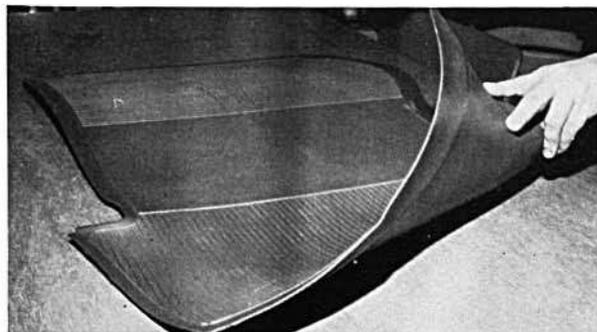
Nähere Angaben und Preise finden Sie in unserer Preisliste.

Die verschiedenen Verarbeitungsmethoden für diese Massen ergeben sich aus den Einsatzmöglichkeiten und der Konsistenz der gebrauchsfertigen Systeme. Für die Auswahl einer speziellen Polyurethan-Masse sind die Eigenschaften der erhärteten Massen, die Verarbeitungsbedingungen und nicht zuletzt kalkulatorische Erwägungen maßgebend.

Während die manuelle Verarbeitung von **Gieß- und Streichmassen** einen relativ geringen maschinellen Aufwand erfordert, ist für die rationelle **Oberflächenbeschichtung im Spritzverfahren** der Einsatz einer Zweikomponenten-Spritzanlage Vorbedingung. Derartige Maschinen sind aber unter DM 10 000,— nicht zu haben.

I) Mit der **Gießmethode** können große Einzelstücke, sogar in komplizierten Formen, und kleinere Formlinge in geringer Stückzahl hergestellt werden. Beim Vermischen soll möglichst wenig Luft eingerührt werden; notfalls ist die Masse durch kurzes Ruhenlassen zu entlüften, um Fehlstellen durch Bläschenbildung zu vermeiden. Die hohe Reißfestigkeit und Bruchdehnung ermöglichen die Fertigung von Formteilen mit Hinterschneidungen. Die weich- bis zäh-elastischen PU-Werkstoffe weisen naturgemäß nicht so enge Maßtole-

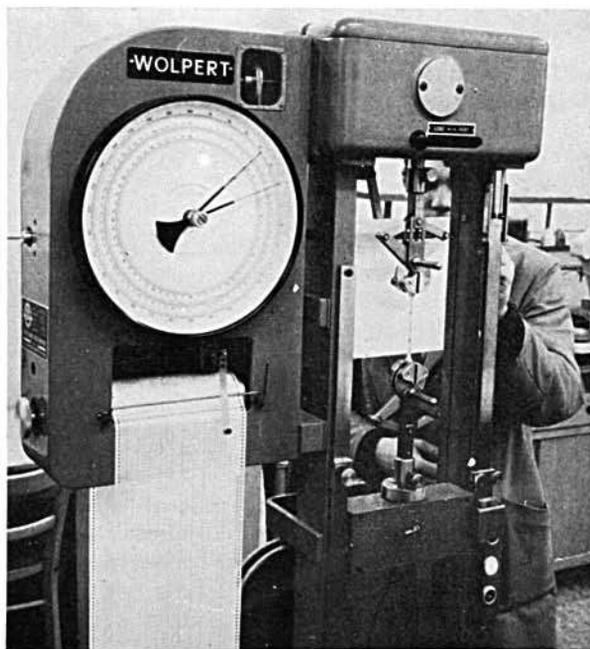
ranzen wie z. B. Stahl auf, da ihr Wärmeausdehnungskoeffizient zehnmal größer ist als der von Metall. Daher sind gegossene oder gepreßte PU-Formteile nach DIN 7715 zu tolerieren.



Zäh-elastische Fußmatte für Pkw aus PU-Gießmasse hergestellt im **Formgießverfahren**.

II) Flächenbeschichtung mit Gieß- und Streichmassen

Gieß- und Streichmassen auf Polyurethan-Basis werden in ständig zunehmendem Maße auch in der Bauindustrie eingesetzt und ermöglichen dort die Lösung von Problemen, die mit den bekannten „klassischen“ Materialien nicht oder nur unzureichend bewältigt werden konnten. Durch die bereits beschriebenen ausgezeichneten Eigenschaften eignen



PU-Coating (Beschichtungsmasse) auf der Prüfmaschine

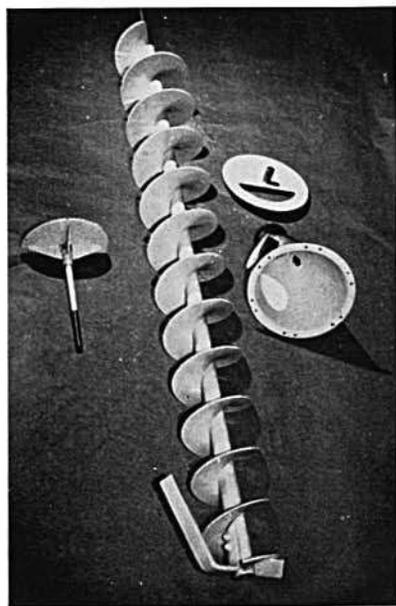
Auf der Zerreißmaschine wird die Dehnung bis zum Zerreißen gemessen. Die ermittelten Daten geben Aufschluß über die Zug- und Reißfestigkeiten und die sich daraus ergebenden Einsatzmöglichkeiten.

sich diese Produkte für das Belegen von Böden, für Beschichtungen, Isolierungen und das Ausfüllen von Fugen und Rissen. Sie ermöglichen die Reparatur alter Betonflächen und ergeben dauerhafte Verklebungen der verschiedensten Baustoffe untereinander.

Für die Verarbeitung der Streich- und Gießmassen gibt es verschiedene Möglichkeiten, die am Beispiel einer Betonbeschichtung zum Schutz gegen Abrieb und chemische Angriffe aufgezeigt werden sollen. Je nach der aufzubringenden Menge pro Flächeneinheit und der Auftragsmethode spricht man von

- a) einer Versiegelung (Auftrag mit Pinsel oder Bürste) 0,2 l Masse pro m²
- b) Streich-Beschichtung, Auftrag mit Pinsel oder Lammfellroller, 0,4 l Masse pro m²
- c) Gieß-Beschichtung, Auftrag mit Spachtel oder Lammfellroller, über 0,4 kg bis 5 kg/m²
- d) Stampf- bzw. Verreibbeschichtung (Kunststoff-Estrich) über 5 kg/m², Auftrag mit Glättspan oder Reibebrett.

Gieß- und Streichmassen, Fugenverguß- und Kittmassen, Grundierungen und eine Versiegelung für Beton, Holz, Asbestzement etc. haben wir zu unserem „FLEXOVOSS-Programm“ zusammengestellt.



Schutzüberzug mit PU-Coating, im Spritzverfahren hergestellt.

Die Förderschnecke erhält damit einen besonders abriebfesten, korrosions- und chemikalienbeständigen Überzug.

III) Spritzverfahren

Die Oberflächenbeschichtung durch einen Sprühauftrag mit PU-Coatings stellt eine rationelle Arbeitsmethode beim Überziehen großflächiger Bauteile dar. Allerdings ist eine Vorbehandlung des Untergrundes erforderlich. Er muß sauber, trocken und fettfrei sein und unter Umständen mit einem besonderen Haftvermittler vorbehandelt werden, um eine feste und dauerhafte Verbindung zwischen Untergrund und Coating bzw. Beschichtung zu erzielen.

Zum Aufsprühen der eigentlichen Überzugsschicht werden die gleichen Zwei-Komponenten-Spritzgeräte verwendet, die auch zum Auftragen von PU-Schäumen dienen. Dabei

ist für eine gleichmäßige Verteilung der Spritzmasse Sorge zu tragen. Bei einer Schichtdicke über 8 mm ist es vorteilhafter, die Masse in zwei oder mehreren Schichten aufzubringen, um eine gleichmäßige Schichtdicke zu erzielen und die Reaktionswärme zu vermindern.

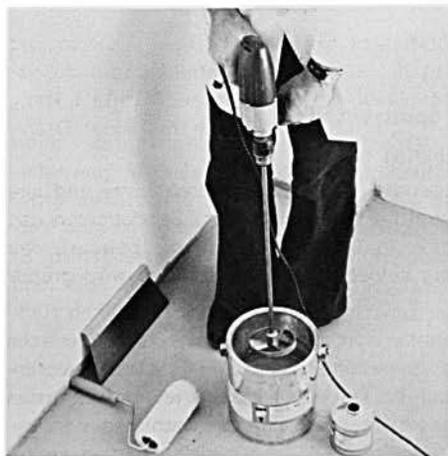
Allgemeine Verarbeitungsrichtlinien

Zusätzliches Dosieren oder Abwiegen entfällt!

Diese Flexovoss-Massen liefern wir in jeweils zwei gebrauchsfähig abgepackten Gebinden, deren Größe so bemessen ist, daß die **gesamte Härtermenge** (Komponente B) kurz vor der Verarbeitung in die Masse intensiv eingerührt werden kann, wobei das Liefergebinde der Komponente A gleichzeitig als Mischgefäß verwendet wird. Das Mischungsverhältnis wird damit exakt eingehalten.

Die Möglichkeit der Einfärbung

ist unter Verwendung der von uns lieferbaren **Spezial-Abtönpasten** für Flexovoss-Massen, Schaumstoffe und DD-Lacke ohne Schwierigkeiten möglich. **Die Mengenzugabe** beträgt je nach Intensität der Abtönung zwischen 1 und 5 %, bezogen auf die Gesamtmenge, und **erfolgt vor Zugabe der Härterlösung**. Vorteilhaft ist die Einfärbung mit diesen kräftigen, deckenden Farben, doch können auch Pastelltöne durch Zugabe von weißer Abtönpaste erzielt werden. Dabei ist jedoch darauf hinzuweisen, daß bei starker Sonneneinstrahlung diese Pastelltöne, besonders aber weiße oder hellbeige Farben, wegen der mangelnden UV-Beständigkeit der Bindemittel zur Vergilbung neigen, die aber nachweislich keinen Einfluß auf die ausgezeichnete Witterungsbeständigkeit hat. Diese Farbtöne sollten aber nur für Innenräume verwendet werden. Hellgraue Farbtöne werden durch diese Vergilbung zwar verändert, doch behalten besonders Dachbeläge trotz dieses Farbumschlages ein ansprechendes Aussehen.



Zur schnellen und gründlichen Vermischung der teilweise stark thixotropen FLEXOVOSS-Gießmassen wird der FLEXOVOSS-Mischpropeller eingesetzt. Zum Antrieb werden Heimwerker- oder Industriemaschinen mit einem Bohrfutter von 10 oder 13 mm benutzt. Das Mischorgan wird auch zum Unterrühren von Abtönpasten in die A-Komponente verwendet.

Zum Einmischen

(ca. 3–5 Minuten lang) der Härterkomponente in die Masse genügt bis zu 3 kg ein Rührholz, doch haben sich besonders unsere in eine Bohrmaschine einspannbaren Mischpropeller bewährt, die vor allem zur Aufbereitung von streich- oder gießfähigen Flexovoss-Massen geeignet sind. Bei diesem Mischvorgang sollte möglichst wenig Luft eingerührt werden!

Als **Verarbeitungsgeräte** für streichfähige Mischungen (Streichmasse K 6) eignen sich Pinsel, Fell- oder Schwammroller, für gießfähige Massen (Gießspachtel K 8) Zahnpachtel, Gummiwischer oder Glättspan (eventuelle Nachbehandlung mit Fell- oder Schwammroller).

Verarbeitungszeit

Sobald beide Ausgangskomponenten gut vermischt sind, beginnt die chemische Reaktion der Vernetzung, die sich nach einiger Zeit bemerkbar macht durch Selbsterwärmung, Dickflüssigerwerden, Gellieren und schließlich durch Erhärten. Damit ist die Zeit zur Verarbeitung einer fertigen Mischung begrenzt; sie liegt für Flexovoss-Ansätze je nach Type zwischen 20 und 60 Minuten. Da die Ansätze stets innerhalb dieser Verarbeitungszeit (Topfzeit) aufgebracht werden müssen, sollte man die Ansatzmenge nur so groß halten, daß man das Material bequem verarbeiten kann. Dabei wird man für Gießmassen weniger, für Streichmassen mehr Zeit benötigen. Zu beachten ist, daß es in größeren Behältern zu einem Wärmestau kommen kann, der die gebrauchsfertigen Mischungen vorzeitig abbinden läßt. Es empfiehlt sich daher, Mengen über 10 kg nach dem Anmischen entweder in flache Behälter umzufüllen oder auf die zu beschichtende Fläche zu gießen, um die Masse erst dann gleichmäßig zu verteilen. In diesem Zusammenhang möchten wir darauf hinweisen, daß die Reaktion an heißen Tagen bedeutend schneller verläuft als bei kühler Witterung.

Eine Aushärtung wird auch ohne zusätzliche Beschleunigung noch sicher bei 5 °C erreicht und wird selbst durch Frosteinbruch nicht unterbrochen.

Die Beschaffenheit des Untergrundes

beeinflusst die Haftung dieser Massen. Die Oberfläche soll daher sauber, trocken und möglichst rauh sein. Die beste Vorbehandlung für Beton- oder Metalluntergründe garantiert das **Sandstrahlen**, wenn der anfallende Staub restlos abgesaugt werden kann. Besteht dazu besonders bei Metallen keine Möglichkeit, kann auch mit einer Drahtbürste gereinigt oder mit Schleifpapier geschliffen werden.

Vor Beschichtung der Betonflächen ist es notwendig, daß die Zementschlämme und alle Loseile im Beton vorher entfernt werden. Dabei hat sich neben dem Sandstrahlen das Anätzen der Oberfläche mit 15%iger Salzsäure (in Drogerien erhältlich) bewährt, das schneller und billiger ist. Hat die Blasenbildung aufgehört (CO₂-Entwicklung), wird gründlich mit viel Wasser säurefrei (Indikatorpapier) gewaschen und anschließend getrocknet.

Eine gewisse Empfindlichkeit unserer Flexovoss-Massen gegenüber nicht ganz trockenen Verarbeitungsbedingungen sollte man besonders bei Verarbeitung im Freien berücksichtigen. Eine bessere Haftung auf noch feuchtem Boden erzielt man in jedem Fall, wenn ein Vorstrich mit unserer Grundierung G 4 erfolgt, die sich mit der nachfolgenden Beschichtung einwandfrei verbindet. Diese Grundierung ist lösungsmittelhaltig und veran-

kert sich auch **ohne Vorbehandlung** des Betons (Sandstrahlen oder Ansätzen). Für einen Metalluntergrund bieten wir mit unserer Grundierung G 2 einen korrosionsschützenden Voranstrich, auf dem auch nach längerer Trockenzeit unsere Flexovoss-Massen ausgezeichnet haften.

Reinigung der Arbeitsgeräte

Als Mischbehälter eignen sich neben den Anlieferungsgebinden am besten Plastikeimer oder -schüsseln, aus denen auch erhärtete Reste einfach zu entfernen sind. In Metallgefäßen lösen sich ausgehärtete Reste nur in Reinigungsmittel B (Methylenchlorid). Noch nicht ausgehärtete Reste sind mit Reinigungsmittel A und C abwaschbar, daher sollten die Arbeitsgeräte rechtzeitig gesäubert werden.

Lagerung der Flexovoss-Massen

Die Materialien sind trocken und bei ca. 20 °C zu lagern. Werden aus den Anlieferungsgebinden die Komponenten nur teilweise entnommen, sind die Gefäße wieder fest zu verschließen. Unter diesen Bedingungen sind die A-Komponenten 12 Monate, die B-Komponente 6 Monate lagerfähig.

Schutzmaßnahmen bei der Verarbeitung

Von den Flexovoss-Massen sind die A-Komponenten gesundheitlich unbedenklich; sie üben keinerlei Reizwirkung auf die Haut aus.

Die B-Komponenten (auf Basis Isocyanat) sind im flüssigen Zustand giftig, aber wegen ihres niedrigen Dampfdruckes praktisch ohne Gefahr zu handhaben, da keine gefährlichen Dämpfe an die Umgebung abgegeben werden. Trotzdem sollte man beim Verspritzen oder Verdüsen wegen der feinen Tröpfchen (Aerosole) vorsichtig sein und unbedingt eine Schutzmaske tragen.

In Kontakt mit der Haut treten bei kurzzeitiger Einwirkung der B-Komponente keine Schädigungen auf, doch bilden sich bei längerem Kontakt dunkle Verfärbungen, die nur schwer zu entfernen sind und erst nach längerer Zeit von der Haut abgestoßen werden.

Zur besonderen Beachtung:

Die ausgezeichnete Haftung der ausgehärteten Flexovoss-Massen auf der Haut macht ein Säubern der Hände nach beendeter Beschichtung so gut wie unmöglich, und es dauert eine geraume Zeit, bis diese Verunreinigungen von der Haut abgestoßen werden.

Daher ist es unbedingt erforderlich, etwaige Verunreinigungen in frischem Zustand mit Reinigungsmittel A oder C zu entfernen. Da sich eine Verschmutzung der Hände aus technischen Gründen meist nicht vermeiden läßt, ist das Tragen von Handschuhen anzuraten. In den meisten Fällen erfüllen hier bereits dünne Handschuhe aus Polyäthylen ihren Zweck (von uns lieferbar gegen DM 1,-/5 Paar), die nach Gebrauch weggeworfen werden. Zusätzlich sollte man die Hände vor Arbeitsbeginn sowie nach jeder Unterbrechung mit einer guten Hautschutzsalbe einreiben. Nach Arbeitsschluß empfiehlt sich die Pflege mit einer guten Fettcreme.

Nach Beendigung der Arbeit sind die leeren Gebinde der B-Komponenten gut zu verschließen und wegzuworfen. Da diese Vernetzer auf Basis Isocyanat aufgebaut sind, **dürfen Reste auf keinen Fall verbrannt werden, da die entstehenden Zersetzungspro-**

dukte giftig sind! In der ausgehärteten Beschichtungsmasse sind diese Komponenten chemisch umgewandelt und vollständig neutral, so daß auch bei Auskleidung von Lebensmittelbehältern keinerlei Bedenken bestehen, wenn die Oberfläche vor der Benutzung mit heißem Seifenwasser abgewaschen wird.

Die in den Grundierungen enthaltenen Lösungsmittel und das zum Reinigen verwendete Reinigungsmittel A sind brennbar und damit vor offenem Feuer zu schützen!



Beschichtung eines Becherwerk-Trichters mit FLEXOVOSS K 6 T. Diese Dickbeschichtung bewährt sich besonders bei Maschinenteilen, die mit abrasiven Füllstoffen in Berührung kommen. Bei Maschinen, die kleineren Stoßbelastungen unterworfen sind, wird K 6 ebenfalls erfolgreich eingesetzt. Die Masse ist thixotrop eingestellt und daher auch überkopf verarbeitbar. Der Untergrund wurde zuvor mit P-3-Lauge gereinigt und kann ggf. mit einem Rostprimer ausgerüstet werden.

Einkomponenten-Coatings

Wie schon bei den PUR-Schäumen sind auch bei den Beschichtungsmassen Einkomponenten-Werkstoffe im Einsatz.

Im Gegensatz zu anderen Einkomponenten-Werkstoffen, die nur physikalisch – durch Verdampfen des Lösungsmittels – trocknen, vollzieht sich bei den Einkomponenten-Polyurethanen ein chemischer Vernetzungsprozeß, nach dem sich auch hier die Lösungsmittel verflüchtigt haben.

Diese zusätzliche Vernetzung führt zu außergewöhnlich guten mechanischen und chemischen und Witterungs-Beständigkeiten, und das bei der bekannt einfachen und damit sicheren Handhabung eines einkomponentigen Werkstoffs.

Solche Werkstoffe werden als Bindemittel für Holz und Quarz, als Grundierungen, Versiegelungen auf Fußböden und Dächern und als Haftvermittler und Sperrgrund für GFK- und Zweikomponenten-Polyurethanbeschichtungen eingesetzt.

Die Ein-Komponenten-Feuchtgrundierung und Versiegelung G 4

eignet sich als Haftgrundierung für FLEXOVOSS-Beschichtungs- und Fugenmassen auf Untergründen wie Beton, Asbestzement, Holz usw. Daneben empfiehlt sich GEVIVOSS G 4 als Haftgrundierung für die Beschichtung von Holzflächen mit Polyester und Glas-seide, als Holzlackierung, die auch bei einer Reihe von exotischen Hölzern einwandfrei aushärtet, als Versiegelung und Isolierung für feuchtes Mauerwerk und feuchte Estrichböden, als Grundierung für das ESTOVOSS-Versiegelungssystem und als Bindemittel für einen hochfesten Reparaturmörtel, der aus trockenem Sand und G 4 angemischt werden kann. GEVIVOSS G 4 schafft eine alkali- und wasserbeständige Versiegelung! Der gebrauchsfertig angelieferte Einkomponenten-Flüssigkunststoff wird **je nach Saugfähigkeit des Untergrundes einmal oder mehrmals** mit einem Pinsel oder einer Bürste aufgetragen. **Verbrauch** bei einmaligem Auftrag ca. 200–400 g/m². Bei den Folgeanstrichen sinkt der Verbrauch entsprechend dem Versiegelungseffekt.

Die Härtung von GEVIVOSS G 4 erfolgt durch den Einfluß der Luftfeuchtigkeit. Eine klebefreie Oberfläche ist nach ca. einer Stunde erreicht.

Aushärtezeit: ca. 24 Stunden, volle Chemikalienbeständigkeit wird nach drei Tagen erreicht. Bei der Verwendung als Haftvermittler sowie beim mehrschichtigen Auftrag ist die nachfolgende Beschichtung bzw. der Zweit- oder Drittanstrich stets innerhalb von 2–5 Stunden nach dem vorhergehenden Auftrag von GEVIVOSS G 4 aufzubringen, um eine chemische Verbindung zwischen den einzelnen G 4-Schichten bzw. der G 4-Grundierung und der nachfolgenden Beschichtung sicherzustellen.

Der ausgehärtete, leicht bräunliche Lackfilm zeichnet sich durch gute Abriebfestigkeit bei gleichzeitiger Elastizität aus. Die Wasser- und Chemikalienbeständigkeit ist ausgezeichnet. Eine leichte Vergilbung bei starker Lichteinwirkung muß allerdings in Kauf genommen werden.

Neben der Standard-Ausführung GEVIVOSS G 4 liefern wir auch eine wasserhelle, kaum vergilbende Variante unter der Bezeichnung GEVIVOSS G 7 TS mit nahezu gleichen End-eigenschaften. Beide Typen GEVIVOSS G 4 und GEVIVOSS G 7 TS sind lösungsmittelhaltig.

ESTOVOSS

Strapazierfähige, chemikalienbeständige und dekorative Versiegelung für Zementestrich und Industrieböden

ESTOVOSS ist eine hochwiderstandsfähige, farbige Versiegelung für Beton- und Zementfußböden in Garagen, Kellern, Werkstätten, Werks- und Lagerhallen, aber auch im privaten Bereich für Balkone, Terrassen, Hobbykeller und NaBräume.

ESTOVOSS stoppt die Entstehung von Zementstaub durch Abrieb, isoliert den Boden gegen Feuchtigkeitseinflüsse, macht ihn ansehnlich und pflegeleicht. Die dichte Oberfläche widersteht dem Einfluß von vielen Chemikalien einschließlich Hydrauliköl und Skydrol. ESTOVOSS wird in einem Drei-Schritt-Verfahren aufgetragen (auch etappenweise möglich). Die Versiegelung ist schnell fertiggestellt, bereits nach zwölf Stunden begehrbar und nach 48 Stunden voll ausgehärtet.

Das ESTOVOSS-System besteht aus zwei verschiedenen Ein-Komponenten-Kunststoffen auf verwandter chemischer Basis.

Die Versiegelung wird dreischichtig wie folgt aufgebaut:

1. Auftrag: Grundierung mit Ein-Komponenten-Polyurethan GEVIVOSS G 4
2. Auftrag: Vorversiegeln mit Ein-Komponenten-Polyurethan ESTOVOSS (farbig)
3. Auftrag: Abschlußversiegelung mit ESTOVOSS

ESTOVOSS ist in den Farben rot, grün und grau lieferbar und kann sowohl einfach aufgerollt als auch mit einer Glasvlies-Armierung verarbeitet werden, wenn die Oberfläche des zu sanierenden Bodens keine vollflächige Verkrallung zuläßt.

ESTOVOSS gibt es in zwei verschiedenen Einstellungen:

- ESTOVOSS SUPER** für bewitterte Flächen, wie Terrassen, Balkone etc.
- ESTOVOSS** für Hallen-, Keller- und Garagenböden.

Aufgrund seiner guten Chemikalien- und Ölbeständigkeit ist ESTOVOSS ein ideales Versiegelungsmaterial für Werkstätten, Garagen, Hangars, Betriebe etc.

FLEXCOAT G 11 metallic

Dieser silberfarbige Einkomponenten-Lack mit seiner sehr guten Witterungsbeständigkeit ist speziell als Dachlack auf Pappe und Polyurethan-Coating-Dächern eingesetzt. Durch seinen hohen reflektorischen Anteil vermindert er im Sommer die Temperaturen in der Dachhaut um bis zu 25 °C.

Das schont den Dachunterbau und senkt die Temperatur im Gebäude.

Die chemische Vernetzung sorgt für eine lange Standzeit dieser Beschichtung.

Kleines PUR-Lexikon

- Abbindezeit:** Dauer bis zu dem Zeitpunkt, bei dem das Reaktionsgemisch so weit durchgehärtet ist, daß sich aus dem Schaumgemisch Fäden herausziehen lassen (= Fadenzeit).
- Aktivator:** Substanz, die eine chemische Reaktion beschleunigt. Bei der Polyurethanverschäumung handelt es sich meist um tertiäre Amine.
- Amine:** Aktivatoren für die Polyurethanverschäumung.
- Bandanlage:** Maschinentechnische Ausrüstung zur Fertigung endloser Schaumblöcke auf Bandstraßen. Das Schaumgemisch wird auf ein mitlaufendes Papierband aufgetragen.
- Blockverschäumung:** Verschäumung zu Schaumblöcken, die anschließend zu Platten, Folien, Formkörpern und dergleichen zugeschnitten werden; siehe auch Bandanlage.
- Doppel(transport)-bandanlage:** Bandanlage zur Fertigung endloser Hartschaumplatten. Das Schaumgemisch wird auf eine mitlaufende Trägerfolie (Deckschicht) aufgetragen. Die Höhe der Platte wird von einem zweiten darüber mitlaufenden Transportband (Deckschicht) bestimmt.
Das obere Band ist in der Höhe einstellbar.
- Duromerschaum:** Hartschaum mit hohem Raumgewicht (100 kg/m^3) und verdichteter Oberfläche.
- Einstufenverfahren:** Rohstoffe verschäumen ohne Vorreaktion (One-Shot-Verfahren).
- Elastomere:** Weitgehend kompakte elastische Massen aus Polyurethan hergestellt.
- Endraumgewicht:** Raumgewicht eines in einer Form geschäumten Körpers. Liegt höher als das freigeschäumte Raumgewicht (siehe auch dort).
- Fadenzeit:** Siehe Abbindezeit.
- Flammschutzmittel:** Chemische Substanz oder Kombination chemischer Substanzen, die den Schaum schwer entflammbar macht.
- Formverschäumung:** Aufschäumen innerhalb einer Form (siehe auch Endraumgewicht).
- Freigeschäumtes Raumgewicht:** Die niedrigste, bei gegebener Rezeptur erreichbare Dichte eines in seiner Ausdehnung nicht behinderten (siehe auch Blockverschäumung) schäumenden Gemisches. Abhängig vom Treibmittel- und Wasseranteil. (Siehe auch Endraumgewicht.)
- Frothing:** Begriff für die Vorschäummethode, siehe dort.

Gießverfahren:	Das flüssige Rohstoffgemisch wird in die Form oder auf das Band gegossen, wo es nach kurzer Zeit aufschäumt; siehe auch Spritzverfahren.
Hartschaum:	Polyurethan-Hartschäume zählen zu den duroplastischen Kunststoffen; sie sind also räumlich stark vernetzt und nicht schmelzbar. Sie haben ein starres Zellgerüst. Das Raumgewicht beträgt je nach Verwendungszweck 25–80 kg/m ³ .
Heißschaum:	Weichschaum, der in Formen geschäumt wird, die zusätzlich geheizt werden müssen, damit der Schaum aushärtet.
Hochdruckmaschine:	Die Komponenten werden mit Kolbendosierpumpen auf hohe Drücke (100 bar) gebracht. Der hohe Druck ermöglicht das Vermischen der Komponenten über Düsen.
Integralschaum:	Bestimmte Rohstoffkombinationen ergeben bei der Verschäumung Formkörper mit einer porenfreien Außenhaut. Sie ist integrierter Bestandteil des Formkörpers.
Isocyanat:	Eine der beiden organischen Verbindungen, aus denen Polyurethan hergestellt wird. Isocyanatmoleküle enthalten die funktionelle Gruppe $-N=C=O$.
Kaltschaum:	Weichschaum, der ohne zusätzliches Erhitzen der Formen aushärtet; Gegenteil: Heißschaum.
Kennziffer:	Sagt etwas über den Vernetzungsgrad eines Schaumstoffes aus. Kennzahl 100 bedeutet stöchiometrischer Umsatz. Sie wird nach folgender Formel errechnet: $\text{Kennzahl} = \frac{\text{Isocyanatmenge (praktisch)}}{\text{Isocyanatmenge (theoret.)}} \times 100$
Klebfreizeit:	Zeitpunkt, bei dem das Reaktionsgemisch so weit abgebunden ist, daß es sich nicht mehr klebrig anfühlt.
MDI:	Abkürzung für Diphenylmethan-4,4' diisocyanat.
Niederdruckmaschine:	Fördert und dosiert über Zahnrad- oder andere Verdränger-pumpen bei niedrigem Druck (bis ca. 10 bar). Arbeitet meistens nach dem Rezirkulationsprinzip, d. h. Rücklauf der Komponenten zwischen den Schäumtakten. Die Vermischung erfolgt in der Regel mit einem Rührer.
One-Shot-Process:	Bezeichnung für das Einstufenverfahren; siehe dort.
Polyole:	Chemische Verbindungen, die mehrere Hydroxylgruppen im Molekül enthalten. Basisrohstoff zur Polyurethanerzeugung.
Polyurethan:	Chemisches Reaktionsprodukt aus Polyolen und Polyisocyanaten. PUR
PUR:	Abkürzung für Polyurethan.

Prepolymer:	Eigentlich Semi-Prepolymer. Reaktionsprodukt aus Polyolen und Polyisocyanaten als Vorstufe für die Verschäumung nach dem Zweistufenverfahren. Enthält freie $-N=C=O$ -Gruppen und verhält sich deshalb wie ein Isocyanat; siehe dort.
Raumgewicht:	Gewicht eines Stoffes, bezogen auf sein Volumen. Bei Schaumstoffen Angabe in g/l bzw. kg/m ³ .
Reaktionsgemisch:	Liegt in dem Augenblick vor, in dem alle an der Schaumbildung beteiligten Stoffe zusammengebracht werden. Aus diesem Reaktionsgemisch entwickelt sich nach kurzer Zeit der Schaumstoff.
Sandwich:	Bauteile mit beidseitigen flexiblen oder starren Deckschichten; siehe auch Doppel-(transport-)bandanlage.
Schäumdruck:	Druck bei der Verschäumung, abhängig vom Verdichtungsgrad; siehe auch Doppel(transport)bandanlage.
Spritzverfahren:	Das stark aktivierte Reaktionsgemisch wird mechanisch (Hochdruckmaschine oder Preßluft) verspritzt. Haupteinsatz: Flächenisolierung.
Startzeit:	Zeit vom Beginn der Verschäumung bis zur erkennbaren Volumenvergrößerung. Abhängig von der Temperatur und dem Aktivatorgehalt.
Steigzeit:	Zeit vom Beginn der Vermischung bis zur maximalen Volumenausdehnung.
TDI:	Abkürzung für Toluylendiisocyanat.
Treibmittel:	Verbindung bzw. Substanz, die eine Aufblähung des Reaktionsgemisches bewirkt.
Verdichtungsgrad:	Verhältnis Endraumgewicht zu freigeschäumtem Raumgewicht. Abhängig von der Formenkonstruktion und dem Fließvermögen des Schaumgemisches.
Viskosität:	Maß für die Zähigkeit oder innere Reibung von Stoffen.
Vorschäummethode:	Verschäumungsmethode, bei der das Reaktionsgemisch sahnartig aus dem Mischkopf austritt. Dazu wird ein Treibmittel benötigt, das gasförmig ist, jedoch muß dieses als Flüssigkeit auch im Mischkopf vorliegen. Siehe auch Frothing.
Wärmeleitzahl:	Maß für die Wärmeisolationseigenschaft eines Stoffes. Je niedriger der Zahlenwert, desto besser ist die Isolation. Einheit: $W / (m \cdot K)$.
Wärmestandfestigkeit:	Werkstoffverhalten in einem bestimmten Temperaturintervall.
Zweistufenverfahren:	Verfahren der Schaumherstellung, bei dem zunächst eine Vorreaktion zwischen Polyol und dem Polyisocyanat erfolgt; siehe auch Prepolymer.

Auszug aus FRIGEN-INFORMATION 5/71

Die hier beschriebenen Arbeitstechniken beruhen auf langjähriger Erfahrung. Trotzdem ist es möglich, daß wir Ihnen bereits nach einigen Monaten noch einfachere Arbeitsverfahren vorschlagen können, weil wir im Labor und in der Versuchsabteilung ständig neue Verfahren auf Vor- oder Nachteile untersuchen. Planen Sie ein großes Objekt, so rufen Sie uns bitte an, oder besuchen Sie uns in Uetersen. Unsere Chemiker und Ingenieure beraten Sie gern, denn oft ergibt sich der beste Weg erst bei eingehender Besprechung.

