

# Polyurethane: Fast unendliche Vielfalt

## Überblick der Polyurethan-Arten

Im Falle des Polyurethans handelt es sich bei der Polymerbildungsreaktion um eine Polyadditionsreaktion von niedrigviskosen multifunktionalen Polyolen und Isocyanaten bzw. Poly-Isocyanaten (MDI oder TDI). Die eingesetzten Polyole besitzen als reaktionsfähige funktionelle Gruppen mindestens zwei OH-Gruppen, die Isocyanate mindestens zwei NCO-Gruppen. Werden Polyole mit Isocyanaten und dem Treibmittel vermischt, so reagiert das Polyol mit dem Isocyanat in einer Polyaddition zu PUR (Polyurethanschaum) und das Treibmittel bildet Gaseinschlüsse.

Eine besondere Bedeutung haben die PUR-Schaumstoffe wegen ihres großen Variationsbereiches von hart, über halbhart bis weichelastisch. PUR wird meist geschäumt oder auf einen Träger gesprüht.

## PUR-Weichschaum

PUR-Weichschaumstoffe, bei denen in der letzten Phase des Schäumvorgangs die Zellwände aufplatzen, bestehen überwiegend aus elastischen Zellstegen. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von offenzelligen Schäumen. Sie sind leicht und reversibel verformbar und wegen ihrer Offenzelligkeit sind sie gut luftdurchlässig. Diese Eigenschaften machen sie zu hervorragenden Polstermaterialien für die Möbel- und Automobilindustrie, als Polstermöbel, Matratzen und Automobilsitze. Überaus wichtig sind sie generell als Dichtungs- und Akustikmaterialien. Darüber hinaus werden sie auch zur Schalldämmung eingesetzt. Große Mengen von PUR-Weichschaumstoffen werden kontinuierlich im Blockschaum-Verfahren hergestellt. Grundsätzlich unterscheidet man je nach verwendetem Polyol zwischen Polyester- und Polyether-Blockschaum. Das dominierende Isocyanat ist TDI, allerdings findet für spezielle Schaumqualitäten mit höherer Rohdichte zunehmend auch MDI Verwendung. Weichschaumstoffe haben mengen- und volumenmäßig den größten Marktanteil unter den Polyurethanen.

## PUR-Halbhartschaum

Halbhart bedeutet, dass diese Schaumstoffe wesentlich härter sind als Weichschäume. Der Übergang ist jedoch fließend, und alle geforderten Zwischenstufen sind einstellbar. Halbhart-Schaumstoffe sind offenzellig, bilden beim Schäumen keine nennenswerte Haut und haben eine ausgezeichnete Haftung zu vielen Deckschichtmaterialien.

Kennzeichnend für Halbhartschaum ist das ausgezeichnete Dämpfungsverhalten. Bei Stoßbelastung wird die Energie aufgenommen und verteilt, ohne dass es zu einem gummiartigen Zurückprallen kommt. Der Schaum geht vielmehr langsam in seine Ausgangslage zurück. Aufgrund ihrer Offenzelligkeit haben Halbhart-Schaumstoffe auch besondere akustische Eigenschaften. Die Dämpfung von Schwingungen trägt dazu bei, Stör- und Knartzgeräusche nachhaltig und langanhaltend zu vermeiden.

Eine typische Anwendung für halbharte PUR-Schaumstoffe, die sich durch ein gutes Energieaufnahmevermögen auszeichnen, sind Seitenaufprallschutzelemente in Türen, sowie Energieabsorber in Stoßfängern. Als Energierabsorber finden sie auch in Pipeline- und Offshore-

Industrie Anwendung, sowie zur Schallwellenreduktion im Hausbau.

Vielfältige Gestaltungsmöglichkeiten ergeben sich auch aus der Kombination von Folien(-häuten) mit Halbhart-Schaumstoffen. Farbe und Oberflächengestaltung werden durch die Folie bestimmt, während durch die Hinterschäumung mit Schaum der gewünschte weiche Griff (Haptik) und eine sichere Gestaltung des Fahrzeuginnenraumes erreicht wird. Folienhinterschäumte Abdeckungen im Kfz-Innenraum erfüllen wesentliche Sicherheitsfunktionen, indem sie die Last eines Aufpralls verteilen und Schutz vor Knochenbrüchen, Kopf- und Knieverletzungen bieten, die von harten Blechteilen und vorstehenden Kanten verursacht werden können. Anwendungsbeispiele sind Instrumententafeln, Türseitenverkleidungen, Knieleisten, Abdeckungen für Handschuhkästen, Armlehnen und Airbag-Abdeckungen

### **PUR-Hartschaum**

PUR-Hartschaumstoffe sind stark vernetzt und weisen daher eine hohe Festigkeit auf. Sie besitzen eine geschlossenzellige Schaumstruktur. Dämmstoffe aus Polyurethan-Hartschaum sind wegen ihres optimalen Dämmvermögens vielseitig einsetzbar – sowohl als Dämmstoff als auch als Konstruktionswerkstoff in Kombination mit verschiedenen Deckschichten. Sie sind aufgrund ihrer extrem niedrigen Wärmeleitfähigkeit viel effektiver als konventionelle Dämmstoffe. Da sie zur Familie der Duroplaste gehören, schmelzen sie auch bei hohen Temperaturen nicht und bleiben form- und dimensionsstabil. Sie sind druckfest, dauerhaft, Wasser abweisend und gegenüber fast allen Bauchemikalien beständig. Die Produktpalette reicht von Dämmplatten für die Anwendungsgebiete Dach, Wand, Boden und Decke über Fensterrahmen-Dämmung und Montageschaum bis hin zu Metall-Sandwichelementen für den Industriebau.

Die vor der Aushärtung bestehende Klebkraft erlaubt es, PUR während des Schäumprozesses mit einer Reihe von Deckschichtmaterialien zu Sandwichkonstruktionen zu verbinden. Im Baubereich werden sie – kaschiert mit Deckschichten aus Gips, Kunststoffen oder Metallblechen – in Form von Dämmelementen sowie als leichte Sandwichelemente für Industriehallen, Verwaltungsgebäude und Kühlhäuser verwendet.

Das gute Wärmedämmvermögen von PUR-Hartschaum resultiert aus der Kombination einer geschlossenzelligen, feinen Schaumstruktur und Zellgasen (z. B. Pentan), die die Wärme schlecht leiten. Aufgrund ihrer hervorragenden thermischen Isolationseigenschaften sind Schwerpunkte der Anwendung dieser Schäume in der Wärme- und Kälte­dämmung zu finden. Im Transportsektor werden solche Leichtbaukonstruktionen für Aufbauten von Kühltransportern und Kühlcontainern eingesetzt. Weiterhin nutzt man die guten Dämmeigenschaften zur Isolation von Fernwärmerohren, Tanks und Pipelines sowie zur Herstellung aller Arten von Kühlmöbeln. So können Rohre mit einer PUR-Dämmschicht und einer Außenhülle aus Polyethylen über Jahrzehnte Temperaturen von bis zu 150 °C ausgesetzt werden.

### **Verstärktes PUR**

Beim RRIM (Reinforced Reaction Injection Moulding) werden zwei Komponenten (Polyol und Isocyanat) und ein Verstärkungsstoff (z. B. Glasfaser, Kohlefaser, Gesteinsmehl, Naturfaser) im Mischkopf gemischt und unter hohem Druck in ein formgebendes Werkzeug gespritzt.

Mit Hilfe des Structural RIM-Verfahrens (S-RIM) können endlosfaserverstärkte Bauteile auf PUR-Basis hergestellt werden. Dabei werden hier vor dem Gemischeintrag die konfektionierten Verstärkungshalbzeuge, die bei komplexer Formteilgeometrie im Vorfeld in einer Vorformstation

zu einem Faservorformling vorgeformt werden, in das Formwerkzeug eingelegt. Im Anschluss wird das schäumfähige Reaktionsgemisch eingetragen. Hierbei kommt zumeist das offene Verfahren zur Anwendung, das insbesondere bei großflächigen Formteilen von Vorteil ist. Diesbezüglich ist als Beispiel die Herstellung von Armaturentafelträgern zu nennen. Aber auch der geschlossene Gemischeintrag ist möglich und wird z.B. bei kleineren Formteilen praktiziert.

Eine weitere Möglichkeit zur Herstellung von faserverstärkten PUR-Bauteilen besteht in der Nutzung spezieller Sprühtechnologien. Hierbei kommen verschiedene Verfahrensvarianten zum Einsatz, die sich in ihrem Prozessablauf grundsätzlich unterscheiden.

Eine Variante stellt das PUR-Langfasersprühen dar, welches von verschiedenen Maschinenherstellern unter den Bezeichnungen LFI (KraussMaffei), FipurTec (Hennecke) und Interwet (Cannon) vertrieben wird und Mitte der 1990er Jahre in den Markt eingeführt wurde.

Anwendungsbeispiele sind Außenhautteile in der Automobilindustrie, wie Kotflügel, Schweller- und Stoßfängerverkleidungen.

### **Struktur- bzw. Integralschäume**

Eine besondere Struktur besitzen die sog. Integralschäume. Durch Wahl eines geeigneten Treibmittels und einer entsprechender Prozessführung besitzen sie im Randbereich eine nahezu zellfreie Struktur, während der Kern des Formteils aufgeschäumt ist. Im Gegensatz zu gleichmäßig geschäumten Kunststoffen (gleiche Dichte über den gesamten Querschnitt) sind Schäume mit unterschiedlichem Dichteverlauf über den Querschnitt (Struktur- oder Integralschäume) im Vorteil. Das Sandwich-Prinzip verleiht dem Schaum besonders gute mechanische Eigenschaften bei relativ geringem Gewicht.

Unter dem Aspekt von Oberflächeneigenschaften spielen Integralschäume eine wichtige Rolle: Ein geschäumter, weicher Schaumkern (die typischen Raumgewichte liegen zwischen 150 und 800 kg/m<sup>3</sup>) kann nahtlos in die weitgehend porenfreie (kompakte) Haut übergehen. Diese Integralschaumstoffe zeichnen sich durch hohe Abriebfestigkeit, eine griffsympathische, dekorative Oberfläche, sehr gute chemische und mechanische Beständigkeit, hohe Elastizität und geringe Wärmeleitfähigkeit aus. Sie werden für das Kfz-Lenkrad, Schaltknöpfe, Kopfstützen, zur Ummantelung von Griffen und Armlehnen und als Schuhsohlenmaterial eingesetzt. Ebenso werden verschiedenartige Härtegrade von Matratzen oder anderen Weichschaumanwendungen durch Integralschäume in einem Einstufenprozess hergestellt.

PUR als Integralhartschaumstoff bei mittleren Dichten von 0,5 g/cm<sup>3</sup> bis 1,1 g/cm<sup>3</sup> wird u. a. eingesetzt für Konstruktionszwecke (Möbelbau, Gehäuse für Büromaschinen, Messgeräte, Funk- und Fernsehgeräte usw.), d. h. für großflächige, leichte und doch steife Formteile. Die Härte resultiert aus der höheren Vernetzungsdichte durch Verwendung kurzkettiger Polyole in Kombination mit höherfunktionellen Polyolen und höherfunktionellen Isocyanaten.

### **PUR-Sprühschaum / Sandwich-Technik**

PUR-Sprühschaum ist eine neue Technologie zur kosteneffizienten Herstellung von großen und komplexen Verbundteilen. Aufgrund der geringen Investition in Maschinen und Formen eignet sich das Verfahren hervorragend für kleine bis mittlere Stückzahlen. Beim Sprayverfahren wird das Polyurethan im Hoch- oder Niederdruckverfahren auf ein Bauteil oder in eine Form gesprüht. Der Auftrag kann mehrschichtig sein, wobei die Schichten sehr dünn bis dick, kompakt oder

geschäumt sein können. Das formnahe Aufsprühen eröffnet neue Möglichkeiten bei der Formgebung und sorgt für effizienten Materialeinsatz mit wenig Abfall. Durch das Versprühen des Materials angereichert mit Glasfasern oder auch durch das Einlegen von Fasermatten oder Lamellen- und Wabenstrukturen, können die Schichten mechanisch verstärkt werden. Es entstehen leichte und dennoch belastbare Verbundwerkstoffe (PUR-Sandwichelemente), bei Bedarf mit hochwertigem Oberflächen-Finish.

Anwendungsgebiete sind Verbindungselemente für Abwasserrohre, große Konstruktionsteile in kleinen Serien wie z.B. Motorhauben für Landmaschinen, Hutablagen, Haustüren und Fertighauselemente.

### **Spezielle funktionale PUR-Arten**

Weitere Anwendungen für PUR sind energieabsorbierende Schaumstoffe (EA-Schaum), die sich durch ein viskoelastisches Verformungsverhalten auszeichnen. Bei Krafteinwirkung werden die Schaumzellen reversibel verformt. Dabei wird die Energie in Verformungsarbeit und Wärme umgewandelt. Die offenzelligen und zähelastischen EA-Schaumstoffe weisen Rohdichten zwischen 60 und 100 kg/m<sup>3</sup> auf. EA-Schaumstoffe finden Verwendung als Stoßfänger und als Sicherheitsteile im Kfz-Innenraum, z. B. zum Knieschutz oder Rückenlehnenverkleidungen.

Ein weiteres Beispiel ist thermisch verformbarer PUR-Schaumstoff (TF-Schaum), der sich zur Herstellung großflächiger, leichter und montagefreundlicher Bauteile für den Automobilinnenraum eignet. Anwendungsbeispiele sind Dachhimmel, Türseitenverkleidungen, Hutablagen und Motorabdeckungen. TF-Schaumstoffe sind offenzellig, weich bis zähhart und besitzen ausgezeichnete schalldämpfende Eigenschaften bei Rohdichten zwischen 20 und 50 kg/m<sup>3</sup>. Großflächige Fertigteile aus TF-Schaum sind sandwichartig aufgebaut, um selbsttragende Eigenschaften zu erreichen.

Polyurethan-Klebstoffe sind als 1- oder 2-Komponenten-Klebstoffe erhältlich, welche durch Polykondensation oder Polyaddition aushärten können. Die Einkomponenten-PUR-Klebstoffe härten unter Zugabe von Luftfeuchtigkeit und/oder Wärme aus. Es besteht die Möglichkeit, beide Aushärtemechanismen zu verbinden, so dass eine erste Festigkeit durch die Luftfeuchtigkeitshärtung, die Endfestigkeit der Verklebung aber erst unter Wärmeinwirkung eintritt. In den Verkehrsmitteln für Straße/Schiene/Luft/Wasser spielen sie eine Rolle, ebenso in der Schuhindustrie, Matratzenherstellung, Glasverarbeitung, Buchbinderei etc. In der Automobilindustrie werden PUR-Klebstoffe u.a. zum Verkleben und Abdichten von Glasscheiben, Kunststoffanbauteilen, Front- und Heckmodulen, Dächern, Türfalze und Unterbodenverkleidungen eingesetzt. Polyurethanlacke (PUR-Lacke) werden hauptsächlich im Innenausbau eingesetzt.

Mit ihnen können viele Farben und Effekte erzeugt werden. PUR-Lacke werden normalerweise als 2-Komponenten-Systeme verarbeitet. Durch die Zugabe des Härter wird eine sehr hohe Aushärtung der Lackschicht erzielt, welche sie gerade für höhere Beanspruchungen besonders geeignet macht.