

# Unverzichtbar – Vergussmassen für Elektrotechnik und Elektronik

Michael Piepho

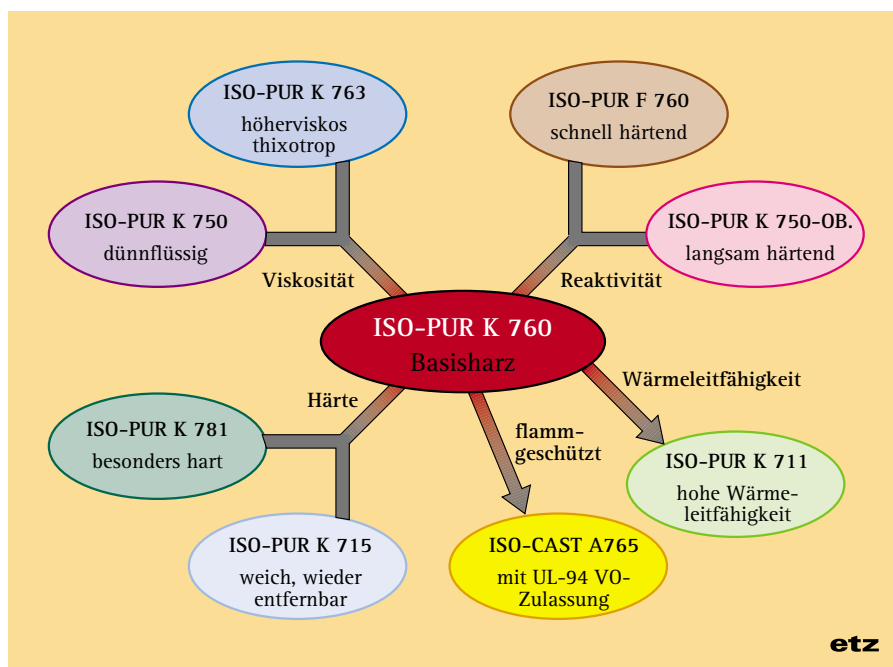
**Vergussmassen werden zunehmend in Elektrotechnik, Maschinenbau und Elektronik zum Schutz von Bauelementen vor mechanischen und chemischen Störeinflüssen, Personenschutz vor Kurzschlussgefahren und Schutz vor Manipulationen an Geräten eingesetzt – PTB-registriert für Ex-Schutz-Anwendungen und VDE-geprüft für Starkstromanwendungen.**

Zum Schutz elektrischer Bauelemente vor schädigenden Umgebungseinflüssen werden zunehmend Elektrovergussmassen eingesetzt. Dadurch erreicht man unter anderem Verbesserungen im Hinblick auf:

- elektrische Isolation,
- Schutz vor mechanischen Störeinflüssen, wie Schlag, Stoß, Vibration,
- thermische Belastbarkeit,
- Korrosion,
- Langlebigkeit und
- Schutz vor Kopie der Schaltung durch Wettbewerber.

Eine ideale Vergussmasse für alle Anwendungen kann es nicht geben, da die gestellten Anforderungen an Elektrovergussmassen je nach Anwendung sehr verschieden sein können. So werden z. B. Kleintransformatoren mit relativ harten Harzen vergossen, für Sensoren oder SMD-Bauelemente bevorzugt man in der Regel weiche Vergussmassen.

ISO-Elektra, Elze, fertigt eine breite Palette unterschiedlicher Elektrovergussmassen für zahlreiche Anwendungen (Bild 1). Als Standardvergussmasse hat sich das kalthärtende Zwei-Komponentensystem Iso-Pur K 760 bewährt. Das Produkt zeigt folgende Merkmale: mittlere Viskosität, Verarbeitungszeit 10 min, Shore D 60 im Standard-Mischungsverhältnis 4:1 Gewichtsteile Harz: Härter, Temperaturbeständigkeit -40 °C bis 140 °C, von der Physikalisch Technischen Bundesanstalt (PTB) zugelassen für Ex-



**Bild 1.** Baukastensystem der Standardprodukte von ISO-Elektra

Schutz Anwendungen, VDE-geprüft für Starkstromanwendungen, wenig Feuchtigkeitsempfindlich bei der Verarbeitung, für Hand- und Maschinenverguss geeignet, Standardfarbe beige, schwarz und viele weitere Farben auf Wunsch lieferbar.

Das Produkt kann durch Rezepturveränderungen für zahlreiche Anwendungen modifiziert werden:

- weichelastische Einstellung „W“, besonders für SMD-Bauelementeverguss,
- schnellhärtende Einstellung „F“ für Verguss mit dynamischen Dosiermischköpfen (Bild 2) an Vergießanlagen,
- langsamhärtende Einstellung „OB“ mit 45 min. Verarbeitungszeit,
- ISO-PUR K 781 ist besonders hart (mechanisch belastbar), aber nicht spröde,
- ISO-PUR K 750 ist besonders niedrigviskos.

Neu sind die Systeme:

- ISO-Cast A 765 und A 765 B (flexibel) mit Brandschutzzulassung UL 94 VO,
- ISO-PUR K 711 mit erhöhter Wärmeleitfähigkeit,
- ISO-PUR A 776, ein selbstheilendes Zwei-Komponenten-Gel mit hoher Wärme- und Kälteflexibilität,

Dr. Michael Piepho ist technischer Geschäftsführer der Iso-Elektra GmbH in Elze. Er studierte Chemie an der Universität Hannover. E-Mail: iso-elektra@t-online.de



zeichnung IsoCure-T ebenfalls zur Verfügung und rundet die Produktpalette der Verguss- und Beschichtungssysteme in sinnvoller Weise ab.

ISO-Elektra hat aufgrund zahlreicher Kundenwünsche ein selbstheilendes Polyurethangel Typ ISO-PUR A 776 entwickelt. Das kalthärtende Zwei-Komponenten-Material ist standardmäßig farblos, auf Wunsch schwarz eingefärbt, und härtet zu einem weichmacherfreien Gel mit ca. -50 °C bis 150 °C Dauertemperaturbeständigkeit aus. Auf vergossene Bauelemente wird keinerlei mechanischer Druck ausgeübt. Wegen seines hydrophoben Rohstoffcharakters nimmt das Gel praktisch keinerlei Feuchtigkeit auf, woraus hervorragende elektrische Dauereigenschaften resultieren. Hauptanwendungen liegen im Bereich Sensor-, Platinen- und Steckerverguss (Bild 4 und Bild 5). Harz und Härter sind kennzeichnungsfrei und damit verarbeitungsfreundlich für Hand- und Maschinenverguss.

Von der Industrie werden eine Vielzahl unterschiedlicher Vergießsysteme angeboten, die dem Anwender die geeignete Produktauswahl unübersichtlich erscheinen lassen. Um geeignete Materialien empfehlen zu können, sollte der Anwender folgende Anforderungen klären und dem Isolierstoff-Hersteller bekanntgeben:

- Temperatur- und elektrischer Spannungsbereich, in dem das Bauteil eingesetzt werden soll,
- erforderliche Transparenz der Masse,
- Art des zu vergießenden Bauteils, Volumen, Kontur, Formendichtheit, – wichtig, um die geeignete Viskosität der Gießmischung abzuschätzen,
- geforderte Härte oder mechanische Festigkeit,
- gewünschte Aushärtezeit (Hand- oder Maschinenverguss),
- Wiederentfernbarkeit der Masse (Demontierbarkeit) erwünscht und
- chemische Umgebung.

### **Je nach Anwendung das geeignete Material wählen**

Obwohl es den „idealen“ Vergussstoff für alle Anwendungen nicht gibt, gelingt es jedoch bei gutem Informationsaustausch zwischen Anwender und Hersteller fast immer, ein für die jeweilige Anwendung geeignetes Material auszuwählen (Bild 6). Die Wunschvergussmasse sollte eine Reihe von Kriterien erfüllen:

- einfache Verarbeitbarkeit,
- zuverlässiges Erreichen der gewünschten Eigenschaften des Endprodukts,
- geringe Giftigkeit der Ausgangskomponenten und des Endprodukts,

- Umweltfreundlichkeit der Materialien und der Verpackung, d. h., recyclingfähig oder gefahrlos in Müllverbrennungsanlagen zu entsorgen, energiearm (= rohstoffschonend) in der Herstellung.

Besonders vielseitig einsetzbar sind kalthärtende Zwei-Komponenten-Polyurethansysteme (Tabelle 1), da man mit dieser Stoffklasse über einen weiten Bereich

- Endhärte (gelartig bis sehr hart),
- Verarbeitungszeit (wenige Sekunden bis etwa 1 h) und
- Viskosität (wasserdünn bis pastös) der Reaktionsmischung variieren kann.

Mittelharte Polyurethansysteme mit Shore-D-Härten von ungefähr 50 zeigen die vielfach vorteilhafte Eigenschaftskombination „zähhart“, d. h., die Endprodukte sind nach Aushärtung mechanisch hart, aber nicht spröde. Das Vergießgehäuse braucht nur dem Zweck zu dienen, die Kontur des entstehenden Gießharzblocks vorzugeben, der Block ist jedoch nach Aushärtung „selbsttragend“.

Unter arbeitshygienischen Aspekten sind kalthärtende Polyurethansysteme zwar nicht harmlos, aber bei Einhaltung weniger Sicherheitsmaßnahmen einwandfrei beherrschbar und ungefährlicher als viele Haushaltschemikalien.

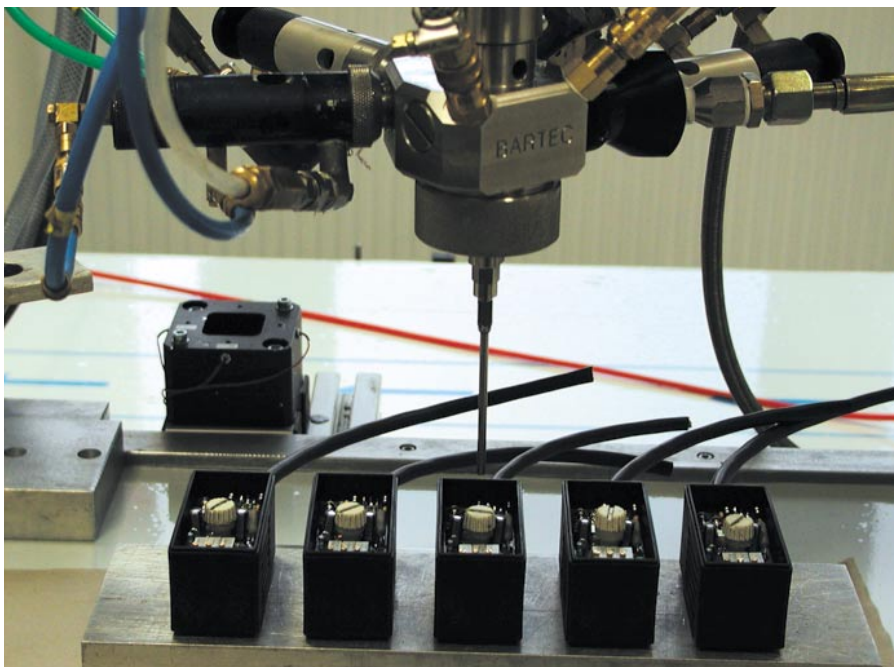
Ein weiterer Vorteil der Polyurethane ist ihre verhältnismäßig geringe Wärmeentwicklung während der Aushärtung. Dadurch lassen sich auch große Bauteile bis zu etwa 20 l Volumen in einschichtigem Verguss herstellen. Andererseits können Polyurethansysteme in so schnellhärtender Ausführung hergestellt werden, dass Massen in Bauteilen mit weniger als einem ccm Gießharzinhalt bis zu vielen Litern Inhalt schnell gelieren. Die kürzeste Verarbeitungszeit wird dadurch

begrenzt, dass die Masse noch verarbeitbar sein muss, d. h., nicht im Mischkopf der Zwei-Komponenten-Vergießmaschine oder im Mischbehälter, mit dem der Handverguss erfolgt, geliert.

In zwei Kriterien sind Epoxyde den Polyurethanen überlegen: Sie sind einfacher in transparenter Ausführung herstellbar. Viele Epoxyde sind nicht hydroskopisch; deshalb kann man geöffnete Gebinde nach Material-Teilentnahme ohne luftdichten Verschluss aufbewahren, was man bei Polyurethansystemen nicht tun sollte. Epoxyde härten auch bei Anwendung in dünnen Schichtstärken gut durch. Mit neuartigen Wismutkatalysatoren lässt sich das inzwischen auch bei Polyurethanen erreichen.

Polyurethane muss man zum Binden von Restfeuchtespuren Hilfsstoffe (meist Zeolithminerale) zusetzen, die Wasser binden und dadurch unerwünschtes Schäumen durch Reaktion zwischen Härter und Wasser verhindern. Andererseits kann man bei Polyurethanen diese Reaktion mit Wasser gezielt nutzen, um Polyurethan-Hartschaum ohne gefährliche Treibmittel zu erzeugen.

Silikone sind besonders temperaturbeständig; auch zeigen die technischen Ei-



**Bild 2.** Verguss mit dynamischem Mischkopf von ISO-PUR F 760



**Bild 3.** Beschichtung mit Leiterplattenlack ISO-RC 4000 per 1-K-Dispenser

genschaftswerte nur eine geringe Abhängigkeit mechanischer Werte von der Umgebungstemperatur im Vergleich zu SBR-Synthesekautschuk (Styrol-Polybutadien-Copolymer). Andererseits ist es nicht möglich, Formstoffe mit größerer Härte als Shore D etwa 10 herzustellen.

Als Besonderheit der additionsvernetzenden Silikone ist auch eine Aushärtung in großen Schichtdicken möglich, da keine Spaltprodukte (Nebenprodukte) abgeführt werden. Das ist bei Einkomponenten-Silikonsystemen der Fall, die deshalb mehr für Tauchbeschichtungen oder

andere Dünnschichtanwendungen verwendet werden, z. B. Fugendichtstoff. Die Essigsäure kann zum größten Teil sofort während der Entstehung abgefangen werden, wenn man das Monomersystem mit Kreide als Füllstoff versetzt, da Kreide mit Essigsäure unter Bildung von chemisch stabilem Calciumacetat (+ Wasser) reagiert. Dennoch riechen acetatvernetzende Systeme meist deutlich nach Essig, wenn die Härtung erfolgt. Bei Monomeren, in denen die Acetoxygruppe z. B. durch Oxime ersetzt wurde, tritt das Geruchsproblem nicht auf.

Polyester wurden zwar in der Tabelle den Zweikomponentensystemen zugeordnet, aber strenggenommen ist eine Komponente nicht Reaktionspartner, sondern Initiator der Kettenreaktion (ein Initiator ist bei Polymerisationen ein Hilfsstoff, der als Kettenstarter wirkt, aber im Gegensatz zu Katalysatoren während der Reaktion verbraucht wird).

Die Vielfalt der kommerziell erhältlichen ungesättigten Polyester ist sehr groß. Zur Viskositätseinstellung der Polyestersysteme werden die Vorprodukte, so bezeichnet man die Vorprodukte mit relativ niedrigem Molekulargewicht, häufig mit Styrol als Reaktivverdünner versetzt. Styrol ist wirksam und kostengünstig, hat aber einen hohen Dampfdruck und bildet im menschlichen Organismus Styrolepoxyd, einen eindeutig krebserregenden Metaboliten.

Da Polymerisationen in Substanz, also unverdünnt, sehr heftig verlaufen, wird während der Reaktion viel Energie in Form von Wärme frei. Deshalb werden mit ungesättigten Polyestern, ebenso wie mit Acrylharzen (Tabelle), nur kleine oder flache Bauteile mit großer wärmeleitender Oberfläche vergossen bzw. verkitet, z. B. UV-härtende Zahnplomben aus Acrylharzen, glasfaserverstärkte Sportflugzeugbauteile aus ungesättigten Polyestern. Ähnlich wie aufgrund der Wärmeeinwirkung aus Peroxyden Radikale durch Zerfall entstehen, lassen sich auch bei Bestrahlung mit energiereichem Licht



**Bild 4.** Sensorverguss mit Hochtemperatur-Gel ISO-PUR A 776



**Bild 5.** Mobiler Mischkopf mit statischem Mischrohr



Radikale erzeugen, die als Kettenstarter in Polymerisationsreaktionen dienen; z. B. Kleber, die durch UV-Lichtbestrahlung härten.

### Gute mechanische und elektrische Eigenschaften – und hochflexibel

Eine Sonderstellung unter den Polyestern nehmen Zwei-Komponentensysteme auf Polybutadienbasis ein: Die A-Komponente dieser Systeme ist ein Polybutadien-Oligomer mit Hydroxyl-Endgruppen, die B-Komponente ist ein Reaktionsprodukt aus Polybutadien und Maleinsäureanhydrid. (Anmerkung: Als Oligomere bezeichnet man Polymere mit niedrigem Polymerisationsgrad. Sie sind gewissermaßen ein Bindeglied zwischen Monomeren und Polymeren).

Wenn man beide flüssigen Komponenten mischt, reagieren die Hydroxylgruppen mit den Anhydridgruppen unter Ausbildung von Esterbindungen. Ergebnis ist ein Synthetikgummi, der jedoch nicht durch Verwendung klassischer Vulkanisationsbeschleuniger, wie Schwefel, Zinkoxyd usw., und Wärme entsteht, sondern durch Reaktion funktioneller Gruppen, mit denen die Flüssig-Polybutadiene vorab ausgestattet wurden.

Die ausgehärteten Vergussmassen weisen eine gute Kälteflexibilität auf. Ein Beispiel ist die Type ISO-Fill BRW, ein transparentes Weichharz, das z. B. in Telekommunikationsanwendungen, wo Wert auf Wiederentfernbarkeit durch Krümeln oder Schneiden gelegt wird, zum Einsatz kommt.

Jedoch lassen sich aus diesen Materialien keine mechanisch festen Gießkörper mit Shore-D-Härten über ca. 10 herstellen. Auch die Dauertemperaturbeständigkeit mit max. ca. 100 °C reicht zur Erfüllung vieler Anforderungen, z. B. aus dem Bereich der Automobilindustrie, nicht aus. Dieses Problem löst ISO-PUR A 776, ein kalthärtendes Mischsystem aus Polyurethan und Silikon, das 150 °C auf Dauer verträgt, aber dennoch auch bei -50 °C hochflexibel ist.

ISO-PUR A 776 ist ein Beispiel für Zwei-Komponenten-Mischsysteme, die positive Eigenschaften unterschiedlicher

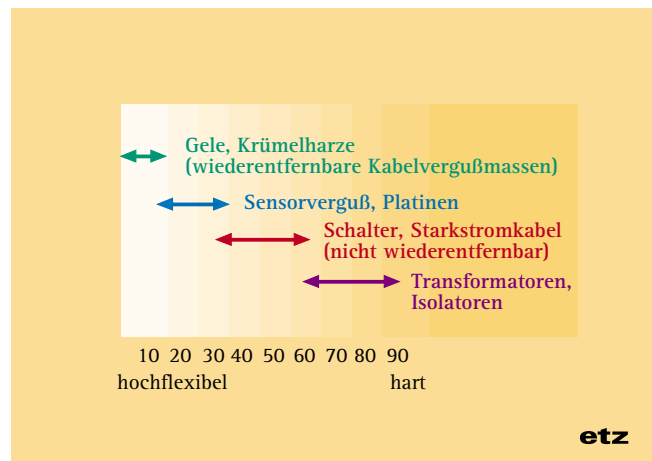
stoffliche Charakterisierung	Komponenten	Eigenschaften	Anwendungen
<i>Zweikomponentensysteme, chemisch vernetzend</i>			
Polyurethane	Polyole, Isocyanate	hart/weichelastisch, sehr variabel, auch als Schaum	Verguss von Bauelementen bis etwa 50 l
Epoxyde	Diglycidylether, Aminhärter	überwiegend hart, auch transparent, hohe Aushärtetemperatur, feuchtigkeitsunempfindlich	Bauelemente bis etwa 0,5 l Inhalt, Beschichtungen
Silikone	Polydialkylsiloxane mit Vinyl-, Allyl- oder Hydroxyl-Endgruppen und Silane oder Alkylacetoxysilane	weich, hohe Temperaturbeständigkeit	Membranen, Stecker, Implantate
Polyester	Schmelzkondensationsprodukte aus mehrwertigen Alkoholen, Dicarbonsäuren oder Säureanhydriden und Reaktivverdünnern, meist Styrol	hart, teils spröde, oft in Kombination mit Glasfasergewebe	Bootsrümpfe, Kleinflugzeugflügel, Tankanlagen, Elektromotorteile
<i>Einkomponentensysteme, chemisch aushärtend</i>			
Polyurethanschaum	Präpolymere mit NCO-Endgruppen	wenig druckfest	Türzargenschaum, Hohlraumversiegelung
Silikone	Acetoxydialkylsiloxane	weich, mäßige Adhäsion	Fugendichtmasse, Sanitärkleber
Acrylharze	Acryl- oder Methacrylpräpolymere (Vinylester) und Reaktivverdünner	sehr reaktiv	Sekundenkleber, UV-Kleber, Industrielacke, Dentalmassen

**Tabelle 1.** Charakteristik verschiedener Grundtypen von Vergussmassen eines Herstellers

Stoffgruppen kombinieren. Es zeichnet sich durch gleichbleibende mechanische Eigenschaften über einen weiten Temperaturbereich und herausragende elektrische Eigenschaften aus. Ein typisches Einsatzgebiet ist der Verguss druckempfindlicher Sensoren.

### Anwendungs- und Materialvielfalt

Vergussmassen werden für eine Vielzahl von Anwendungen hergestellt. Die Palette der zur Verfügung stehenden Materialien umfasst sehr viele Systeme. Deshalb ist ein guter Informationsaustausch zwischen Anwender und Hersteller unerlässlich, wenn ein für die jeweilige Anwendung geeignetes Material mit möglichst kurzem Zeitaufwand gefunden werden soll. Einen universell idealen Vergussstoff kann es nicht geben, da die Anforderungen für verschiedene Vergießanwendungen entgegengesetzt sein können. Dennoch fallen Polyurethane positiv aus dem Rahmen, da PU-Systeme einen sehr breiten Anwendungsbereich durch gezielte Auswahl der Härte, Gelierzeit,



**Bild 6.** Shore-D-Skala

Ausgangsviskosität und anderer Parameter abdecken.

Auch unter Umwelt- und Arbeitsschutzgesichtspunkten schneiden Polyurethane mit Poly-MDI-Härter gegenüber anderen Systemen, wie Polyestern oder kalthärtenden Epoxyden, positiv ab, da die Komponenten nur einen sehr niedrigen Dampfdruck und ein geringes Allergienpotenzial aufweisen. Durch hohe Lebensdauer der Bauteile, relativ niedrigen Energiebedarf zur Herstellung gefüllter Systeme und Mehrwegverpackungen lassen sich Umweltschutzaspekte sinnvoll berücksichtigen. ■