

### Vergussmassen für höchste Anforderungen im Automobilbereich

Dipl.-Ing. Harald Neumeier, Produktmanager, DELO Industrie Klebstoffe

Elektronik stellt einen der wichtigsten Innovationstreiber im Automobil dar. Bei einem Wachstum von 6,4% auf ein Marktvolumen von über 7 Milliarden Euro erwarten die Marktforscher des Zentralverbands Elektrotechnik- und Elektronikindustrie in 2008 ein weiteres gutes Jahr für die elektronischen Bauelemente im Kfz-Bereich in Deutschland. Gleichzeitig wird die Kfz-Elektronik mit knapp 40% zum wichtigsten Abnehmersegment des heimischen Marktes elektronischer Bauelemente und Baugruppen.

Bis zum Jahr 2015 soll der Elektronikanteil Studien zufolge sogar bis zu 40 Prozent an der Wertschöpfung eines Fahrzeuges betragen.<sup>1</sup> Das entspricht einer Steigerungsrate von 50% seit 2002. Getrieben wird diese Entwicklung durch die ständig steigende Ausstattung der Fahrzeuge. Im Vordergrund steht dabei die Erfüllung der Kundenbedürfnisse nach Sicherheit, Komfort und Individualität wie auch höherer Qualität. So geht beispielsweise die Entwicklung der Sicherheitssysteme von passiven Systemen wie Airbags, ABS oder EPS hin zu aktiven Systemen wie Einparkhilfen, Spurhaltungshilfen oder dem Bremsassistenten. Dies trägt zu einer weiteren Elektrifizierung der Fahrzeuge bei. Den Kundenbedürfnissen stehen zeitgleich Anforderungen wie Gewichtseinsparung, reduzierter Kraftstoffverbrauch und Kosteneffizienz gegenüber, was zwangsläufig zu einem Spannungsfeld führt (siehe Abbildung 1).

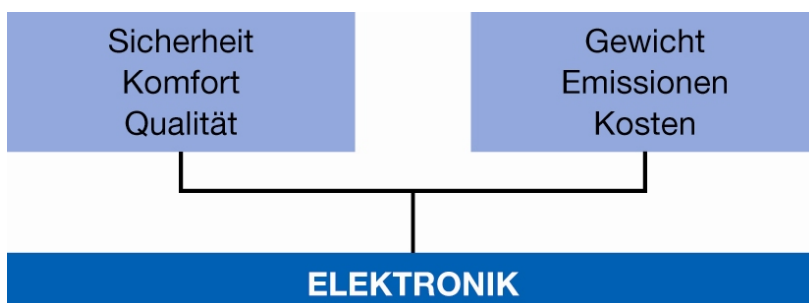


Abb. 1: Spannungsfeld in der Automobilindustrie

Innerhalb dieses Spannungsfeldes kann die Fahrzeugelektronik genutzt werden um die Gesamteigenschaften eines Automobils auszubalancieren. Ein Beispiel: Die hohen Erwartungen an die Sicherheit eines Fahrzeuges können durch eine massivere Bauweise der Karosserie z.B. durch Integration von zusätzlichen Crashelementen, erfüllt werden. Dies führt jedoch zu einem höheren Fahrzeuggewicht und somit zu einem erhöhten Kraftstoffverbrauch. Die Elektronik kann hier ausgleichend eingreifen. Durch innovative Konzepte in der Motorsteuerung lässt sich der Kraftstoffverbrauch, etwa durch eine effizientere Verbrennung, deutlich reduzieren.

Eine weitere Folge: Trotz der zunehmenden Bedeutung der Elektronik wird der ihr zur Verfügung gestellte Bauraum zunehmend kleiner. Das führt zum einen zu einer höheren Systemintegration und weiteren Miniaturisierung der Komponenten, zum anderen steigen die Anforderungen an die

<sup>1</sup> Automobil + Innovation – Internationale Märkte, technische Entwicklungen – Bayern Innovativ – 2007

Baugruppen. Die Belastungen sind je nach Einsatzort im Fahrzeug sehr unterschiedlich. Abbildung 2 gibt einen Überblick über die Einflussgrößen in Abhängigkeit vom Anwendungsbereich.

Einsatzort	Temperatur	Feuchte	Medien	UV	Mechanische Belastung
Außenbereich	Hoch	Sehr hoch	Hoch	Sehr hoch	Hoch
Motorraum	Sehr hoch	Hoch	Sehr hoch	Keine	Mittel
Unterboden	Hoch	Sehr hoch	Mittel	Keine	Hoch
Innenraum	Mittel	Gering	Gering	Hoch	Keine

Abb.2: Darstellung der Belastungen von Komponenten nach Einsatzort

Typische Temperaturzyklen im Automobilbereich reichen von -40 bis +150°C. Bei Anwendungen im Motorraum oder im abgasnahen Bereich werden Maximalwerte von über 180 bis 200°C gefordert. Zusätzlich muss die Elektronik unter Feuchtigkeit oder mechanischen Beanspruchungen wie auch unter Medieneinfluss oder Sonneneinstrahlung sicher arbeiten. Aufgrund des steigenden Elektronikanteils im Auto wird die Zuverlässigkeit der Komponenten immer wichtiger. Hier kommen Vergussmassen zum Einsatz: Sie unterstützen dabei, empfindliche Elektronik-Komponenten abzudichten und gegen aggressive Medien (z.B. Öl oder Kraftstoff, wie z.B. Kühlflüssigkeit) zu dauerhaft und extrem zuverlässig zu schützen.

### Eigenschaften klassischer Vergussmassen

Grundsätzlich härten reaktive Kunststoffe unter dem Einfluss höherer Temperaturen nach. Bedingt durch den daraus folgenden höheren Vernetzungsgrad steigen die mechanischen Kennwerte wie Zugfestigkeit und E-Modul an. Das Material wird härter. Gleichzeitig können bei erhöhten Temperaturen die Polymere durch oxidativen Abbau geschädigt werden. Das Material versprödet. Ein anderer unerwünschter Effekt ist die Diffusion aggressiver Medien in die Polymermatrix und das dadurch bedingte Quellen des Materials. Die Quellung äußert sich in einer Dimensionsänderung und ist in der Regel mit einem Abfall der mechanischen Eigenschaften verbunden. Erfolgt der Angriff entlang der Grenzschicht zum Substrat, kann es zum Ablösen des Vergusses durch Abbau der adhäsiven Bindungen kommen. In einer Ölwanne treten diese Effekte parallel auf und werden durch mechanische Belastungen, Vibrationen oder Thermal Mismatch noch verstärkt. Bei ungeeigneten Vergussmaterialien kann es zu Ausfällen und somit zu Qualitätsmängeln beim Automobil kommen. Abbildung 3 beschreibt die Einflussgrößen, Reaktionen und Auswirkungen im Überblick

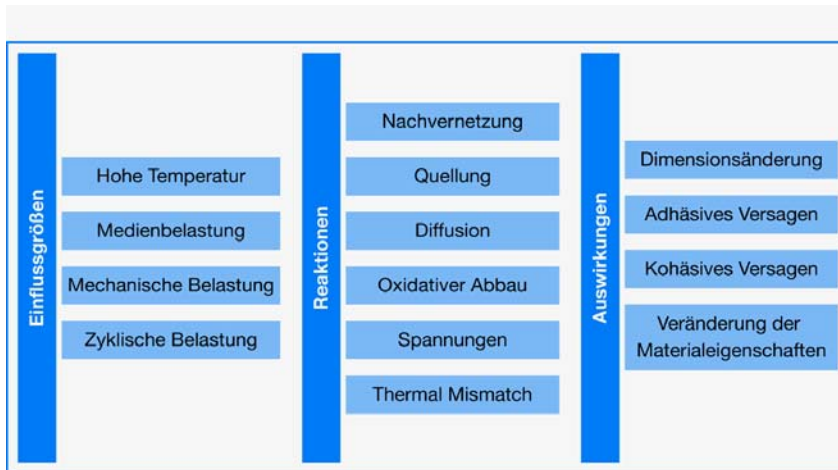


Abb.3: Einflussgrößen und Auswirkungen auf die Eigenschaften klassischer Vergussmassen

### Verbesserte Zuverlässigkeit durch neue Chemie

Um die Zuverlässigkeit von elektronischen Komponenten für den Einsatz im Motorraum oder Außenbereich noch weiter zu verbessern hat DELO spezielle Vergussmassen auf der Basis säureanhydridvernetzender Epoxide entwickelt. Die Produkte sind hervorragend beständig gegenüber hohen Temperaturen und aggressiven Medien und weisen für diesen Anwendungsbereich gezielt angepasste Eigenschaften auf. Sie unterscheiden sich damit deutlich von bisher eingesetzten Systemen.

Von den am häufigsten in der Elektronik eingesetzten Vergussmassen weisen Epoxide im Vergleich zu Polyurethanen eine deutlich bessere Beständigkeit gegenüber den meisten aggressiven Medien auf und sind deutlich alterungsstabiler bei hohen Temperaturen. In der Klasse der Epoxide wiederum zeigen diejenigen, die organische Säureanhydride als Härter enthalten, das beste Verhalten. Diese Härter ermöglichen über ihre spezielle Ringstruktur eine extrem enge Vernetzung des Polymers und damit Glasübergangstemperaturen von deutlich über 150 °C. Durch die geringe Dehnung der Ringe und molekulare Verhakungen weisen diese Polymere niedrige Ausdehnungskoeffizienten auf, so dass auch bei hohen Temperaturen nur geringe Mengen an Sauerstoff und Chemikalien in das Material eindiffundieren können. Über die Abmischung von Grundharzen mit spezifischen Eigenschaften, den Einsatz von Haftvermittlern und den Zusatz von Füllstoffen entstanden neue Materialien, die den vielfältigen Anforderungen im Automobilbereich ideal gerecht werden.

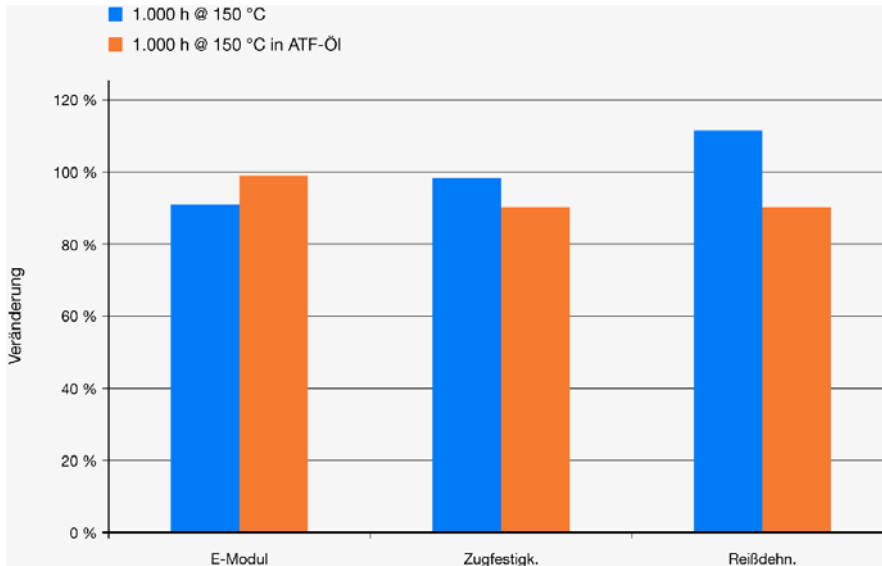


Abb.4: Die mechanischen Eigenschaften von DELO-MONOPOX GE720 werden bei thermischer Alterung und kombinierter Temperatur-/Medieneinlagerung nur geringfügig beeinflusst

Eine weitere Stärke des neuen Materials ist die hohe Konstanz elektrischer Kennwerte. Die Verguss- und Dichtmasse zeigt im Vergleich zu anderen eine relativ geringe Abhängigkeit der Dielektrizitätskonstante  $\epsilon_R$  von der Frequenz. In Bezug auf die Temperatur zeigt sich bis nahe an die Glasübergangstemperatur von 175 °C keine wesentliche Änderung von  $\epsilon_R$ . Somit ist der Einfluss des Vergussmaterials auf die Kennlinie von elektronischen Bauteilen denkbar gering.

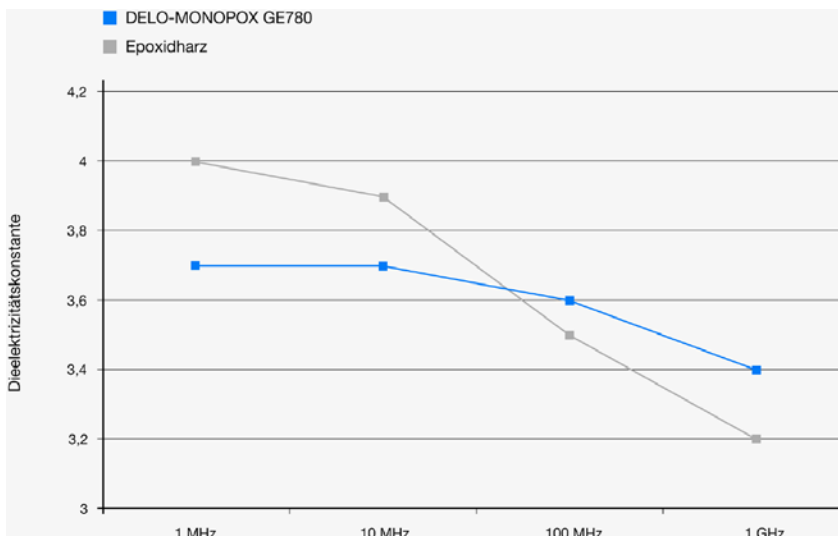


Abb.5: DELO-MONOPOX GE720 zeigt verglichen mit Standardepoxidharzen eine geringe Abhängigkeit der Dielektrizitätskonstante  $\epsilon_R$  von der Frequenz.

### Einsatzbereiche von hochzuverlässigen Vergussmassen

Mögliche Einsatzgebiete für Vergussmassen mit höchster Zuverlässigkeit stellen die Sensorik, Aktorik oder Steuerungselektronik eines Automobils dar. Die folgende Abbildung stellt das Zusammenspiel der Komponenten am Beispiel der Öldruckregelung eines modernen Verbrennungsmotors dar.

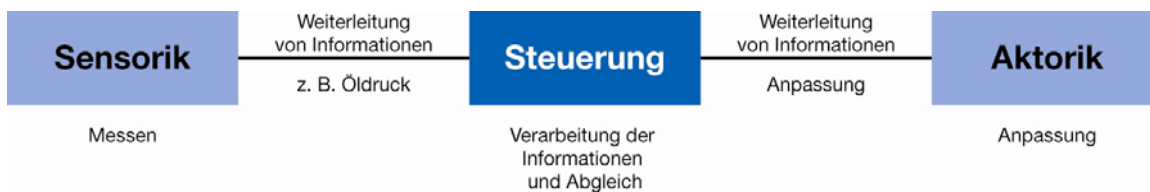


Abb.6: Fahrzeugelektronik umfasst Bereiche wie Sensorik, Aktorik, Datenübertragung und Steuerungselektronik.

Die Sensorik beschäftigt sich mit der Messung von Umgebungseinflüssen und deren Umwandlung in elektrische Signale. Aus diesem Grund werden Sensoren üblicherweise dort eingebaut, wo die zu messende Größe aufgenommen werden muss. Ein Sensor zur Überwachung des Öldruckes wird direkt im Ölkreislauf positioniert. Da die Signale über Elektroden nach außen geführt werden, muss an deren Ausgang der Sensor gegenüber den Verhältnissen an der Messstelle wie Temperatur, Druck oder aggressive Medien abgedichtet werden. Hier gilt es, am Gehäuse offen liegende Kontaktstellen sicher abzudecken und vor Korrosion zu schützen.

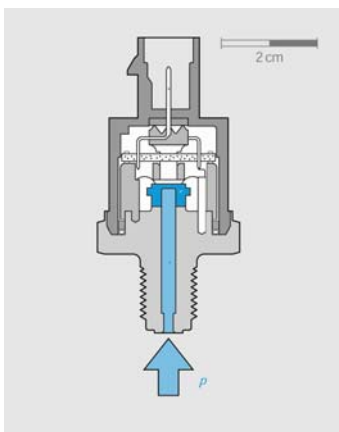


Abb.7: Das zuverlässige Abdichten von Sensoren wie z. B. bei diesem Drucksensor hat maßgeblichen Einfluss auf ihre Funktionsfähigkeit und Lebensdauer.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Mit freundlicher Genehmigung der Fa. Robert Bosch GmbH, Plochingen

In umfangreichen Belastungstests wie

- Langzeitlagerung bei 150°C
- 1000 h Einlagerung in ATF-Öl bei 150°C
- 1000 Zyklen Temperaturschock -40 / 150°C
- VDA Klimatest
- Kundenspezifische Vibrationstests und mechanische Schockprüfungen

erwiesen sich die mit DELO-MONOPOX GE720 vergossenen Sensoren als zuverlässig dicht. Alle anderen untersuchten Epoxid- und Polyurethanmassen wiesen dagegen Leckagen auf.

Alle Sensorinformationen werden im nächsten Schritt an das Motormanagement weitergeleitet und dort verarbeitet. In der Motorsteuerung kommt häufig die „Chip on Board“ Technologie, kurz COB zum Einsatz. Dabei wird ein Halbleiterchip auf eine Leiterplatte aufgeklebt und mit Bonddrähten kontaktiert. Abschließend erfolgt der Verguss des Aufbaus.

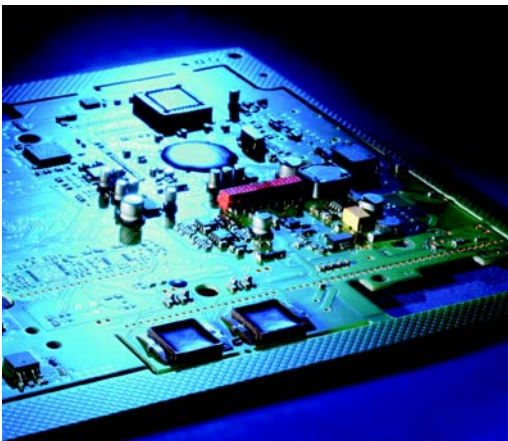


Abb.8: Chipvergussanwendung „Glob Top“ auf Leiterplatte

Der Verguss übernimmt unterschiedliche Aufgaben wie den Schutz vor thermischen und mechanischen Belastungen und Einfluss vor aggressiven Medien. Wichtige Kriterien für die Funktionalität einer Vergussmasse sind neben den ausreichenden Beständigkeiten auch eine hohe Glasübergangstemperatur über der max. Einsatztemperatur von 150°C und ein niedriger, an die Materialien angepasster thermischer Ausdehnungskoeffizient. Leiterplattenmaterialien besitzt einen Ausdehnungskoeffizient von 0 bis 20 ppm/K, Silizium als Halbleiter und Chipwerkstoff liegt bei 4 ppm/K. Unter Temperaturänderungen führen die Ausdehnungsunterschiede zu mechanischen Spannungen (Thermal Mismatch) und können zum Abreißen der Kontaktdrähte und somit zum Ausfall der Steuerungselektronik führen. Auch in diesem Einsatzgebiet konnten sich die neuen Produkte bereits beweisen. Mit sehr niedrigen Ausdehnungskoeffizienten von rund 20 ppm/K kann der Thermal Mismatch auf einem niedrigen Niveau gehalten werden. Ein deutliches Plus für die Zuverlässigkeit im Vergleich zu klassischen Epoxiden. Selbst nach anspruchsvollen Tests wie 3000 h Einlagerung 85°C/ 85% relative Luftfeuchtigkeit, 1000 Zyklen Temperaturschock -40 / 150°C, 3 Durchläufe Reflow Lötbeständigkeit bleifrei bei 260°C und JEDEC Level III war die Funktionalität der mit DELO-MONOPOX GE752 („Glob Top“) vergossenen Bauteilen gewährleistet.

Nachdem die Sensorinformationen in der Motorsteuerung abgeglichen wurden erfolgt die Regelung bzw. Anpassung des Systems über einen so genannten Aktor. Dieser wandelt elektrische Signale in mechanische Bewegung oder andere physikalische Größen und greift daher direkt in das System ein. Ähnlich wie Sensoren werden auch Aktoren in hoch belasteten Bereichen eingesetzt. In diesem Fall regelt der Aktor die Leistung der Ölpumpe und somit den im System vorherrschenden Öldruck nach. Die Anforderungen an Aktoren liegen wie in der Sensorik entsprechend hoch und können durch die neuen Vergussmassen auf der Basis von säureanhydridhärtenden Epoxiden erfüllt werden.

### **Zusammenfassung**

Der sichere Verguss von elektronischen Komponenten, die unter besonders anspruchsvollen Bedingungen funktionieren müssen stellt die Entwicklung vor große Herausforderungen. Mit den neuen Säureanhydrid-Systemen ist ein wichtiger Schritt gelungen, um den sicheren Betrieb von Sensoren, COBs und Aktoren über die gesamte Lebensdauer z. B. eines Autos zu ermöglichen. Erfreulich für die Hersteller: Die Umstellung auf die neuen Produkte bringt keine Nachteile mit sich. Im Gegenteil: Wer bisher 2-k Polyurethane eingesetzt hat, gewinnt zusätzlich Zeit, da die Aushärtung der neuen Epoxide deutlich schneller erfolgt und inlinefähig ist.

*Abbildung 7 mit freundlicher Genehmigung der Fa. Robert Bosch GmbH, Plochingen*

Zeichen: ca. 11.000  
04/2008

# DELO

## Fachartikel

DELO Industrie Klebstoffe  
DELO-Allee 1 · D-86949 Windach  
Telefon +49 8193 9900-0  
Telefax +49 8193 9900-144  
E-Mail [info@DELO.de](mailto:info@DELO.de) · [www.DELO.de](http://www.DELO.de)