

adhäsion

KLEBEN+
DICHTEN

Das Fachmagazin für industrielle Kleb- und Dichttechnik

Marktübersicht

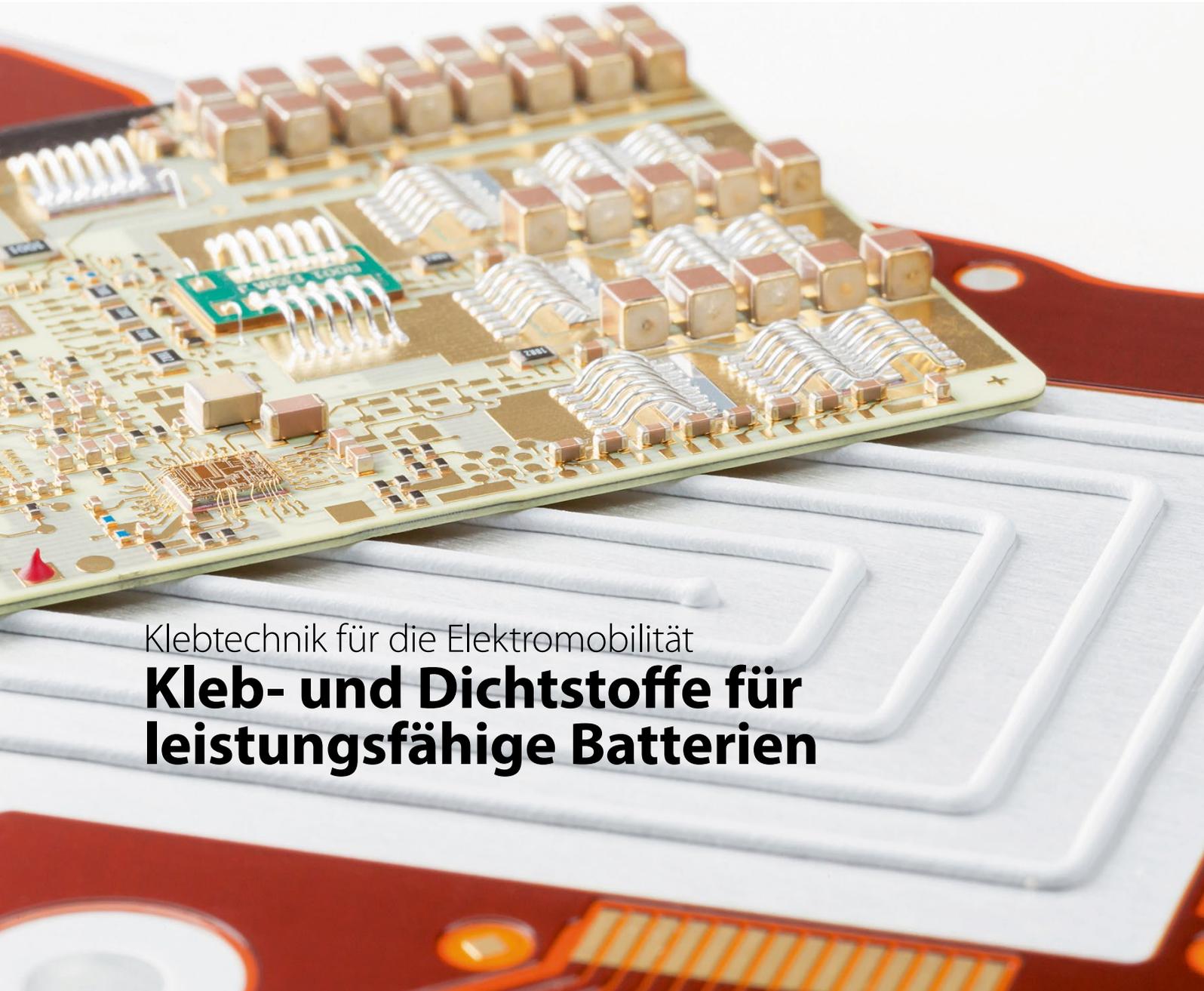
Reaktionsklebstoffe
für die Elektronik

Anlagen- und Gerätetechnik

Modulare Dosieranlagen für
prozesssichere Batterieherstellung

Aus Forschung und Entwicklung

Rechnergestützte Versagensanalyse
geklebter Verbindungen



Klebtechnik für die Elektromobilität

**Kleb- und Dichtstoffe für
leistungsfähige Batterien**

Titel



© studio-fi / Getty Images / iStock

Batterien in kurzen Taktzeiten verkleben

Der Bedarf an elektrischen Antriebssystemen wächst in den nächsten Jahren massiv. Ein hoher Automatisierungsgrad und eine Verschlankung des Herstellungsprozesses sollen höhere Stückzahlen und leistungsfähigere Batterien bei gleichzeitig tieferen Preisen möglich machen. Die Herstellung einer Fahrzeugbatterie ist wie geschaffen für eine Verklebung mittels Polyurea.

Philipp Hug, Heiko Jung

Noch bewegen sich die Verkäufe voll-elektrischer Autos in einem überschaubaren Rahmen. Nur gerade jedes Achte neu zugelassene Auto war 2021 ein rein elektrisches. Bei Wachstumsraten von 30 bis 40 % pro Jahr und den geplanten Einschränkungen von Verbrennungsmotoren bei Neuwagen in der EU ab 2035 steigt der Bedarf an elektrischen Antriebssystemen und deren Komponenten in den nächsten Jahren massiv. Der Schlüssel, um diesem wachsenden Bedarf gerecht zu werden, liegt zu einem großen Teil in der Herstellung der Batterie. Nicht nur soll deren Leistung immer mehr wachsen, auch die schiere Anzahl der Batterien erfordert neue Lösungen im Produktionsprozess. Gemäß einer Studie des Fraunhofer Institutes ISI [1] wurden in elektrischen Fahrzeugen im Jahr 2021 Lithium-Ionen-Batterien mit einer Kapazität von insgesamt 295 GWh verbaut. Dieser Wert soll bis 2030 auf weit über 2000 GWh steigen. Gleichzeitig sollen die Preise, die heute bei etwa 100 Euro/kWh liegen, auf 50-80 Euro/kWh sinken. Möglich machen soll dies ein hoher Automatisierungsgrad und eine Verschlankung des Herstellungsprozesses der Batterien.

Polyurea für temperaturempfindliche Batterien

Ein spezielles Augenmerk muss auf die einzelnen Zellen und deren Einbau in der Batterie gelegt werden. Aufgrund der Temperaturempfindlichkeit der Batteriezellen muss beim Einbau auf einen Wärmeeintrag über 50 °C so weit wie möglich verzichtet werden. Die Aushärtung sollte deshalb bevorzugt bei Raumtemperatur geschehen.

Im Fahrzeugbau weit verbreitete Kleb- und Dichtstoffe sind unter anderem die reaktiven 1K- und 2K-Polyurethane. Diese kommen insbesondere zum Einsatz, wenn es sich um großflächige Verklebungen handelt, oder die Klebeverbindung aufgrund unterschiedlicher Wärmeausdehnungskoeffizienten der verschiedenen Fügestrate großen Verformungen ausgesetzt ist. Die Elastizität langsam härtender Polyurethane wirkt zudem schwingungsdämpfend, trotzdem werden hohe Festigkeiten erzielt. All diese Eigenschaften machen Polyurethane eigentlich zum idealen Material für den Klebstoffverguss der Batteriezellen im Gehäuse. Allerdings muss Polyurethan nach der Applikation mehrere Minuten aushärten, was in einer automa-

tisierten Fertigungskette einen deutlichen Engpass verursachen würde. Auch eine beschleunigte Härtung bei hoher Temperatur ist aufgrund der Temperaturempfindlichkeit der Batterie nicht möglich.

Polyurea sind den Polyurethanklebstoffen hinsichtlich der Reaktionsgeschwindigkeit bei Raumtemperatur deutlich überlegen. Hier liegen die Aushärtezeiten im Sekundenbereich und sie erreichen Festigkeiten, die den Anforderungen an strukturelle Verbindungen gerecht werden. Aufgrund der schnellen Aushärtung erfolgt die Applikation ausschließlich über automatisierte Auftragssysteme. Was schnell härtenden Polyurea bis jetzt im Vergleich zu den langsam reagierenden Polyurethanen fehlte, war die Elastizität. Diesen Nachteil behebt das Unternehmen Nolax mit der Entwicklung von flexiblen Polyurea. Diese ultraschnell härtenden, flexiblen Polyurea bestehen die üblichen Klimawechseltests der Automobilindustrie, weisen eine hohe Schlagzähigkeit auf und behalten ihre Elastizität über einen weiten Temperaturbereich. Zudem zeichnen sie sich durch eine sehr gute Haftung auf KTL-Lackierungen aus.

Somit wird ein hochautomatisierter und damit wirtschaftlicher Klebstoffverguss

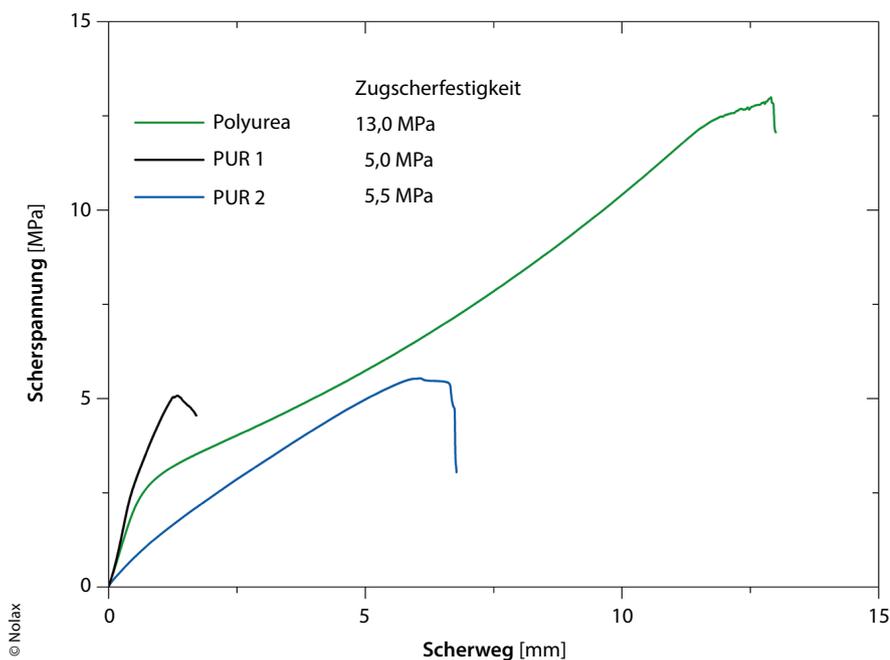


Bild 1 Scherspannung-Scherweg-Diagramm von Polyurea und Polyurethan auf KTL beschichtetem Aluminium mit 3 mm Fuge. PUR 1 = schnellhärtendes System, PUR 2 = langsam härtendes System.

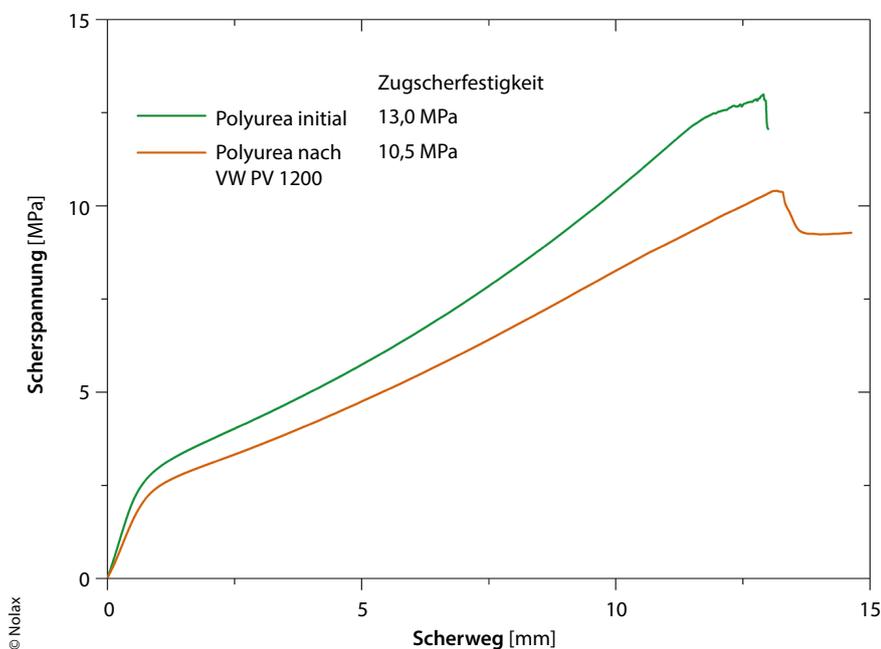


Bild 2 Scherspannung-Scherweg-Diagramm von Polyurea vor und nach Klimawechseltest (VW, PV 1200).

möglich, um die Batteriezellen in der Endposition im Gehäuse dauerhaft zu fixieren. Nieten und Schrauben zur Positionierung können weggelassen werden. Zusätzlich wird durch die leichte Klebverbindung erheblich an Gewicht eingespart. Die Aushärtung erfolgt bei Raumtemperatur, wobei die nötige Handhabungsfestigkeit innerhalb von Sekunden er-

reicht wird. So kann das Bauteil sofort einer Weiterverarbeitung zugeführt werden. Anschließende Prozessschritte wie das Kippen des Batteriegehäuses oder die Montage der Hochvoltanschlüsse, die eine Belastung der Klebung erzeugen, können ohne Pufferzeit direkt umgesetzt werden. Die bei Polyurethan sonst notwendige, kurzzeitige und gleichmäßige Erwärmung

der komplexen Bauteile ist ein kritischer Prozessschritt. Da mit Polyurea die Aushärtung jedoch bei Raumtemperatur erfolgt, wird eine spannungsfreie Verklebung der Fügebauteile erreicht und gleichzeitig die Prozesssicherheit erhöht.

Im Falle einer Reparatur, bei der defekte Batteriezellen aus dem Gehäuse herausgelöst werden müssen, lässt sich dies mit einem einfachen Schneidedraht bewerkstelligen. Die Fixierung der Ersatzzelle erfolgt wiederum durch den Verguss eines Polyurea für eine schnelle und mechanisch spannungsfreie Verbindung mit den gleichen Eigenschaften der ursprünglichen Verklebung.

Polyurea – das bessere Polyurethan

Die hohe Leistungsfähigkeit der flexiblen Polyurea lässt sich anhand einiger Kenndaten demonstrieren. Im Vergleich zu zwei handelsüblichen Polyurethansystemen zeigt das Polyurea im Zug-Scher-versuch auf KTL-beschichtetem Aluminium eine deutlich höhere Zugscherfestigkeit von >12 MPa gegenüber etwa 5 MPa von Polyurethan bei einer sehr viel höheren Bruchdehnung. Das Polyurea nimmt somit im Belastungsfall mehr Energie auf, bis es zum Versagen der Verbindung kommt (*Bild 1*).

Diese hervorragenden Eigenschaften bleiben auch nach Alterung in einem Klimawechseltest (VW PV 1200) [2] zwischen +80 °C und -40 °C bei wechselndem relativem Feuchtegehalt (0 bis 80 %) erhalten. Die Bruchdehnung bleibt konstant und die Zugscherfestigkeit sinkt nur wenig von 13,0 auf 10,5 MPa, also immer noch auf den doppelten Wert, der mit nicht-gealtertem Polyurethan erreicht wird (*Bild 1* und *Bild 2*).

Zähigkeit

Zur Beurteilung der Belastungsfähigkeit, insbesondere bei einer Schlagbelastung, wurden Zugversuche bei unterschiedlichen Belastungsgeschwindigkeiten durchgeführt. Im Vergleich zu den beiden oben genannten Polyurethansystemen zeigt das Polyurea bei zunehmender Dehnungsrate einen stärkeren Anstieg des Elastizitätsmoduls. Dies bedeutet, dass das Material mit zunehmender Verformungsgeschwindigkeit steifer wird und somit mehr Energie benötigt wird, um das Bauteil zu zerstören. Das Polyurea absorbiert somit schlagartige Be-

lastungen besser, zeigt also ein besseres Dämpfungsprofil als die beiden Polyurethane (Bild 3).

Temperaturverhalten

Die elastischen Eigenschaften dürfen nicht nur bei Raumtemperatur zum Tragen kommen, sondern müssen auch bei tieferen Temperaturen noch vorhanden sein. Die DMTA-Kurve des Polyurea zeigt, dass die Glasübergangstemperatur T_g (maximaler Spitzenwert des Verlustfaktors $\tan(\delta)$) bei -47°C liegt. Eine Versprödung bei Gebrauchstemperaturen bis -40°C tritt somit nicht ein (Bild 4).

Speed

Für kurze Taktzeiten ist eine schnelle Aushärtung und ein schnelles Erreichen der Handhabungsfestigkeit entscheidend. Diese kann durch eine Messung der Zugscherfestigkeit in Abhängigkeit von der Aushärzeit dargestellt werden. Ein schnell aushärtendes Polyurethan entwickelt erst nach 4-5 Minuten eine messbare Festig-

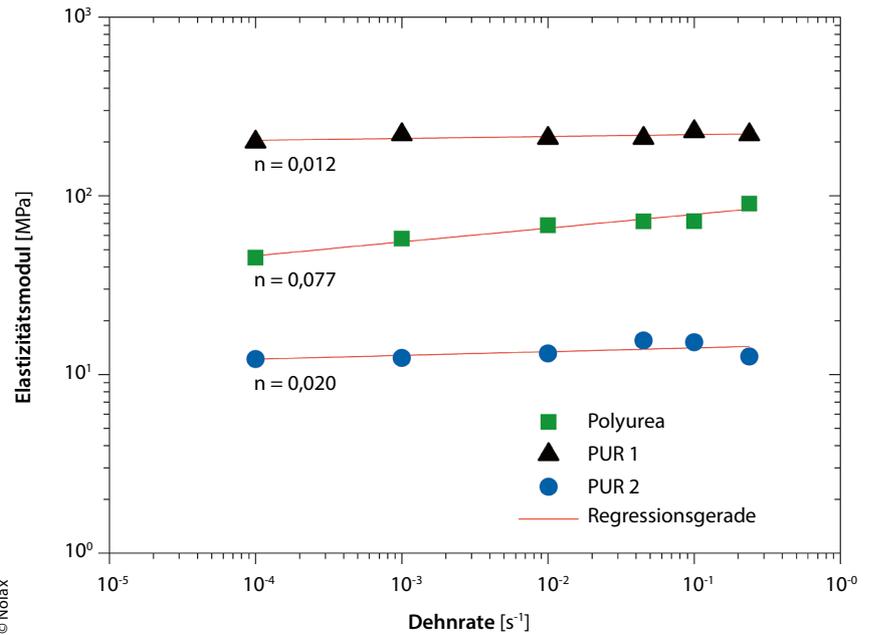


Bild 3 Abhängigkeit der Steifigkeit zur Dehnrate. Je steiler die Regressionsgerade, desto mehr versteift sich das Material bei einer Schlagbelastung.

keit, während das Polyurea diese sofort aufbaut. Es resultiert somit ein Zeitgewinn von mehreren Minuten selbst gegenüber einem schnellen Polyurethan (Bild 5).

Batterieherstellung mit Polyurea

Die schnelle Aushärtung bringt nicht nur Vorteile in Bezug auf kurze Taktzeiten mit

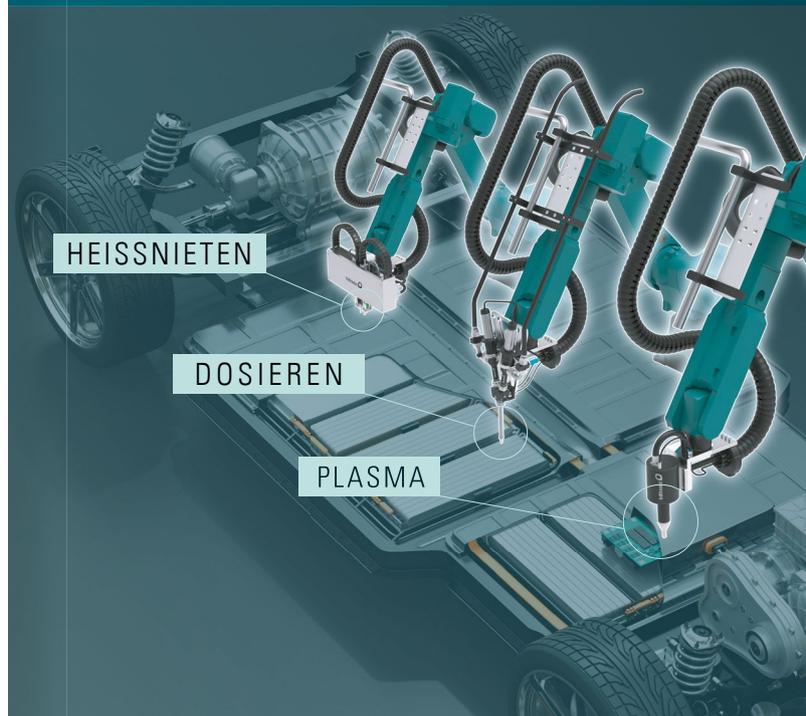
PROZESSLÖSUNGEN FÜR DIE
BATTERIEHERSTELLUNG

YOUR PARTNER IN E-MOBILITY

Wir bieten weltweit Lösungen für das Kleben und Vergießen von Batteriezellen, Packs und Modulen, das Dichten von Batteriegehäusen, das Auftragen von Wärmeleitmaterialien, sowie Plasmavorbereitung und Maschinen für das Fügen elektronischer Komponenten mit dem Heißnietverfahren.

www.bdtronic.com

bdtronic



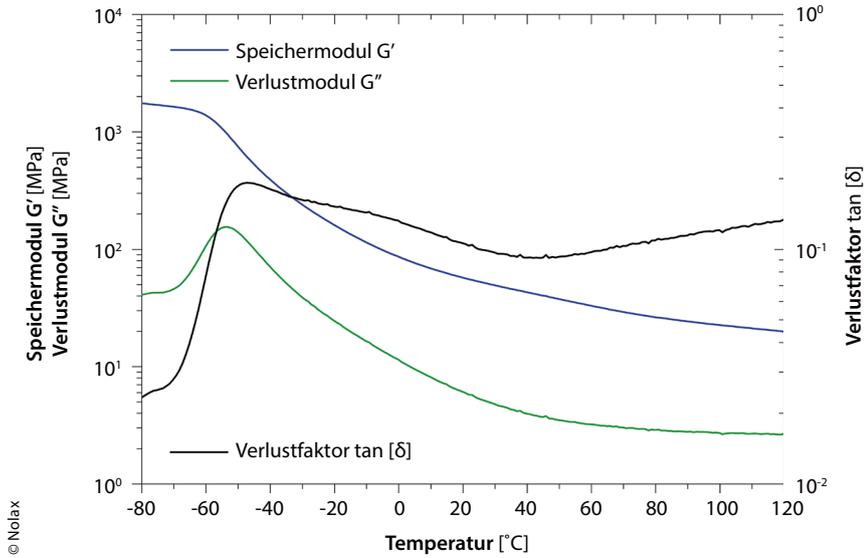


Bild 4 DMTA-Kurve des flexiblen Polyureas. Der maximale Spitzenwert des $\tan(\delta)$ liegt bei -47°C , außerhalb der Anwendungstemperatur.

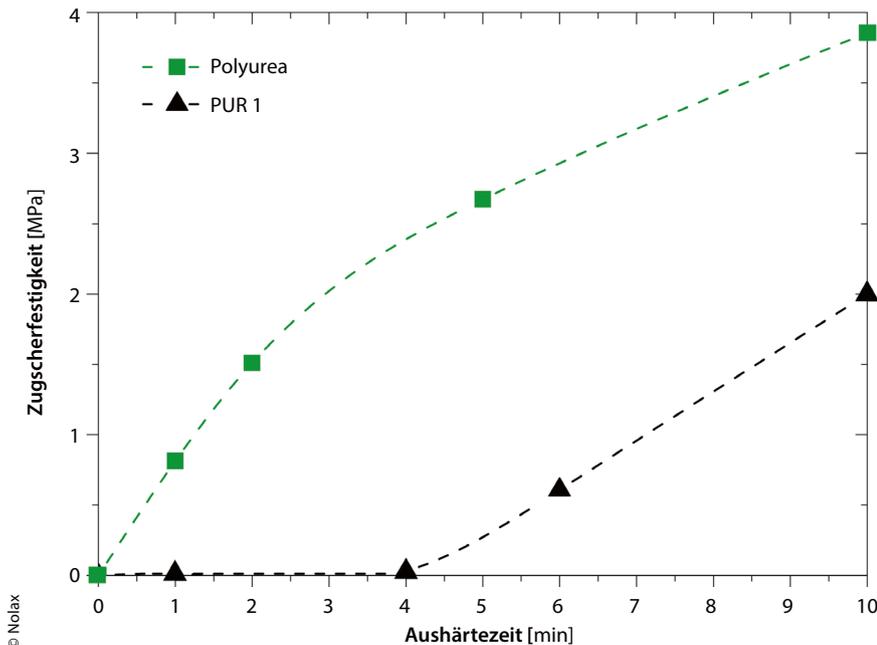


Bild 5 Entwicklung der Zugscherfestigkeit in Abhängigkeit von der Aushärtezeit (KTL-beschichtetes Aluminium 3 mm Fuge)

sich, sondern auch Herausforderungen in der Verarbeitung der Polyurea-Klebstoffe, die aus zwei Komponenten bestehen. Um ein Verkleben der Austragsdüsen zu verhindern, muss die Verweilzeit der reaktiven Masse im Auftragsgerät so kurz wie möglich sein. Eine bewährte Methode dafür ist die Verarbeitung über eine Hochdruck-Gegenstrom-Anlage. Dabei werden die beiden Komponenten in einer sehr kleinen Kammer mit hohem Druck eingespritzt, dadurch gemischt und gleich ausgetragen. Die zu verbindenden Bauteile können positioniert und die Fugen anschließend robotergesteuert mit dem Vergussklebstoff gefüllt werden (Bild 6). Sekunden später kann die Halterung der Bauteile gelöst und direkt dem nächsten Prozessschritt zugeführt werden.

Die Herstellung einer Fahrzeugbatterie ist wie geschaffen für eine Verklebung mittels Polyurea. Hohe Stückzahlen und komplexe Geometrien in Leichtbauweise eignen sich besonders für einen robotergestützten Klebstoffverguss. Die temperaturempfindlichen Zellen können in kurzen Taktzeiten durch die schnelle Aushärtung bei Raumtemperatur im Batteriegehäuse fixiert werden. Aufgrund der hohen Haftkräfte und der Elastizität des ausreagierten Polyurea sind die erzielten Verbindungen hoch belastbar und wirken somit im Falle eines Crashes auch kraftableitend, was die Sicherheit der verbauten Batterien im Fahrzeug erhöht. Die Verbindung bleibt dauerhaft elastisch und weist eine gute Alterungsbeständigkeit auf. Dies sind alles Eigenschaften, die für den jahrelangen Betrieb einer auf Wartungsfreiheit ausgelegten Fahrzeugbatterie notwendig sind.

Neben der Zellfixierung bieten Polyurea neue Lösungsansätze für weitere Verklebungen an der Fahrzeugbatterie wie beispielsweise die Versteifung des Gehäuses, den Verbund mit Wärmetauschern oder der Klebedichtung zwischen Gehäuse und Deckel (Bild 7).

Fazit und Ausblick

Der Einsatz von Polyurea ist nicht auf die Fahrzeugbatterie beschränkt. Weitere Anwendungsgebiete sind zum Beispiel der Verguss von Elektronikbauteilen, Verkle-

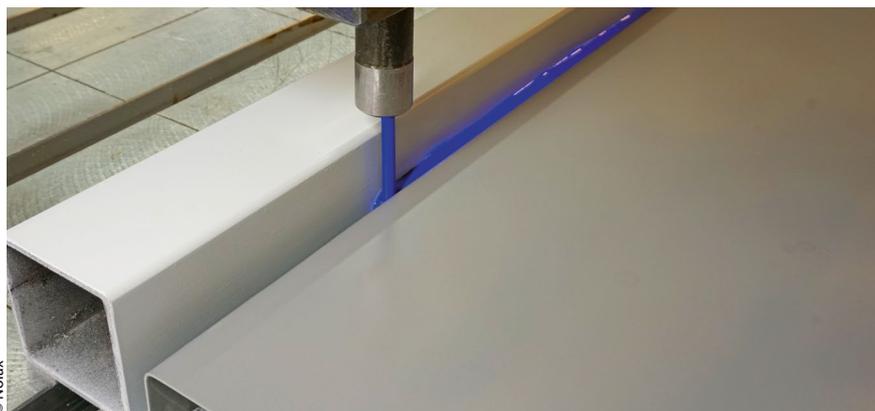


Bild 6 Handhabungsfest in Kürze dank Verguss von schnellhärtendem Polyurea (blau fluoreszierend) in den Fügeseit

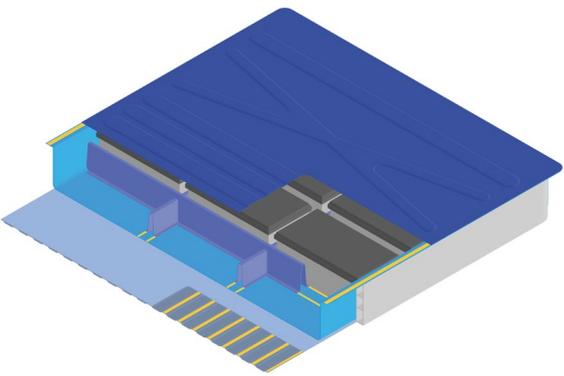


Bild 7 Einsatz von Polyurea-Vergussmassen (gelb) in der Fahrzeugbatterie

bungen von Holz [3] mit Kunststoffen im Möbelbau [4] oder bei der Herstellung von industriellen Gütern [5] – überall, wo eine Automatisierung des Klebprozesses mit schnellen Taktzeiten und hohen Stückzahlen vorgesehen ist. Die neuen elastischen Polyurea machen industrielle Klebe- und Abdichtungsprozesse schnell und sicher. Ein wesentlicher Treiber für ein hohes Prozesstempo ist die sofortige Handhabungsfestigkeit des applizierten Materials. Kurze Taktzeiten von wenigen Sekunden und gerin-

ge Ausschussraten führen zu wirtschaftlichen Prozessen. //

Danksagung

Die Autoren danken dem Nolax Team besonders Helene Sidler, Bruno Traber, Raphael Schaller für die Unterstützung beim Erstellen dieses Beitrages und dem Fastener Team für die Untersuchungen und Diskussionen im Rahmen des Artikels.

© Nolax

Literaturhinweise

- [1] Thomas Paulsen: Fraunhofer Institute ISI; Umfeldbericht zum europäischen Innovationssystem Batterie 2022, S.8 ff; 2022
- [2] VW, PV 1200; Fahrzeugteile, Prüfung der Klimawechselfestigkeit (+80 °C/-40 °C); 2004
- [3] Jens Fischer: HK; Neues Denken bei leichten Platten, 6, S.38-41; 2019
- [4] Wolf et al.: EP Patent 3 415 567; 2018

[5] Philipp Hug: adhäsion Kleben & Dichten, Ausgabe 5-6, S.14-16; 2020

Das Autorenteam

Philipp Hug

Business Development

Heiko Jung

F&E reaktive Klebstoffe
– korrespondierender Autor –
heiko.jung@nolax.com
Nolax AG, Sempach Station (Schweiz)



Polyurea



Philipp Hug: Schnellhärtende Klebstoffe für die Fahrzeugmontage.
www.springerprofesional.de/link/18081834

Wenn E-Mobilität Bock auf mehr macht.



KLEBEN + DICHTEN + VERGIESSEN

GAPFILLER UND WÄRMELEITPASTEN FÜR EIN HOHES, ANSPRUCHSVOLLES WÄRMEMANAGEMENT

Erste Wahl sind unsere Produkte, wenn ein optimales Wärmemanagement bzw. eine optimale Wärmeabfuhr für die Anwendung eine hohe Relevanz haben. Unsere innovative Füllstoffmatrix stellt die ideale Grundlage für anspruchsvolle Wärmeleitpasten & GapFiller dar und macht unsere Systeme zur perfekten Lösung in der Leistungselektronik und der Batterie- und Akkutechnologie. Neugierig geworden? Wir beraten Sie gerne. www.kisling.com

