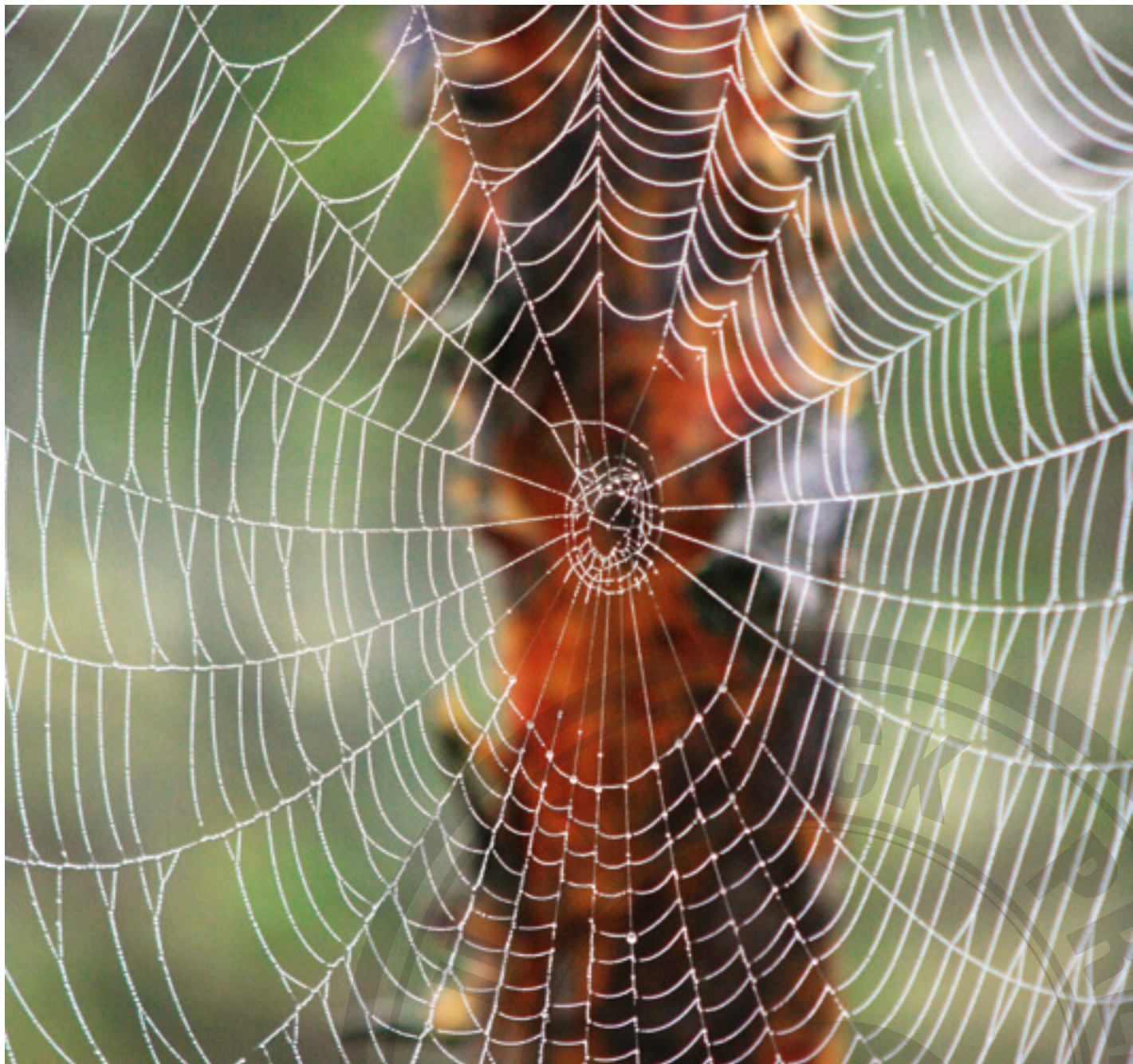


Immer gut vernetzt



Quelle: Anisshis - stock.adobe.com

2K PUR-FORMULIERUNGEN // IM VERGLEICH ZU POLYISOCYANATEN AUF ISOCYANURAT-BASIS BIETEN HOCHFUNKTIONALE ALLOPHANAT-BASIERTE VERNETZER EINE HÖHERE VERNETZUNGSDICHTE UND DAMIT BESSERE CHEMISCHE BESTÄNDIGKEIT FÜR ZWEIKOMPONENTEN-POLYURETHAN-BESCHICHTUNGEN – BEI RELATIV GERINGER VISKOSITÄT. IN KOMBINATION MIT DEN ETWAS HÄRTEREN ISOCYANURAT-VERNETZERN ERÖFFNET SICH EIN BREITES SPEKTRUM AN FORMULIERUNGSMÖGLICHKEITEN MIT VERBESSERTEN EIGENSCHAFTSPROFILIEN.

Dr. Michael Ludewig, Tanja Hebestreit, Holger Mundstock, Dr. Hung Banh und Dr. Christoph Malbertz, Covestro Deutschland

Zweikomponenten-Polyurethan-Beschichtungen haben sich zur bevorzugten Technologie für viele Anwendungsbereiche entwickelt, in denen höchste Qualität gefordert ist. Ein erfahrener Anwender kann eine Vielzahl unterschiedlicher Rohstoffe verwenden, um Eigenschaften, wie Härte, Zähigkeit, Flexibilität, Outdoor- und Chemikalienbeständigkeit, in Kombination mit einem besonders hochwertigen Erscheinungsbild zu erreichen. Da der Beschichtungsprozess keine hohen Temperaturen oder spezielle Aushärtungsgeräte, wie Öfen oder Bestrahlungslampen, erfordert, können Zweikomponenten-Polyurethan-Beschichtungen breit eingesetzt werden – auch in Anwendungsbereichen mit sehr großen oder temperaturempfindlichen Substraten, z. B. großen Fahrzeugen, Flugzeugen oder bei Kunststoffbeschichtungen sowie Autoreparaturlacken [1]. Polyisocyanat-Vernetzer sind grundlegende Bestandteile einer Zweikomponenten-Polyurethan-Formulierung. Aus arbeitsmedizinischen Gründen handelt es sich dabei in der Regel um Derivate einiger grundlegender Diisocyanate mit höherem Molekulargewicht. Die Wahl der Derivatisierungsmethode hat dabei einen wesentlichen Einfluss auf das resultierende Polyisocyanat und die Formulierung sowie auf die endgültigen Beschichtungseigenschaften [2].

Zu den häufig verwendeten Verfahren zum Aufbau von Polyisocyanaten gehören z. B. die einfache Urethanisierung mit Polyolen, die im Bereich der Holzbeschichtungen weit verbreitet ist, i. d. R. unter Verwendung eines aromatischen Diisocyanats als Basis. Uretdion-Chemie [3] kann gewählt werden, um eine sehr niedrige Viskosität zu erreichen, während Biurete [4] tendenziell mit vielen Formulierungsbestandteilen sehr gut verträglich sind. Am häufigsten werden Oligomere auf Isocyanurat-Basis verwendet [6]. Diese Trimerisierungsprodukte von Diisocyanaten zeigen eine vergleichsweise niedrige Viskosität für lineare Aliphate, eine ausgezeichnete Stabilität, eine gute Härte und haben Vorteile in vielen anderen spezifischen Anwendungseigenschaften. Eine weitere Verringerung der Viskosität bei ähnlichen Eigenschaften kann durch die Verwendung eines Isomers des Isocyanurats, des Iminoxadiazindions [7], erreicht werden, das oft als „asymmetrisches Trimer“ bezeichnet wird.

Allophanate versus Isocyanurate

Es ist seit langem bekannt, dass Allophanatstrukturen im Vergleich zu Biuret- oder Isocyanurat-haltigen Molekülen eine sehr niedrige Viskosität aufweisen [5]. Im Unterschied zu Isocyanuraten bilden sie keinen sechsgliedrigen Ring, sondern eine Struktur, die durch eine intramolekulare Wasserstoffbrückenbindung stabilisiert wird. Mit einem niedrigeren Molekulargewicht und einer flexibleren Struktur ist die Viskosität deutlich reduziert. Niedrigviskose Produkte benötigen weniger Lösemittel zur Verdünnung in der Lackformulierung und damit auch weniger flüchtige Bestandteile (VOCs).

Die Funktionalität von Allophanat-Vernetzern kann durch die Verwendung von di-, tri- oder sogar polyfunktionalen Alkoholen oder deren Mischungen relativ frei ausgewählt werden. Dies ist ein großer Vorteil gegenüber Isocyanurat-haltigen Produkten, deren Funktionalität nur durch den Aufbau des Molekulargewichts erhöht werden kann, was wiederum zu deutlich höheren Viskositäten führt.

Durch die Erhöhung der Funktionalität eines Isocyanat-Vernetzers kann die Vernetzungsdichte einer ausgehärteten Beschichtung erhöht werden. Höhere Vernetzungsdichten korrelieren oft mit verbesserten chemischen Beständigkeiten und besseren Kratzfestigkeiten. Sie verkürzen oft auch die Trocknungszeit. Einerseits lässt sich so die Verarbeitungszeit verkürzen, andererseits können manchmal auch Oberflächenstörungen auftreten.

Funktionalität versus Viskosität

Eine typische Aufstellung verschiedener kommerziell erhältlicher Polyisocyanat-Vernetzer ist in Tab. 1 dargestellt. Ausgehend von einem besonders

Tab. 1 // Typische Aufstellung verschiedener Isocyanat-Vernetzer.

HDI-Polyisocyanat Vernetzer	Viskosität bei 23 °C in mPas	Funktionalität
Sehr niedrigviskos (CL-ULV)	730	~ 3,2
Niedrigviskos (CL-LV)	1,2	~ 3,2
Standard (CL-Std)	3	~ 3,5
Hochfunktional (CL-HF)	15,2	~ 4,0
Sehr hochfunktional (CL-VHF)	35	~ 6,0

Tab. 2 // Eigenschaftsprofil eines neuen hochfunktionalen Allophanat-Vernetzers.

Sehr hochfunktionaler Allophanat Vernetzer (CL-HFallo)	
Lieferform	100 %
NCO-Gehalt	~ 19,9 %
Viskosität bei 23°C	~ 6,500 mPas
Funktionalität	~ 6,0

niedrigviskosen asymmetrischen Trimer, gefolgt von verschiedenen Isocyanuraten mit zunehmenden Oligomerisierungsgraden, ist deutlich zu erkennen, wie die Viskosität durch den Aufbau des Molekulargewichts beeinflusst wird und wie diese mit einer zunehmenden Funktionalität korreliert. Die sehr hohe Funktionalität des letztgenannten Vernetzers (CL-VHF) kann nur durch eine Allophanat-Modifikation erreicht werden. Dennoch bewirkt ein hoher Oligomerisierungsgrad hier eine weitere Erhöhung der Viskosität. Um Anwendern ein noch höheres Maß an Formulierungsfreiheit zu bieten, wurde kürzlich ein neues hochfunktionales Allophanat-Produkt mit einer besonders niedrigen Viskosität eingeführt. Bei nur einem Fünftel der Viskosität im Vergleich zum sehr hochfunktionalen Vernetzer (CL-VHF) bietet es in etwa die gleiche Funktionalität (Tab. 2) wie dieser.

Dies konnte durch den ausschließlichen Einsatz der Allophanat-Technologie erreicht werden, wobei nur geringe Mengen an Trimerisierungsprodukt gebildet werden. Durch die Verwendung eines geeigneten Polyolgemisches kann dabei eine wesentlich höhere Isocyanatfunktionalität im Allophanatisierungsprozess erreicht werden. Die weitgehende Vermeidung einer Oligomerisie-

Ergebnisse auf einen Blick

- Polyisocyanat-Vernetzer mit höherer Funktionalität ermöglichen eine erhöhte Vernetzungsdichte der ausgehärteten Beschichtung und damit bessere Chemikalien-, Lösungsmittel- oder Kratzfestigkeiten.
- Isocyanurat-Vernetzer mit hoher Funktionalität haben erhöhte Viskositäten. Allophanat-basierte Polyisocyanat-Vernetzer können diesem Problem entgegenwirken.
- Das sehr hochfunktionale Allophanat-modifizierte Isocyanurat kann als eigenständiger Vernetzer bei kürzeren Trocknungszeiten hohe Lösemittel-, Chemikalien- oder Kratzbeständigkeiten erreichen.
- Der hochfunktionale reine Allophanat-Vernetzer eignet sich als Mischpartner für niedrigviskose Isocyanurate, um hohe Kratz- und Chemikalienbeständigkeiten bei sehr niedrigen Viskositäten zu erreichen.

Tab. 3 // Vergleich verschiedener hochfunktionaler Vernetzer in einer typischen Automotive-Formulierung (OEM).

	NCO / OH = 1,13	Standard (CL Std)	Hochfunktional (CL-HF)	Sehr hochfunktionales Allophanat (CL-HFAllo)	Sehr hochfunktional (CL-VHF)
Komponente A					
Polyacrylatpolyol		309,81	298,61	299,34	295,45
SCA modifiziertes Polyacrylatpolyol		83,9	80,86	81,06	80,01
Benetzungsmittel		4	4	4	4
Lichtstabilisator (HALS)		10	10	10	10
UV-Absorber		16	16	16	16
Lösemittel		231,32	250,59	234,67	265,39
eingestellt auf 30" ISO-5-cup		655,03	660,06	645,07	670,85
Komponente B					
Polyisocyanat N3390 (90 %)		164,76			
Polyisocyanat N3790 (90 %)			174,88		
Polyisocyanat N3580 (80 %)					199,94
Sehr hochfunktionales Allophanat (100 %)				156,8	
Lösemittel				39,2	
Gesamt		819,79	834,94	801,87	870,79
Feststoffgehalt, theo.	Gew.-%	50,4	49,5	51,6	47,5
Auslaufzeit, ISO cup 5mm	s	ca. 30	ca. 30	ca. 30	ca. 30
Mischungsverhältnis (Komp. A : B)	Teile	100,0 : 25,2	100,0 : 26,5	100,0 : 30,4	100,0 : 29,8

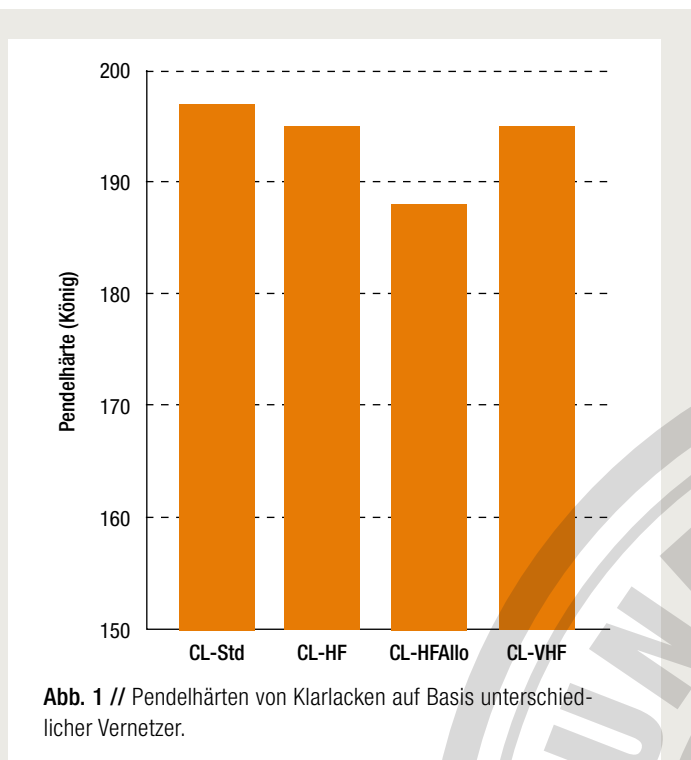


Abb. 1 // Pendelhärten von Klarlacken auf Basis unterschiedlicher Vernetzer.

Die Basisstruktur führt dabei zu einem vergleichsweise niedrigen Molekulargewicht. In Kombination mit der intrinsisch niedrigeren Viskosität von Allophanatstrukturen führt dies schließlich zu einem sehr vorteilhaften Viskositätsprofil für ein Molekül mit einer besonders hohen Isocyanatfunktionalität.

Hochfunktionale Isocyanat-Vernetzer in der Anwendung

Zunächst wurden die Eigenschaften von hochfunktionalen Allophanat- und Allophanat-modifizierten Vernetzern gegenüber Isocyanurat-basierten Isocyanat-Vernetzern mit hoher Funktionalität getestet. Es ist jedoch schwierig, die Eigenschaften von Vernetzern in wenigen Versuchen vollständig zu bewerten, da eine Formulierung leicht auf bestimmte Eigenschaften hin optimiert werden kann, während andere möglicherweise vernachlässigt wer-

den. Dies kann spezifische Eigenschaften eines Vernetzers in einer Formulierung hervorheben, die in einer anderen Formulierung keinen so großen Unterschied machen würden. Daher wurde hier eine Standardformulierung verwendet, um einige allgemeine Trends aufzuzeigen.

Als Beispiel für den Eigenschaftsvergleich wurde eine Zweikomponenten-Testformulierung für die Automobilindustrie (OEM) verwendet (Tab. 3). Alle Formulierungen wurden durch Zugabe von Lösungsmittel auf die gleiche Auslaufzeit (30s, ISO 5-cup) eingestellt. Die resultierenden Feststoffgehalte korrelieren dabei in etwa mit den ursprünglichen Vernetzerviskositäten, mit Ausnahme des neuen sehr hochfunktionalen Allophanat-Vernetzers (CL-HF Allo), mit dem sich ein höherer Feststoffgehalt als erwartet erreichen lässt. Nach der Aushärtung (30 min bei 140 °C + 16h bei 60 °C Alterung) zeigen sich einige Unterschiede. Im Vergleich zu allen anderen Vernetzern ist das reine Allophanat (CL-HFAllo) etwas weicher, was sich gut durch die flexiblere Grundstruktur eines Allophanats erklären lässt. Dies ist beim Allophanat-modifizierten Isocyanurat (CL-VHF) nicht mehr der Fall. In Abmischung mit Isocyanuraten kann mit Allophanat-Strukturen offensichtlich eine ähnliche Härte erreicht werden wie mit reinen Isocyanurat-Strukturen (Abb. 1). Höhere Vernetzungsdichten werden häufig angestrebt, um die chemische Beständigkeit zu erhöhen. Während alle getesteten Beschichtungen ausgezeichnet gegen Lösemittel beständig sind, zeigen sich doch noch Vorteile bei denjenigen mit dem sehr hochfunktionalen Vernetzer: Xylol und Methoxypropylacetat (MPA) lassen die Oberfläche nicht einmal mehr anquellen. Die Beschichtung mit dem Allophanat-modifizierten Isocyanurat ist sogar resistent gegen Aceton, was in einer Standardformulierung generell schwer zu erreichen ist (Abb. 2).

Eine weitere Eigenschaft, die oft mit der Vernetzungsdichte und damit der Funktionalität in Verbindung gebracht wird, ist die Kratzfestigkeit. In dieser Studie wurde der Amtec-Kistler-Test gewählt, der eine Autowaschanlage und damit einen Nasskratzprozess simuliert.

Alle Beschichtungen wurden auf eine typische OEM-Metallplatte mit kathodischer Tauchlackierung (KTL), Füller und Basislack aufgetragen. Alle hatten einen sehr guten Anfangsglanz. Nach zehn Verkratzungszyklen zeigten alle Beschichtungen noch immer einen guten Restglanz, der vom Standard-Vernetzer über das reine Allophanat zum Allophanat-modifizierten Isocyanurat noch einmal deutlich zunimmt (Abb. 3). Das thermische Reflow-Verhalten (2h, 60 °C) führt in allen Fällen wieder zu sehr hohen Glanzwerten, trotz der höheren Vernetzungsdichte bei den beiden Allophanat-Produkten.

Es konnte gezeigt werden, dass Vernetzer mit zunehmender Funktionalität tatsächlich deutlich verbesserte Eigenschaften in Bereichen zeigen, die

besonders empfindlich auf erhöhte Vernetzungsdichten reagieren, wie z. B. chemische Beständigkeit oder Kratzfestigkeit. Die meisten anderen Eigenschaften ändern sich dabei nicht wesentlich. Sehr hochfunktionale Vernetzer sind also gut geeignet, um gängige Vernetzer zu ersetzen, wenn höchste Beständigkeiten erforderlich sind oder wenn eine Formulierung gewählt wird, die nicht unbedingt Kratz- oder Chemikalienbeständigkeit begünstigt.

Hochbeständig und trotzdem niedrigviskos

Wie in der Aufstellung von Polyisocyanat-Vernetzern (Tab. 1) gezeigt, werden die niedrigsten Viskositäten mit Isocyanat-Vernetzern erreicht, die vergleichsweise geringe Funktionalitäten aufweisen. Viele Anwender bevorzugen solche Produkte, da deren niedrigere Viskosität zu einem geringeren Gehalt an flüchtigen organischen Verbindungen in der endgültigen Formulierung führt. Es war daher eine wichtige Frage, ob die geringe Funktionalität solcher niedrigviskosen Verbindungen durch die Zugabe von sehr hochfunktionalen Vernetzern ausgeglichen werden kann, ohne dass ein Großteil ihres Viskositätsvorteils verloren geht.

Als Referenz wurde der Standardvernetzer mit einer Viskosität von 3000 mPas und einer Funktionalität von 3,5 gewählt, da dieses Produkt mit einer Standardformulierung gute Chemikalien- und Kratzbeständigkeiten in anspruchsvollen Anwendungen wie z. B. Automobil-OEM-Klarlacken erreicht.

Es wurde getestet, wie Mischungen aus niedrigviskosen und hochfunktionalen Vernetzern im Vergleich zum Standardvernetzer in Bezug auf Viskosität und Isocyanatgehalt abschneiden (Abb. 4). Die ultra-niedrigviskosen (CL-ULV) sowie die niedrigviskosen Polyisocyanat-Vernetzer (CL-LV) wurden mit dem hochfunktionalen Allophanat-Vernetzer gemischt, um eine durchschnittliche Funktionalität zu erhalten, die mit dem Standardvernetzer vergleichbar ist (Tatsächlich wurde die Menge des hochfunktionalen Vernetzers etwas erhöht, um die Molekulargewichtsunterschiede auszugleichen). Die Viskosität einer Mischung mit den niedrigviskosen Vernetzern steigt nur um ca. 17 bis 30% bezogen auf die ursprünglichen Werte des niedrigviskosen Vernetzers. Das bedeutet, dass diese Mischungen die Viskositätsvorteile beider niedrigviskoser Vernetzer weitgehend beibehalten und bei etwa einem Drittel der Viskosität des Standard-Polyisocyanat-Vernetzers bleiben. Auch der Allophanat-modifizierte sehr hochfunktionale Isocyanurat-Vernetzer kann trotz seiner recht hohen Viskosität eingesetzt werden und wird dennoch einen Vorteil erzielen, insbesondere in Mischung mit dem ultra-niedrigviskosen Vernetzer.

Die höheren Isocyanat-Gehalte bleiben in allen Fällen ebenfalls erhalten, was ein weiterer Vorteil einer solchen Mischung gegenüber dem Standard-Polyisocyanat-Vernetzer ist.

Eine Mischung aus dem sehr hochfunktionalen Allophanat mit einem niedrigviskosen Vernetzer kann verwendet werden, um die chemische Beständigkeit eines Standardvernetzers durch Anpassung der Funktionalität auf vergleichbare Werte zu erreichen (Tab. 4).

Um den Vergleich der Lösungsmittelbeständigkeiten zu vereinfachen, wurden die Daten bei verschiedenen Aushärtungstemperaturen addiert. Erwartungsgemäß zeigt die Formulierung mit dem niedrigviskosen Vernetzer mit 36 gegenüber dem Standardvernetzer mit 26 einen deutlich höheren, d. h. schlechteren Wert. Durch Beimischung des sehr hochfunktionalen Allophanats kann dieser Wert auf 28 gesenkt werden. Die Daten liefern zudem Erkenntnisse über den Einfluss der Aushärtungstemperaturen: Während der Standardvernetzer bei Raumtemperatur etwas besser abschneidet, hat die niedrigviskose Mischung einen Vorteil bei höherer Temperatur.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse, dass ein sehr hochfunktionaler Allophanat-Vernetzer als Mischungspartner für niedrigviskose Isocyanurat-Vernetzer verwendet werden kann, um die besseren Beständigkeitsdaten eines Standardtyps zu erreichen – bei weitgehendem Erhalt des Viskositätsvorteils.

Freie Wahl der Vernetzungsdichte

Zweikomponenten-Polyurethansysteme haben sich in der Beschichtungsindustrie etabliert, da sie in vielen Anwendungen ausgezeichnete Eigen-

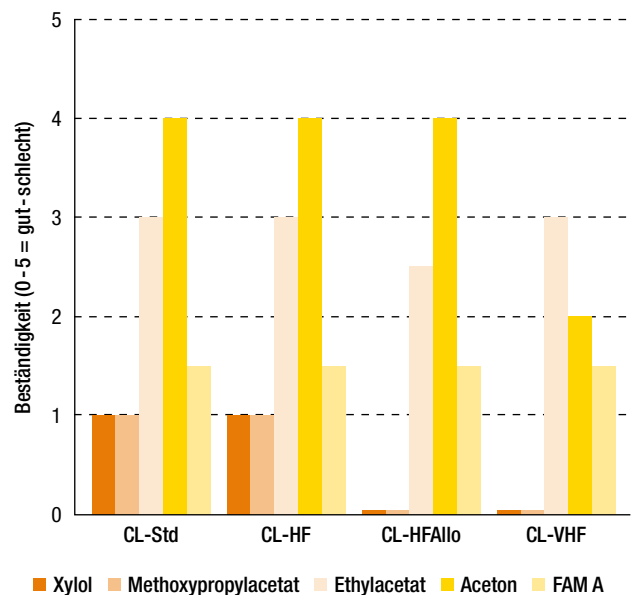


Abb. 2 // Lösemittelbeständigkeiten von Klarlacken auf Basis unterschiedlicher Vernetzer (FAM: Benzin-Lösemittelkombination gemäß DIN 51604-1 (Xylol, Isooctan, Diisobutylen, Ethanol)).

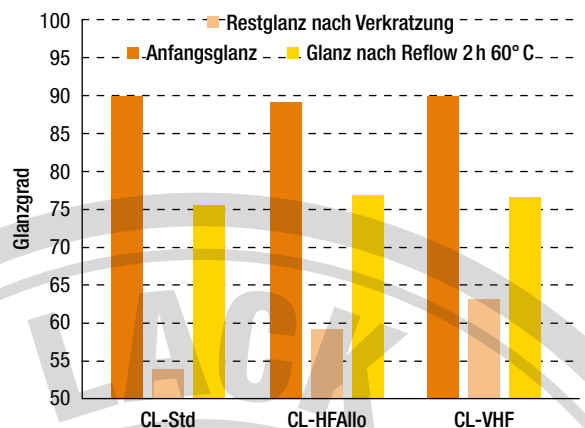


Abb. 3 // Nasskratzfestigkeit von Klarlacken auf Basis verschiedener Vernetzer.

schaften erzielen. Die Wahl zwischen verschiedenen Polyisocyanat-Vernetzern gibt Anwendern die Möglichkeit, die Beschichtungseigenschaften recht frei an ein gewünschtes Anwendungsprofil anzupassen. Ein entscheidender Aspekt dabei ist die Steuerung der Vernetzungsdichte einer Beschichtung durch Auswahl eines Vernetzers mit einer bestimmten Funktionalität. Dies kann jedoch durch die Abhängigkeit zwischen Funktionalität und Viskosität typischer Isocyanurat-Vernetzer begrenzt sein, da höhere Funktionalitäten mit erhöhten Viskositäten und damit mit erhöhten VOC-Gehalten einhergehen.

Mit dem hochfunktionalen Allophanat-modifizierten Isocyanurat oder dem neuen reinen hochfunktionalen Allophanat kann diese Viskositätsabhängigkeit von hochfunktionalen Vernetzern weitgehend vermindert werden. Das sehr hochfunktionale Allophanat-modifizierte Isocyanurat hat ein ähnliches Eigenschaftsprofil wie andere Isocyanurat-Vernetzer bei einer viel höheren Funktionalität von etwa 6. Da die Viskosität für viele Anwendungen noch nicht zu hoch ist, kann das Produkt als eigenständiger Vernet-

Tab. 4 // Vergleich von niedrigviskosen und hochfunktionalen Vernetzern mit einer funktionsangepassten Mischung.

	Standard CL-Std	Niedrigviskos CL-LV	Mischung CL-LV + CL-HFallo 7:3	Sehr hochfunktionales Allophanat CL-HFallo
Komponente A				
Polyacrylatpolyol	72,7	73,94	72,88	70,12
Entschäumer	0,38	0,38	0,38	0,38
Benetzungsmittel	2,25	2,25	2,25	2,25
Katalysator	2,25	2,25	2,25	2,25
Lichtstabilisator (HALS)	1,5	1,5	1,5	1,5
UV-Absorber	3	3	3	3
Lösemittel	43,68	43,31	43,62	44,45
Komponente B				
Polyisocyanat N3300	f = 3.5	f = 3.2	f = 3.5	f ~ 6
Polyisocyanat N3600		23,37	16,88	
Sehr hochfunktionales Allophanat			7,23	26,04
Verhältnis (NCO/OH)	1	1	1	1
Verlauf / Appearance	ok	ok	ok	ok
Pendelhärte (König, auf Glas, nach 7d)				
RT in s	98	90	82	125
30°60 °C in s	165	115	121	160
30°80 °C in s	182	191	189	158
Lösemittelbeständigkeit (Xylol / MPA / Ethylacetat / Aceton, 0= gut, 5= schlecht)				
RT in s	1/1/1/4	1/1/5/5	1/1/4/5	1/1/4/4
30°60 °C in s	1/1/1/4	1/1/4/5	1/1/1/4	1/1/1/2
30°80 °C in s	1/1/5/5	2/1/5/5	1/1/4/4	1/1/1/4
Score (niedriger = besser)	26	36	28	22

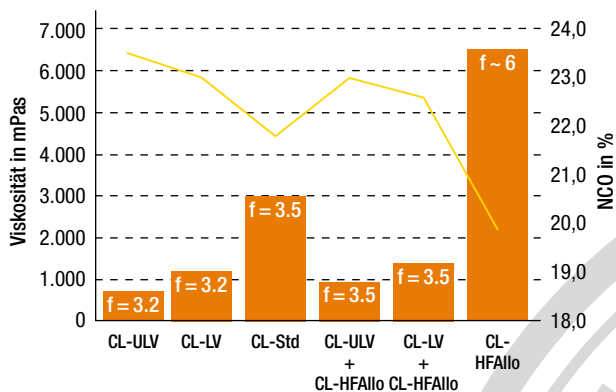


Abb. 4 // Viskositäten und Isocyanatgehalte verschiedener Vernetzermischungen, eingestellt auf eine Funktionalität von 3,5 im Vergleich zu ihren Komponenten.

zer eingesetzt werden, um in Kombination mit kürzeren Trocknungszeiten eine hohe Lösemittel-, Chemikalien- oder Kratzbeständigkeit zu erreichen. Die Viskosität des sehr hochfunktionalen reinen Allophanat-Vernetzers beträgt bei annähernd gleicher Funktionalität nur ein Fünftel des allophanat-modifizierten Isocyanurats. Das Produkt ist in einigen Formulierungen etwas weicher, bietet aber ähnliche Gesamteigenschaften bei hoher Funktionalität. Es kann als Mischpartner für sehr niedrigviskose Isocyanurate eingesetzt werden, da es deren geringere Funktionalität ausgleichen kann, ohne viel von ihrem Vorteil in der Viskosität zu verlieren. Dies ermöglicht Formulierungen mit geringeren VOC-Gehalten, die dennoch hohe Standards in Bezug auf Kratz- und Chemikalienbeständigkeit erreichen können.

Die hochfunktionale Allophanat-Technologie erweist sich als wichtige Ergänzung des Werkzeugkastens eines Anwenders von Zweikomponenten-Polyurethan-Systemen. In Formulierungen kann so die Vernetzungsdich-

te freier gewählt werden, ohne mehr Lösungsmittel einsetzen zu müssen. Insgesamt lassen sich in vielen Anwendungsbereichen auf diese Weise Beschichtungen mit besseren Beständigkeitseigenschaften erzielen.

Kontakt // michael.ludewig@covestro.com

Literatur

- [1] U. Meier-Westhues, K. Danielmeier, P. Kruppa, E. Squiller, Polyurethanes, Coatings, Adhesives and Sealants, 2. Aufl., Vincentz, 2019, 141ff
- [2] H.-J. Laas, R. Halpaap, J. Pedain, J. Prakt. Chem. 336, 1994, 185-200
- [3] W. Dell, W. Kubitzka, D. Liebsch (Bayer AG), EP 377177, 1989
- [4] K. Wagner (Bayer AG), DE 1101394, 1958
- [5] V. Kerrigan (ICI Ltd.), GB 994890, 1962; K. König, W. Reichmann, J. Pedain (Bayer AG), EP 0000194, 1977; M. Brahm, L. Schmalstieg, J. Pedain (Bayer AG), EP 0712840, 1995
- [6] M. Bock, J. Pedain, W. Uerdingen (Bayer AG), EP 0010589, 1979
- [7] F. Richter, J. Pedain, H. Mertes, C.-G. Dieris (Bayer AG), DE19611849, 1996

Mehr zum Thema!



61 Ergebnisse für Polyisocyanate!
Jetzt testen: www.farbeundlack.de/360

DR. MICHAEL LUDEWIG

studierte Chemie an der Universität Hamburg. Nach der Promotion im Bereich Naturstoffchemie und einem Auslandsaufenthalt trat er in 2000 in den Forschungsbereich für Lackrohstoffe von Bayer ein, wo er in verschiedenen Funktionen und Forschungsgebieten tätig war. Seit dem Übergang zu Covestro ist er für die Produkt- und Prozessentwicklung von Isocyanatvernetzern zuständig.

**TANJA HEBESTREIT**

schloss 1992 ihre verkürzte Ausbildung zur Chemielaborantin bei Bayer ab und begann im selben Jahr in der Anwendungstechnik des Geschäftsbereichs Lackrohstoffe zu arbeiten. Seitdem hat sie in verschiedenen Bereichen der Automobil-OEM- und Glaslackierung gearbeitet und ist seit 2012 für den Bereich Automotive OEM Metal in der Region EMEA/LATAM verantwortlich. Seit 2023 betreut sie regional die gesamten Automotive OEM Exterior-Entwicklungen (Metall und Kunststoff).

**HOLGER W. MUNDSTOCK**

verfügt über mehr als 30 Jahre Erfahrung in der Lack- und Farbenindustrie und arbeitet bei Covestro als Application Development Manager für den Bereich Autoreparatur und Direct Coatings. Er leitet marktbezogene Projekte und ist an Produktentwicklungen beteiligt.

**DR. HUNG BANH**

Jahrgang 1988, studierte Chemie an der Ruhr-Universität Bochum und promovierte an der Technischen Universität München im Bereich der Metallorganischen Chemie. Seit 2018 ist er bei Covestro Deutschland tätig. Dort fing er als Entwicklungsschemiker für Dämmplattenschäume an, gefolgt von einer Position in der Forschung & Entwicklung der Business Entity Coatings and Adhesives. Seit 2024 ist er als New Business Development Manager für Beschichtungslösungen von Windkraftträgern tätig.

**DR. CHRISTOPH MALBERTZ**

Jahrgang 1988, studierte Chemie an der RWTH Aachen. Nach der Promotion am Institut für Technische und Makromolekulare Chemie arbeitete er bei Covestro in der globalen Produktions- und Technologieorganisation der Business Unit Coatings, Adhesives and Specialties, wo er unter anderem für Skalierung und Prozessentwicklung und -optimierung zuständig war. Mittlerweile ist er in der Betriebsleitung eines Lack- und Klebstoffbetriebs tätig.

**FARBEUNDLACK // BIBLIOTHEK**

Lackrohstoffkunde

VON PAOLO NANETTI

**Lackrohstoffkunde**
Paolo Nanetti

5., überarbeitete Auflage
erschienen in 2017
228 Seiten
155 x 225 mm

erhältlich als
• gedrucktes Hardcover
• eBook

Jetzt
bestellen!



Paolo Nanettis Basiswerk bietet eine optimale Übersicht und Einführung in die Chemie, Systematik und Wirkungsweise von Lackrohstoffen.

Sie finden hier einen ausführlichen Leitfaden zum Einstieg in das breite Spektrum der Rohstoffe, so dass Sie sich auch als Neu- und Quereinsteiger der Branche ganz einfach grundlegendes Wissen aneignen können.

Darüber hinaus berücksichtigt die aktuelle Auflage zahlreiche neue Entwicklungen, wie die zukunftsorientierte Lackherstellung mit Hilfe nachwachsender Rohstoffe.

