

# Natürlich gebunden



Quelle: Braam – stock.adobe.com

**NACHHALTIGKEIT** // NACHHALTIGE PROZESSE UND PRODUKTE IN ALLEN BEREICHEN SIND VON GRÖSSTER BEDEUTUNG, UM GLOBALE HERAUSFORDERUNGEN, WIE Z.B. FORTSCHREITENDEM KLIMAWANDEL ODER RESSOURCENKNAPPHEIT, ZU BEGEGNEN. AUCH IM BEREICH DER FARBEN UND LACKE STEIGT DER BEDARF AN ENTSPRECHENDEN FORMULIERUNGSBAUSTEINEN. IM BREITEN FELD DER BINDEMittel STEHEN BEREITS HEUTE BIOBASIERTE ROHSTOFFE ZUR VERFÜGUNG, DIE EINEN SIGNIFIKANTEN BEITRAG ZU MEHR NACHHALTIGKEIT LEISTEN KÖNNEN.

Martin Watzke und Pasqual Ullrich, Robert Kraemer

**N**achhaltigkeit ist eines der großen Themen unserer Zeit, dem sich kaum jemand entziehen kann. Auch in der chemischen Industrie und ihren nachgeschalteten Abnehmerbranchen wächst die Einsicht, dass entsprechende Produktionsprozesse und Formulierungen einen elementaren Beitrag hierzu leisten können. Themen von globaler Bedeutung sind u.a. die Vermeidung von Abfall und Treibhausgasen, das Erreichen von Klimazielen oder eine hohe Recyclingquote, um einige der wichtigsten zu nennen.

Der Begriff der Nachhaltigkeit ist hierbei jedoch nicht immer klar definiert und wird lebhaft und mitunter auch kontrovers diskutiert. Einigkeit herrscht aber darüber, dass ein Nachhaltigkeitskonzept die Schonung begrenzter Ressourcen beinhalten muss, zu denen die fossilen Rohstoffe gehören. Der verstärkte Einsatz nachwachsender, biobasierter Rohstoffe gehört somit zu einer der zentralen Herausforderungen in näherer Zukunft. Hieraus abgeleitet lautet die Leitlinie 2 der nationalen Bioökonomiestrategie: „Mit biogenen Rohstoffen zu einer nachhaltigen, kreislauforientierten Wirtschaft.“

#### Biobasierte Rohstoffe – ein großes Potenzial

Noch spielt die Nutzung nachwachsender Rohstoffe (NawaRo) in der chemischen Industrie eine eher untergeordnete Rolle. Betrachtet man die Rohstoffbasis der organischen Chemie in Deutschland, erkennt man, dass der Einsatz von NawaRo im Lauf der Jahre kaum gestiegen ist. Im Zeitraum von 2003 bis 2018 konnte der Anteil nicht signifikant erhöht werden (Abb. 1). Die biobasierten Rohstoffe fielen sogar knapp auf Rang drei hinter Erdgas zurück. Ob hier durch die jüngst durch den Ukrainekrieg verschärfte Debatte über Versorgungssicherheit von Gas und Öl ein Aufschwung für die biobasierten Rohstoffe entsteht, bleibt abzuwarten.

Verlässliche Zahlen für den Markt der Farben und Lacke gibt es indes nicht. Das gesamte Marktvolumen beträgt in etwa 160 Mrd. US\$. Branchenexperten schätzen, dass der Marktanteil an biobasierten Produkten lediglich 1 bis maximal 5% des Gesamtvolumens entspricht. Je nachdem, wie weit man den Begriff fasst und auch Farben und Lacke berücksichtigt, die anteilig auf NawaRo basieren, reichen manche Schätzungen bis zu 10% [1, 2]. Unabhängig davon, welche Zahlen man schlussendlich zu Grunde legt, verdeutlichen diese Relationen ein großes, bislang ungenutztes Potenzial in diesem Bereich. Die Expert:innen sehen einen eindeuti-

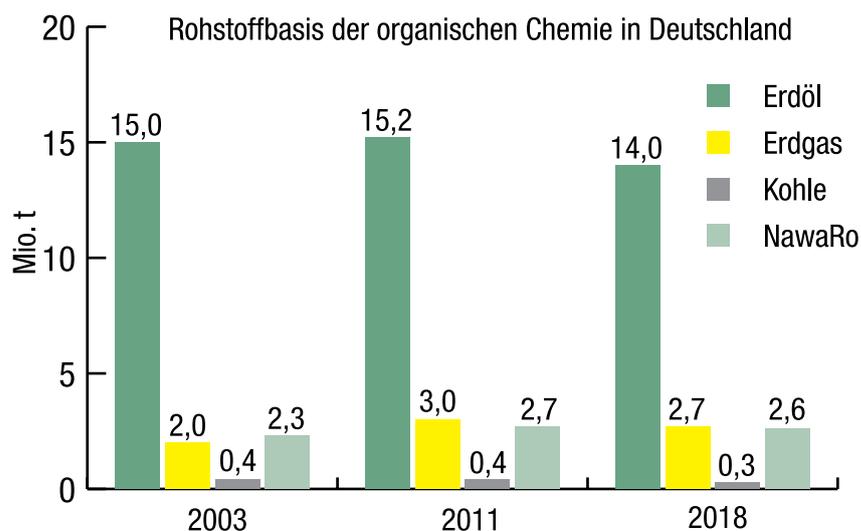


Abb. 1 // Rohstoffbasis der organischen Chemie in Deutschland.

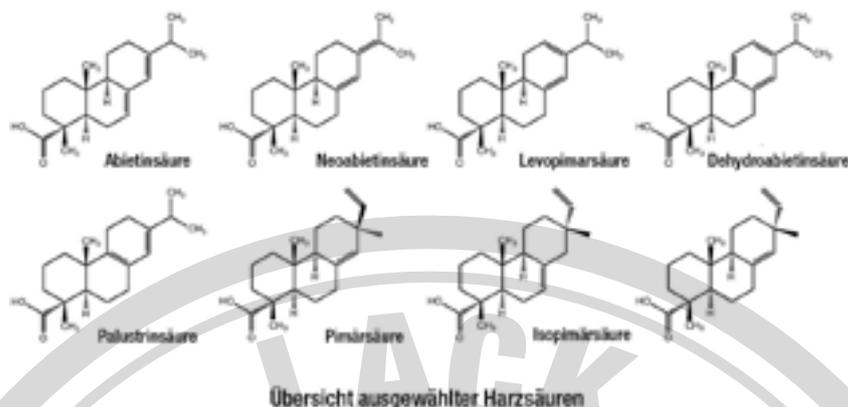


Abb. 2 // Hauptbestandteile des Kolophoniums.

#### Ergebnisse auf einen Blick

- Biobasierte Rohstoffe sind ein Schlüssel für mehr Nachhaltigkeit in der Chemie.
- Der Bedarf an nachwachsenden Formulierungsbausteinen in Farben und Lacken steigt.
- Potenzial und Wachstumschancen sind gegeben.
- Neue Bindemittel mit 100% nachwachsenden Rohstoffen sind im industriellen Maßstab am Markt verfügbar.
- Insgesamt ist die rohstoffseitige Verfügbarkeit in der chemischen Industrie jedoch noch deutlich ausbaufähig.



Abb. 3 // Zur Kolophoniumgewinnung über mehrere Jahre angeritzte Kiefer.

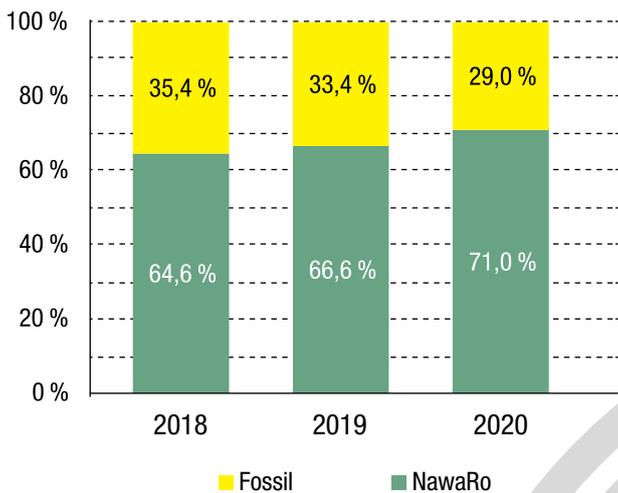


Abb. 4 // Einsatz nachwachsender Rohstoffe bei dem Naturharzbindemittelhersteller.

gen Wachstumstrend, wenn auch bislang auf niedrigem Niveau, der hauptsächlich von europäischen Herstellern vorangetrieben wird [2]. Auch in verwandten Branchen, wie der Klebstoffindustrie, kann man ähnliche Potenziale im Bereich nachwachsender Rohstoffe sehen [3].

#### Damals und heute

Auch wenn der Begriff zu jener Zeit noch nicht geläufig gewesen sein dürfte, gehören die frühesten Verwendungen von Farben und Lacken in den Bereich „Decorative Paints“. Es handelt sich um Fels- und Höhlenmalereien. Die derzeit ältesten bekannten stammen aus der spanischen Höhle von Ardales, weisen ein Alter von 65.000 Jahren auf und wurden von Neandertalern im Paläolithikum aufgetragen. Andere bekannte Malereien finden sich beispielsweise in der spanischen El-

Castillo-Höhle, der Höhle Leang Pettakere auf Sulawesi oder in der französischen Chauvet-Höhle.

Historisch bestanden alle Beschichtungen aus biobasierten Rohstoffen – die frühen Höhlenmalereien beispielsweise aus tierischem Fett als Bindemittel, gefärbter Erde und natürlichen Pigmenten wie Ocker. Erste Lacke wurden bereits vor 7.500 Jahren aus den Säften des Lackbaums hergestellt [4]. Die vermutlich erste überlieferte Lackrezeptur stammt aus dem frühen 12. Jahrhundert von Rogerus von Helmershausen. Es handelt sich um eine Ölverkochung von Leinöl mit Bernstein, also fossilem Baumharz. Jahrtausende änderten sich die verwendeten Rohstoffe somit kaum. Es waren vorwiegend natürliche Öle und Harze, wie Schellack, Kopal und Dammar, sowie mineralische Pigmente. Auch das Kolophonium, das Harz der Kiefern, war schon früh als Lackrohstoff bekannt.

Eine rasante Entwicklung, jedoch auch die weitgehende Abkehr vom Einsatz biobasierter Rohstoffe, setzte zu Beginn des 20. Jahrhunderts ein. Ausgangspunkt waren die Entdeckung und Patentierung des Phenol-Formaldehydharzes durch Leo Hendrik Baekeland 1909 und die Grundlagen der makromolekularen Chemie von Hermann Staudinger.

Weitere Meilensteine stellen die Entwicklung von Harnstoffharzen (1918) und Alkydharzen (1927) dar. Die Entwickler begannen, sich zunehmend mit den Grundlagen von Trocknung und Vernetzung sowie dem strukturellen chemisch-makromolekularen Aufbau der verwendeten Rohstoffe zu beschäftigen. Es folgte in den 1930er-Jahren die Entwicklung stabiler Dispersionen und in den 1940er-Jahren die 2K-Epoxy- und Polyurethansysteme. In den 1960er- und 1970er-Jahren kamen die anodischen und kathodischen Tauchlacke hinzu, erste Silikonharze und Pulverlacke sowie UV-härtbare Polymere in den 1980er- und 1990er-Jahren [4], um nur einige der wichtigsten Entwicklungen zu nennen.

Der wachsende Baukasten an verfügbaren Bindemitteln und die immer steigende Performance, auch über geschickte Kombination verschiedener Härtungs-, Vernetzungs- und Trocknungsmechanismen in Hybridsystemen, führten zu einer enormen Diversifizierung der Formulierungen.

#### Zurück zur Natur

Kann es gelingen, in diese überwiegend petrostämmigen Systeme wieder einen signifikanten Anteil nachwachsender Rohstoffe einzubringen? Generell existieren hierzu zwei unterschiedliche Ansätze.

Einer der beiden Ansätze ist das Massenbilanzverfahren, welches sich aufgrund der Anwendbarkeit auf komplexe Prozesslandschaften insbesondere für Konzernstrukturen eignet. Hierzu wird ein sog. Bilanzraum definiert. Dieser kann „innerhalb desselben Unternehmens, innerhalb eines Konzerns oder innerhalb von vertraglichen Beziehungen zwischen unabhängigen Unternehmen der Wertschöpfungskette“ [5] existieren. „Innerhalb des Bilanzraumes erfolgt die Massenbilanzierung durch buchhalterische Übertragung der biogenen Eigenschaften der biobasierten Rohstoffe auf Endprodukte, in denen biogener Kohlenstoff nicht oder nicht (mehr) in ausreichender Menge nachweisbar ist“ [5]. Es handelt sich um ein an den Rohstoffmärkten bekanntes und mittlerweile etabliertes Verfahren.

Der andere Ansatz, der im Folgenden näher beleuchtet wird, ist der Einsatz biobasierter Rohstoffe, die sich direkt 1:1 im Endprodukt wiederfinden lassen. Heutzutage stehen hierfür nicht mehr ausschließlich die herkömmlichen Bausteine zur Verfügung. Die Möglichkeiten zum Einsatz von NawaRo wurden und werden stetig um eine wachsende Anzahl neuer Rohstoffe, insbesondere Polyole oder Carbonsäuren aus innovativen Prozessen, optimiert. Sie haben ihren Ursprung zum Beispiel in Zucker, Stärke, natürlichen Ölen, Zellulose oder Lignin.

Diese beiden Herangehensweisen müssen sich nicht zwingend ausschließen, sondern lassen sich auch gut kombinieren. So kann eine

Beschichtung sowohl einen Anteil echter biobasierter als auch massenbilanzierter Rohstoffe enthalten. Auch innerhalb des Bindemitteldesigns lassen sich durch geeignete Auswahl der Rohstoffe beide Welten miteinander verbinden. Dies ermöglicht, neben der Ökologie auch die Ökonomie und Leistungsfähigkeit der Formulierungen nicht aus den Augen zu verlieren.

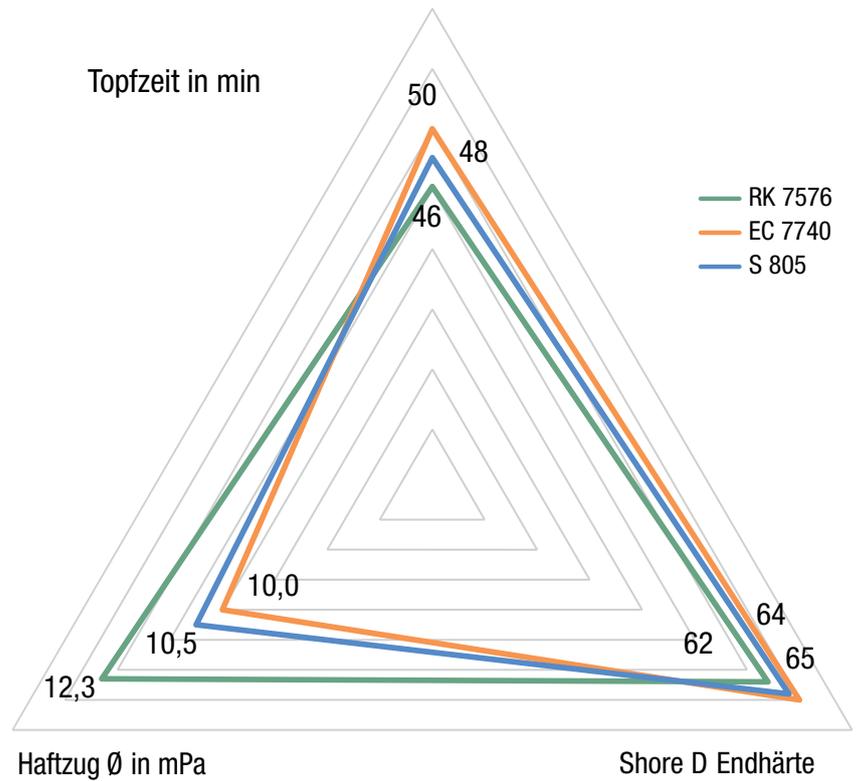
**Bindemittel aus NawaRo**

Ein Rohstoff, der schon seit der Antike oder dem frühen Mittelalter als Beschichtungsstoff verwendet wird, ist das Kolophonium. Je nach Herkunft wird es auch als Balsamharz, Wurzelharz oder Tallharz bezeichnet. Es stammt aus dem Harz von Nadelbäumen der Gattung Pinus (Kiefern). Außerhalb der Farben-, Lack- und Klebstoffbranche ist es durch den Einsatz als Flussmittel beim Löten, Bogenharz für Streichinstrumente oder Haftharz beim Handball spielen bekannt. Gemeinsam ist allen Kolophoniumqualitäten, dass sie zum überwiegenden Teil aus Harzsäuren in verschiedenen Anteilen bestehen. Es handelt sich hierbei um Terpensäuren (Abb. 2), die sich hauptsächlich in der Lage der Doppelbindungen unterscheiden.

Kolophonium vereint zwei positive Aspekte einer Nachhaltigkeitsstrategie, was es im aktuellen Kontext zu einem sehr interessanten Rohstoff macht. Zum einen ist es nachwachsend, zum anderen müssen Bäume zur Gewinnung nicht gerodet werden. Sie können über Jahrzehnte hinweg angeschnitten und das austretende Rohharz gewonnen werden (Abb. 3). Auch während des fortlaufenden Ernteprozesses baut der Baum weiterhin Biomasse in Form von Holz und unter Aufnahme von CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre auf. Durch die schonende Gewinnung des Kolophoniums büßt das Holz nicht nennenswert an Qualität für eine Folgenutzung ein. Somit kann eine nachhaltige Forstwirtschaft ermöglicht werden.

Kolophonium wurde anfangs nativ eingesetzt, was heutzutage nur noch wenig verbreitet ist. Gängiger ist der Einsatz chemischer Modifikationen zur Erweiterung der Einsatzmöglichkeiten und Leistungssteigerung für den jeweiligen Einsatzzweck.

Veresterungsprodukte des Kolophoniums (Harzester) werden in Lacken, Farben und Druckfarben eingesetzt. Während viskose Produkte zumeist als Haftvermittler genutzt werden, können feste Typen auch als Hauptbindemittel fungieren. Letztgenannte finden breiten Einsatz unter anderem in Straßenmarkierungsfarben, wo sie sich in der Regel mit C5/C9-Kohlenwasserstoff-Harzen konkurrieren. Resinate (Salze des Kolophoniums) werden für Ölverkochungen, Lasuren und Antifoulingfarben verwendet. Maleinsäuremodifiziertes Kolophonium sowie seine



Typ	Hydroxylzahl in mg KOH / g	Viskosität 25 °C in mPas*s	Vergleich Standardprodukt EC 7740 und S 805 gegen 100 % NawaRo RK 7576 (Testbedingungen interner Standard Kraemer)
RK 7576	~ 165	3000 - 4500	
EC 7740	~ 160	3000 - 4500	
S 805	~ 170	2800 - 4000	

Abb. 5 // Vergleich vom Marktstandard mit Biopolyol in einer 2K-PUR-Beschichtung.



Abb. 6 // Gitterschnitt eines PU-Klarlacks auf Stahl mit RK 6587.



Abb. 7 // Trocknung und Vergilbung von biobasierten, oxidativ trocknenden Bindemitteln (TG = Trockengrad; links: Fichte, rechts: Douglasie).

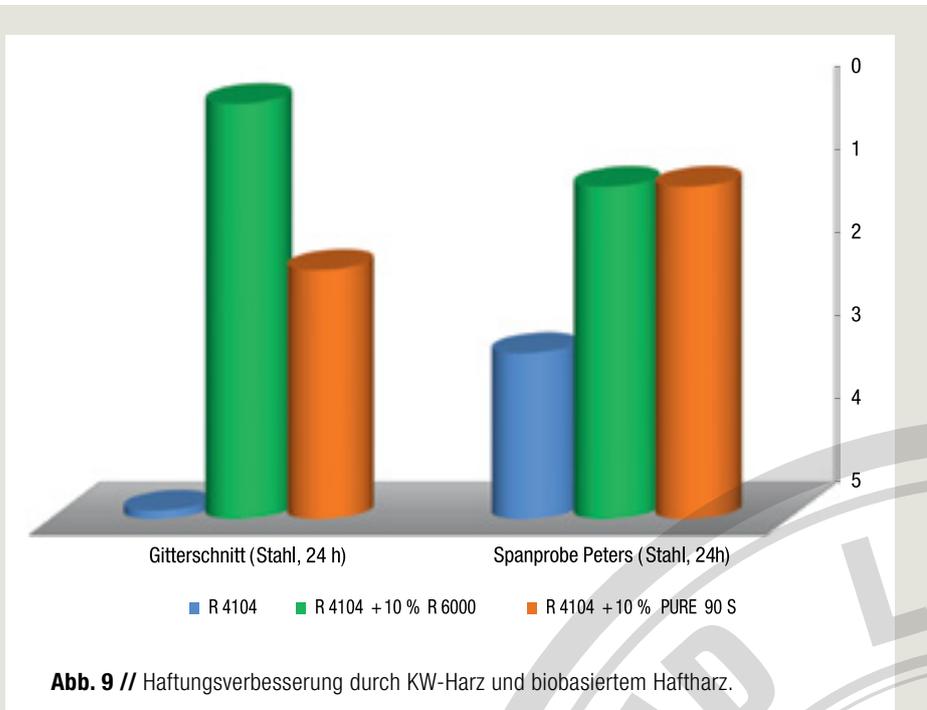


Abb. 9 // Haftungsverbesserung durch KW-Harz und biobasiertem Haftharz.

Veresterungsprodukte sind als Rohstoffe für Lacke, Druckfarben aber auch zur Pigmentbelegung bekannt.

#### Kontinuierlicher Anstieg der NaWaRo-Bindemittel

Wir beschäftigen uns seit über 100 Jahren mit Naturharzen und speziell mit Kolophonium. Der Anteil für NawaRo-Bindemittel stieg kontinuierlich an. 2020 lag der biobasierte Anteil an allen Rohstoffen bereits bei 71 % (Abb. 4). Diese Zahl verdeutlicht, was im Bereich NawaRo bei Bindemitteln möglich ist. Die Nutzung der biogenen Ausgangssubstanzen darf jedoch nicht zum Selbstzweck verkommen. Vielmehr werden hier durch

gezielten Einsatz nachwachsender Rohstoffe Eigenschaftsverbesserungen erzielt. Haftung auf schwierigen Substraten, Farbstärke und Brillanz sowie gute Benetzung sind die Stärken solcher Systeme.

Das Potenzial innovativer biobasierter Bindemittel ist jedoch nicht auf die Nutzung moderner Kolophoniumchemie beschränkt. Eine ganze Bandbreite an Bausteinen steht bereits heute im industriellen Maßstab für unterschiedliche Beschichtungssysteme zur Verfügung.

Ein großer Anteil an wässrigen Farben-, Lack- und Druckfarbenformulierungen ist aktuell auf Styrolacrylat basiert. Diese Polymerisate aus verschiedenen Acrylaten und Styrol sind klassisch fossile Bindemittel.

Es ist gelungen, durch den Einsatz speziell modifizierter Naturharze in Hybridsystemen einen nachwachsenden Anteil von über 40 % unter Beibehaltung der Produkteigenschaften der Styrolacrylate zu realisieren. Diese Produkte können somit als Drop-in Lösungen genutzt werden.

Auch im Bereich der Polyester für trocknende 1-Komponenten- als auch vernetzende 2-Komponenten-Polyurethan-Beschichtungen haben in den vergangenen Jahren biobasierte Polyol-Komponenten Marktreife erreicht. Die Bandbreite hierbei ist ähnlich hoch wie bei petrostämmigen Polyolen. Als flüssiges Polyol für 2-Komponentensysteme eignet sich RK 7576. Abb. 5 zeigt, dass dieses 100 % biobasierte Bindemittel über nahezu identische Eigenschaften wie der Marktstandard verfügt und somit in Formulierungen als Austauschrohstoff verwendet werden kann.

Ebenfalls mit einem NawaRo-Anteil von 100 % verbessert der spezielle Haftpromotor RK 6587 die Leistung von verschiedenen Beschichtungen in vernetzenden oder physikalisch trocknenden Systemen. In einer 2K-Klarlack-Formulierung kann beispielsweise die Haftung auf Stahlblech von Gitterschnitt 4 auf Gitterschnitt 0-1 optimiert werden (Abb. 6). Auch auf verschiedenen Kunststoffen wie PET, PP, PE und anderen werden durch additive Zugabemengen die Hafteigenschaften deutlich positiv beeinflusst.

Auf Seiten der Isocyanate gibt es ebenfalls erste nachhaltige Optionen, wie z. B. N 7300 sowie M70R MB. Während die erste Option biobasiert aus Stärke als Ausgangsrohstoff hergestellt wird, wurde bei der zweiten das Massenbilanzverfahren angewendet.

#### Verwendung in Holzbeschichtungen

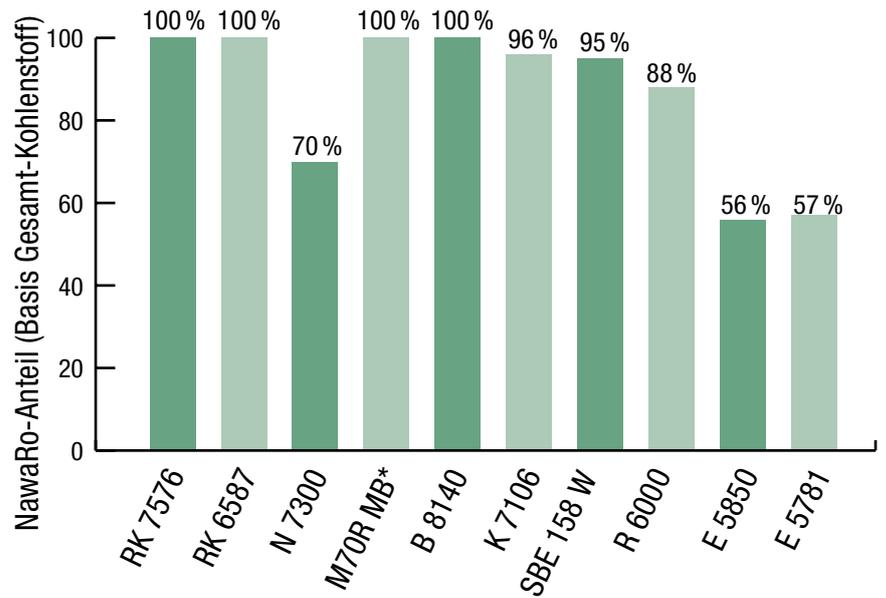
Ein Anwendungsfeld, in dem schon immer ein höherer Anteil an NawaRo zu finden war, sind die Holzbeschichtungen, Lasuren und

Pflegeöle. Vor allem bei den Pflegeölen werden zum Teil native oder Standöle, wie Lein-, Tung-, oder Ricinenöl, eingesetzt, die somit 100 % biobasiert sind.

Diese nativen Öle weisen jedoch nicht immer die notwendige Performance auf. Vorteile insbesondere im Bereich Trocknung und Vergilbungsbeständigkeit bieten Hartharz-Ölverkochungen, die bis zu 100 % biobasiert sind oder Bioalkyde bzw. Urethanalkyde mit einem NawaRo-Anteil von >90 %. In Abb. 7 sind die Vergilbungseigenschaften sowie die Trocknung ausgewählter Beispiele dargestellt.

Durch eine geringe Viskosität von nur 600 mPas ist K 7106 außerdem für high-solid oder pure-solid Formulierungen geeignet. Die Einsparung von Lösemitteln leistet hier ebenfalls einen positiven Beitrag zur Nachhaltigkeit. Oder man bewegt sich im Bereich der wässrigen Formulierungen. Hier kommen Bioalkyde wie SBE 158W zum Einsatz, die nicht nur für Holzbeschichtungen, sondern auch für ökologische Wandfarben verwendet werden.

Zum Ende der Vorstellung von einigen Möglichkeiten „grüner“ Bindemittelsynthesen möchten wir an dieser Stelle auf die Bausteine zur Formulierung von UV-härtbaren Systemen eingehen. Mit einem NawaRo-Anteil von 88 % ist „Rokracure 6000“ ein „grünes“ Bindemittel als Haftpromotor für UV-Systeme zur Beschichtung metallischer Substrate verfügbar. Die Spanprobe nach Peters sowie der Gitterschnitt weisen durch einen 10%igen Einsatz deutlich bessere Werte auf, die denen eines gängigen KW-Hartharzes entsprechen bzw. übertreffen (Abb. 8). Weitere Bindemittel mit bis zu 100 % Bioanteil sind für UV-Beschichtungen im industriellen Maßstab erhältlich. Auch auf Seiten der Monomere/Reaktivverdünner, die in (nahezu) jeder UV-Formulierung enthalten sind, gibt es teilweise biobasierte Alternativen. Zu nennen sind hier z. B. E 5850 (56 %) oder E 5781 (57 %). Eine Übersicht für Bioanteile aller vorgestellten „grünen“ Beschichtungsrohstoffe gibt Abb. 9.



\* massenbilanziert, Quelle: Kraemer, BASF, Covestro, Allnex

Abb. 9 // Anteil nachwachsender Rohstoffe in Beschichtungsrohstoffen.

### Fazit

Das Potenzial für mehr Nachhaltigkeit durch Einsatz nachwachsender Rohstoffe in Farben und Lacken ist vorhanden. Der Markt wächst, wenn auch derzeit noch auf niedrigem Niveau. Erste Schritte sind getan, die Verfügbarkeit von nachwachsenden Rohstoffen in der chemischen Industrie insgesamt ist jedoch noch deutlich ausbaufähig. Den Anwendern stehen mit massenbilanzierten und biobasierten Rohstoffen prinzipiell zwei Wege für eine Umsetzung zur Verfügung, die sich bei Bedarf auch kombinieren lassen. Interessante, neuartige Bindemittel mit bis zu 100 % nachwachsenden Rohstoffen für Beschichtungssysteme sind bereits heute im industriellen Maßstab am Markt verfügbar.

### Literatur

- [1] D. Gagro; Farbe & Lack; 10/2021; 16–19
- [2] D. Gagro; Farbe & Lack; 10/2018; 12–15
- [3] M. Watzke; adhäsion Kleben&Dichten; 1–2/2022; 14–18
- [4] K. Dohnke; Die Lack-Story: 100 Jahre Farbigeit zwischen Schutz, Schönheit und Umwelt; ISBN 9783933374646; 2000
- [5] Verband der Chemischen Industrie; Positionspapier: Einsatz nachwachsender Rohstoffe in der chemischen Industrie unter der Anwendung von Massenbilanzansätzen; März 2017

Kontakt // [martin.watzke@rokra.com](mailto:martin.watzke@rokra.com)

### DR. MARTIN WATZKE

Jahrgang 1981, studierte Chemie an der RWTH Aachen und Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, an der er 2009 in organischer Chemie promovierte. Seit 2008 ist er beim Bindemittelhersteller Robert Kraemer tätig; zunächst in den Bereichen Regulatorik, Analytik und Qualitätsmanagement, ehe er 2017 die technische Geschäftsleitung übernahm.



### DR. PASQUAL ULLRICH

Jahrgang 1982, studierte Chemie an der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, an der er 2012 in organischer Chemie promovierte. Zunächst war er in den Bereichen Brennstoffzellenfahrzeuge, Datenbanken und Feststoffspeichersysteme tätig. 2017 wechselte er zu Robert Kraemer und leitet dort die Anwendungstechnik.



Mehr zum Thema!



33 Ergebnisse für biobasiert!  
Jetzt testen: [www.farbeundlack.de/360](http://www.farbeundlack.de/360)