

## RFL-freie Haftvermittler für textilverstärkte Dichtungen

Neue Ansätze für textile Verstärkungen in Gummianwendungen und für sichere und effizientere Prozesse

**Resorcinol-Formaldehyd-Latex (RFL) hat sich in vielen Dichtungen als Haftvermittler bewährt, wird aber unter gesundheitlichen Aspekten immer kritischer betrachtet. Ein neuer Ansatz ersetzt RFL nicht nur durch eine weniger kritische Chemie. Er kombiniert hohe Haftfestigkeit mit konkreten Vorteilen für den Produktionsprozess – ein entscheidender Vorteil für die industrielle Gummiverarbeitung.**

Resorcinol-Formaldehyd-Latex (RFL) ist ein seit Jahrzehnten bewährtes Haftvermittlungssystem, das eine der zentralen Herausforderungen der Gummiindustrie löst: die dauerhafte Verbindung von Gummi mit Verstärkungsmaterialien wie beispielsweise Polyester-, Polyamid-, Aramid- oder Glasfasern. Diese Fasern besitzen hohe Festigkeiten, haften jedoch von Natur aus nur schlecht an elastischen Gummimischungen. RFL bildet im ausgehärteten Zustand eine funktionale Zwischenschicht, die beide Werkstoffe zuverlässig miteinander verbindet.

RFL kommt unter anderem in Dichtungen, Reifen, Förderbändern und Schläuchen zum Einsatz. So gut die chemische Performance von RFL ist, so kritisch muss diese unter gesundheitlichen Aspekten gesehen werden. Im Hauptfokus steht hier das Formaldehyd, das von der Europäischen Union als krebserregender Stoff eingestuft wurde. Bei der Herstellung von RFL-Systemen, bei der Beschichtung von Textilien („Dips“) sowie bei thermischen Prozessen können Beschäftigte Formaldehyd ausgesetzt sein. Dies führt zu strengen Anforderungen hinsichtlich

Arbeitsschutz, Emissionskontrolle und Überwachung der Produktionsanlagen. Doch auch Resorcinol gerät zunehmend in den Fokus regulatorischer Bewertungen. Der Stoff gilt als gesundheitlich bedenklich und wird hinsichtlich möglicher Auswirkungen auf Menschen und Umwelt überwacht. Dies führte dazu, dass die Suche nach gesundheitlich weniger belastenden Alternativen in den letzten Jahren intensiviert wurde. Doch auch der Wunsch nach mehr Nachhaltigkeit hat einen Technologiewandel angestoßen.

### Hohe Anforderungen an den Haftvermittler

Das führte dazu, dass Collano nach einem neuen Ansatz suchte. Das Entwicklungsteam wollte RFL nicht einfach ersetzen, sondern vielmehr einen Haftvermittler entwickeln, der gleichzeitig sicherer, einfacher und effizienter in der Anwendung ist.

Die Primerwirkung, also das Erzeugen einer verbesserten Haftung zwischen Verstärkungsfasern und Gummi, ist nur die erste, wenn auch offensichtlichste Anforderung an den Haftvermittler. Die Materialkombination enthält einerseits hochfeste, steife Fasern und Gewebe und andererseits weiche, elastische Gummimischungen. Der Haftvermittler muss beide Materialien anbinden und einen hohen Widerstand gegen Zug-, Schäl- und Vibrationsbelastungen bieten. Er muss die Kräfte zwischen den Materialien übertragen und Spannungsspitzen an den Grenzflächen ausgleichen. Idealerweise soll die Bindung zu den Substraten stärker sein als die Festigkeit des vulkanisierten Gummis, sodass bei einem Versagen keine Delamination an der

Grenzfläche auftritt, sondern ein Materialbruch im Gummi. Insbesondere bei hoch beanspruchten Teilen wie Dichtungen (Bild 1) können die Anforderungen durch millionenfache Lastwechsel im Dauergebrauch sehr hoch sein. Durch die dynamischen Belastungen dürfen dabei aber keine Mikrorisse und Delaminationen entstehen.

Eine ebenso große Herausforderung ist die Tatsache, dass das Gummi keineswegs eine einheitliche Substanz ist, sondern eine chemisch sehr heterogene Stoffgruppe beschreibt. Die meistverwendeten Gummitypen sind Naturkautschuk (NR), Styrolbutadienkautschuk (SBR), Nitrilkautschuk (NBR) und Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM). Die Vulkanisierung erfolgt über die Bildung von Schwefelbrücken oder durch Peroxide induzierte radikalische Polymerisation. SBR und NBR können auch nur rein thermisch vulkanisiert werden. Bei Vulkanisationstemperaturen von 120 °C bis 180 °C und hoher Wärmeentwicklung im Gebrauch sind auch erhöhte Anforderungen an die Temperaturstabilität des Haftvermittlers gegeben.

### Der neue Entwicklungsansatz

Dabei ist es gelungen, die Anforderungen an die technische Performance und an die zunehmend strenger werdenden Regularien in einem neuen Haftvermittler zu vereinen. Basis der Formulierungen sind wässrige Acrylat- oder Ionomerdispersionen unter dem Verzicht auf toxikologisch bedenkliche Inhaltsstoffe. Somit sind die Dip-Lösungen frei von Lösungsmitteln, Resorcinol, Formaldehyd und Isocyanaten. Die für die Langlebigkeit und Dauerbelastungsfestigkeit not-

**Interessant für**  
alle Branchen

**Weitere Informationen**  
Collano AG  
[www.collano.com](http://www.collano.com)

 **Zum Lösungspartner**

 Dr. Bruno Traber  
Entwicklung und Know-how-Management  
 Ronny Ebling  
Business Development Gummianwendungen  
 Philipp Frei  
Entwicklung und Verfahrenstechnik

**Bild 1:** Für die Herstellung von Dichtungen und Formteilen bieten die neuen RFL-freien Haftvermittler verschiedene Vorteile (Bild: iStock.com/Henadzi Pechan)

wendige Vernetzung wird durch die Verwendung von multifunktionalen Acrylaten sichergestellt. Durch die Acrylatchemie des Haftvermittlers kann dieser im Falle einer peroxidischen Vulkanisation ohne Peroxide in der Formulierung hergestellt werden. Dadurch ist der Haftvermittler selbst und die getränkten Verstärkungsfasern und -gewebe über Monate lagerstabil. Die Vernetzung erfolgt bei der Vulkanisation selbst und wird durch die Radikale im Kautschuk initiiert.

### Vereinfachte Verarbeitung

Die Abkehr von der klassischen RFL- und Isocyanatchemie bringt weitere technische Vorteile. So benötigen Fasern mit niedriger Oberflächenenergie wie beispielsweise Polyesterfasern oder Aramidfasern einen Pre-Dip, um zusammen mit der RFL-Lösung eine genügend hohe Festigkeit zu entwickeln. Mit der neuen Lösung entfällt dieser Prozessschritt bei diesen Faserntypen. Die aufgebaute Haftung durch den Haftvermittler allein erfüllt die Anforderungen. Eine weitere Prozessvereinfachung ergibt sich aus der Möglichkeit, die Formulierungen leicht dauerklebrig einzustellen. Insbesondere bei geometrisch anspruchsvollen Dichtungen müssen die Verstärkungsfasern auf den Rohlingen vorfixiert werden. In der Regel wird dazu der Gummihohling mit Lösungsmitteln wie Toluol oder Benzingerichte klebrig gemacht, damit die Verstärkungsfasern positioniert werden können. Mittels des neuen, leicht dauerklebrigen Haftvermittlers kann die Positionierung lösemittelfrei gestaltet werden. Auch die Vorfixierung mehrerer Gummi- und Gewebelagen ist möglich.

### Belegte Wirkung

Die Leistungsfähigkeit des Haftvermittlers wurde mit dem H-Auszugstest gemäß ASTM D 4776-18 bewertet. Für die Untersuchungen wurde ein peroxidvernetzender EPDM-Kautschuk als Gummikomponente sowie ein dreifach gezwirntes Polyesterkord (1100 dtex) als Verstärkungsträger gewählt. Verschiedene Collano Haftvermittler wurden mit einer klassischen RFL-Lösung [1] sowie der kommerziellen Cokoon-Tauchlösung [2] verglichen.

### Fakten für die Konstruktion

- RFL-freie Haftvermittler ermöglichen hohe Haftfestigkeiten ohne Resorcinol, Formaldehyd und Isocyanate.

### Fakten für die Produktion

- Pre-Dip und lösemittelhaltige Vorfixierungen können entfallen. Dadurch lässt sich die Prozesskette vereinfachen und die Exposition gegenüber kritischen Stoffen reduzieren.

### Fakten für das Qualitätsmanagement

- Die Formulierungen verzichten auf Resorcinol, Formaldehyd, Isocyanate und Lösemittel und unterstützen damit steigende Anforderungen an Stoff- und Emissionssicherheit.

Die untersuchten eigenen Haftvermittler [3] basieren auf einer wässrigen Ionomer-Dispersion, einem multifunktionalen Acrylatmonomer und einem Tensid. Je nach Formulierung wurden zusätzlich wässrige Dispersionen oder ein Peroxid eingesetzt. Während die Dispersionen insbesondere zur Erzeugung einer leichten Dauerklebrigkeit beitragen können, dient das Peroxid der beschleunigten Vernetzung bei kurzen Vulkanisationszeiten. Um den Einfluss der Formulierung systematisch zu untersuchen, wurden sechs Varianten entwickelt und unter identischen Bedingungen geprüft. Die Haftvermittler-Dispersionen wurden soweit mit Wasser verdünnt, dass nach dem Imprägnieren der Polyesterkords diese eine Imprägnierung von  $250 \pm 40$  mg / Laufmeter Trockengewicht aufwiesen. Die Haftvermittler 1 bis 3 ergaben leicht klebrige Kords, die Haftvermittler 4 bis 6 trockene. Die RFL-Lösung und die Cokoon-Tauchlösung wurden wie in der Literatur angegeben aufgebracht. Anschließend wurden die imprägnierten Kords in einen peroxidvernetzenden EPDM-Kautschuk eingebettet. Die Vulkanisation der Prüfkörper erfolgte bei 160 °C während 30 min bei einem Druck von 35 bar.

Die Auszugsfestigkeit wurde sowohl bei 20 °C als auch bei 120 °C bestimmt. Während 20 °C die Haftung unter Standardbedingungen beschreibt, simuliert die Prüfung bei 120 °C typische Dauergebrauchstemperaturen. Sie erlaubt zudem eine Unterscheidung zwischen rein thermoplastischen Haftvermittlern und Systemen, die vor oder während der Vulkanisation chemisch vernetzen.

Erwartungsgemäß erreicht das etablierte RFL-System weiterhin die höchsten Auszugskräfte. Bemerkenswert ist jedoch, dass mehrere der neu entwickelten Haftvermittler bereits heute Werte erreichen, die zwischen RFL und dem kommerziell verfügbaren Cokoon-System liegen. Damit wird deutlich, dass ein vollständig RFL- und Isocyanat-freier Ansatz technisch realisierbar ist. Besonders interessant ist das Verhalten bei 120 °C. Mehrere Formulierungen von Collano behalten einen deutlich größeren Anteil ihrer Haftfestigkeit als das Cokoon-System. Dies weist darauf hin, dass die Vernetzung während der Vulkanisation erfolgreich erfolgt und die Haftvermittlung auch unter erhöhten Einsatztemperaturen erhalten bleibt.

### Fazit und Ausblick

Die Ergebnisse zeigen, dass vollständig RFL- und Isocyanat-freie Haftvermittlersysteme heute technisch realisierbar sind. Neben dem Verzicht auf Resorcinol, Formaldehyd und Isocyanate eröffnen sich zusätzliche Potenziale zur Vereinfachung der Prozesskette, beispielsweise durch den Wegfall eines Pre-Dips oder eine lösemittelfreie Vorfixierung textiler Verstärkungen. Damit geht der vorgestellte Ansatz über einen reinen Stoffersatz hinaus und schafft neben verbessertem Umwelt- und Arbeitsschutz einen konkreten Mehrwert für industrielle Anwendungen.

Die Entwicklung ist nicht abgeschlossen. Gummi ist kein einheitlicher Stoff, sondern umfasst eine weite Palette von Kautschuktypen, Füllstoffen und Vulkanisationssystemen. Lag der Fokus der initialen Entwicklungsarbeit auf peroxidvernetzendem EPDM-Gummi, so haben erste Versuche gezeigt, dass die Schwefelvulkanisation und unterschiedliche Gummitypen Anpassungen an die Formulierung erfordern. Es gilt jeweils, die chemische Kompatibilität und die unterschiedlichen Vulkanisationsparameter in Einklang zu bringen, ohne an der Haftvermittlung Kompromisse eingehen zu müssen.

#### Literatur

- [1]: A. Louis et al., KGK, 03-2016, S. 30ff, Tabelle 2  
 [2]: S. Bas et al., US10145034B2, Tabelle 1  
 [3]: P. Frei et al., Patent angemeldet (EP Anmeldenummer 25182543.6)



Leistungsvergleich verschiedener Haftvermittlersysteme und Untersuchungsergebnisse