



### Mit Sicherheit nachhaltig Die nächste Generation der flammenlosen Druckentlastung

#### Den Kreislauf in Schwung bringen

Potenziale für die  
Chemieindustrie in der  
Kreislaufwirtschaft

S. 24

#### Eine Bioraffinerie für die Kreislaufwirtschaft

Grüner Wasserstoff und  
organische Grundstoffe aus  
Reststoffen

S. 34

#### Delaminierung von Talksuspensionen

Herstellung von Talk  
mit hohem  
Aspektverhältnis

S. 46



An den meisten Veranstaltungen  
können Sie auch online über  
unseren digitalen Campus  
teilnehmen!



## SEMINARE & TAGUNGEN

# VERFAHRENSTECHNIK

### **Der Betriebsleiter in der chemischen – und Prozessindustrie**

04. - 08.11.24 in Essen  
02. - 06.06.25 in Timmendorfer Strand

### **Basiswissen Chemie für Kaufleute und Techniker**

04. - 06.11.24 in Essen  
31.03. - 02.04.25 in Augsburg

### **Anwendung der Druckgeräterichtlinie (DGRL)**

04. - 05.11.24 in Essen  
15. - 16.05.25 in Essen

### **Gefahrstoffbeauftragter**

05. - 06.11.24 in Bad Oeynhausen  
20. - 21.05.25 in Essen

### **Sicherer Betrieb von Anlagen – Betreiberverantwortung und Anlagendokumentation**

06. - 07.11.24 in Essen  
18. - 19.02.25 in Essen

### **Rohrleitungen nach EN 13480 – Allgemeine Anforderungen, Werkstoffe, Fertigung und Prüfung**

06. - 07.11.24 in Essen  
24. - 25.06.25 in Essen

### **Sieben und Siebmaschinen**

07. - 08.11.24 in Essen  
11.06.25 in Essen

### **Rohrleitungsplanung für Industrie- und Chemieanlagen**

14. - 15.11.24 in Berlin  
10. - 11.04.25 in Essen

### **Misch- und Rührtechnik in Theorie und Praxis**

21. - 22.11.24 in Essen

### **Lagerung von Gefahrstoffen**

21. - 22.11.24 in Bad Oeynhausen  
21. - 22.05.25 in Essen

### **Ausbildung zum Explosionsschutzbeauftragten**

26. - 29.11.24 in Essen  
28. - 31.01.25 in Essen  
13. - 16.05.25 in Essen

### **1 x 1 der Verfahrenstechnik**

26. - 28.11.24 in Berlin  
01. - 03.04.25 in Essen

### **Planung und Auslegung von Rohrleitungen mit Regelventilen und Pumpen**

27. - 28.11.24 in Essen

### **Verfahrenstechnische Fließbilder**

29.11.24 in Berlin  
04.04.25 in Essen

### **Baustellenmanagement im Anlagenbau – von der Montage-Planung bis zur Fertigstellung**

03. - 04.12.24 in Essen  
02. - 03.06.25 in Timmendorfer Strand

### **Kompaktseminar Prozessmesstechnik in der Verfahrenstechnik**

05. - 06.12.24 in Essen

IHR ANSPRECHPARTNER:

**Dipl.-Ing. Kai Brommann**

Leiter Fachbereich Chemie –

Brandschutz – Verfahrenstechnik

Telefon: +49 (0)201 1803-251

E-Mail: fb5@hdt.de



# Kooperation über Fachgebiete hinweg

Ohne Zweifel ist die Kreislaufwirtschaft der richtige Weg, um nachhaltiger mit den begrenzten Ressourcen der Erde umzugehen. Dazu kommen biotechnologische und chemische Verfahren nicht nur bei der Aufbereitung von Produkten zum Einsatz, sondern können bereits in der Produktkonzeption einen wertvollen Beitrag leisten, wie Katja Wendler und Dr. Kathrin Rübberdt, beide von der Dechema, im Fokusartikel zum Dechema-Statuspapier „Circular Economy“ ab Seite 24 beschreiben. Welche Technologien für welche Abfallströme am besten geeignet sind und wie die Umweltauswirkungen zu bewerten sind, können Expertinnen und Experten vom 20. bis 21. November auf der Advanced Recycling Conference in Köln diskutieren (S. 28).



Etwina Gandert  
Chefredakteurin

Wie Kreislaufwirtschaft in die Praxis umgesetzt wird, schildern zahlreiche Autoren in dieser Ausgabe. So erfahren Sie bspw., wie Klärschlammasche zur nachhaltigen Phosphorgewinnung beiträgt, wie grüner Wasserstoff und organische Grundstoffe aus industriellen Reststoffen gewonnen werden können, wie das effiziente Recycling von Batterien verfahrens- und anlagentechnisch umgesetzt wird und wie nachhaltige Werkstoffe in der Dichtungstechnik zum Einsatz kommen.

Nachhaltigkeit ist heute mehr als nur ein Werbebegriff – sie kann echte Wettbewerbsvorteile schaffen. Dazu gehören eine verbesserte Markenreputation und stärkere Kundenbindung, Kostensenkungen durch ressourcenschonende Prozesse, Risikominimierung durch die Berücksichtigung von Umwelt- und Sozialrisiken in Geschäftsmodellen sowie Innovation und Differenzierung, da Nachhaltigkeit oft neue Entwicklungen vorantreibt. Dies bestätigt auch Sven Wilken von Klinger Germany im Interview (S. 22), in dem er erläutert, wie das Unternehmen einen hohen Anteil erneuerbarer Rohstoffe in seinen neuen Dichtungsplatten verwendet, um den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck zu senken. Das Erfüllen der Berichtspflichten und der Sustainable Development Goals (SDGs) ist mittlerweile kein Selbstzweck mehr, sondern essenziell für das Fortbestehen von Unternehmen, wie Rainer Semmler von TÜV Süd den Teilnehmern des Erfahrungsaustausches der Interessengemeinschaft Regelwerke Technik (IGR) Anfang September erklärte. Eine transparente Verifizierung und Darstellung, bspw. des CO<sub>2</sub>-Footprints pro Tonne Produkt, stellt einen Schlüssel zu grünen Sonderkreditprogrammen dar. Die IGR lädt alle zwei Jahre zum Erfahrungsaustausch ein und Dr. Werner Sievers, Vorsitzender der IGR, betonte zur Eröffnung: „Nur durch intensive Zusammenarbeit und den Austausch von Know-how können wir wettbewerbsfähig bleiben und den globalen Technologiewandel meistern.“

Zusammenarbeit über die Grenzen des eigenen Fachgebiets und Unternehmens hinaus kann Innovationen vorantreiben. – Es lohnt sich über den Tellerrand zu schauen, z.B. im Aufsatz von Nathalie Wagner ab Seite 18, in dem die VDMA-Referentin darlegt, wie es um die biointelligente Wertschöpfung in Deutschland steht. Sie sagt: „Technologische Revolutionen kamen selten von oben, sondern häufig aus den innovativen Köpfen mutiger Vordenker.“

Ich wünsche Ihnen eine spannende Lektüre und freue mich auf Ihre Rückmeldungen zu unseren Themen.

Viele Grüße

Etwina Gandert

etwina.gandert@wiley.com

Wiley Online Library



**Findeva**<sup>®</sup>  
Quality in vibrators

**Serie FPK**

Die Innovation:  
Hochfrequenz-  
Klopfer und  
Vibrator in einem

**FPK: Der Hybrid.  
Schneller als Klopfer,  
stärker als Linear-  
Vibratoren.**



Findeva AG

[www.findeva.com](http://www.findeva.com)

Pneumatische Vibratoren für die Industrie  
Loostrasse 2, CH-8461 Oerlingen,  
Schweiz. Tel. +41 (0)52 305 47 57  
Mail: [info@findeva.com](mailto:info@findeva.com).

Deutschland: [www.aldak.de](http://www.aldak.de).  
Mail: [alsbach@aldak.de](mailto:alsbach@aldak.de)

16

# Mit Sicherheit nachhaltig

## Die nächste Generation der flammenlosen Druckentlastung

Als Weiterentwicklung der flammenlosen Explosionsdruckentlastung stellt Rembe die neue Q-Box R3leaf vor. Die Produktlinie der flammenlosen Explosionsdruckentlastungen wurde hinsichtlich Effektivität und Nachhaltigkeit in der Produktion und in der Logistik optimiert, um den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck zu senken.

REMBE GmbH Safety+Control, Brilon  
Tel.: +49 2961 7405-0 · hello@rembe.de · www.rembe.de

41

# Pulver und Partikel – kleine Teilchen, große Effekte

©Foratice - stock.adobe.com

### KOMPAKT

- 6 Wirtschaft + Produktion
- 9 Personalia
- 10 Forschung + Entwicklung
- 11 Termine
- 12 Den Dialog von Wissenschaft und Industrie fördern  
Dr. K. Rübberdt, Dechema

### TITELSTORY

- 16 Mit Sicherheit nachhaltig  
Die nächste Generation der flammenlosen Druckentlastung  
T. Basler, Rembe

### ANLAGEN | APPARATE | KOMPONENTEN

- 18 „Bio? Mach ich nicht!“  
1 Warum Biointelligenz die deutsche Prozesstechnik betrifft  
N. Wagner, VDMA
- 22 Innovatives und umweltfreundliches Dichtungsmaterial  
Klinger Gaja – ein bahnbrechender Fortschritt in der Dichtungstechnik  
Interview mit Sven Wilken, Klinger
- 20 Produkte  
von Ekato, EiringKlinger, REA, Ruwac

### FOKUSTHEMA KREISLAUFWIRTSCHAFT

- 24 Den Kreislauf in Schwung bringen  
Ein aktuelles Dechema-Statuspapier stellt den Bezug zwischen Circular Economy und chemischer Technik her.  
Dr. K. Rübberdt und K. Wendler, Dechema
- 28 Die Zukunft des Recyclings gestalten  
Recyclingsektor unter Entwicklungsdruck – von PVC- und Textil-Recycling bis hin zu technischen Thermoplasten und digitalen Lösungen  
Dr. L. Krause, Nova-Institut

**THERMISCHE UND CHEMISCHE VERFAHREN I WERKSTOFFE UND GASE**

- 30 Die Phosphorressourcen der Zukunft**  
Wie Klärschlammasche zur nachhaltigen Phosphorgewinnung beiträgt  
T. Lamsdorf, Maschinenfabrik Gustav Eirich
- 34 Eine Bioraffinerie für die Kreislaufwirtschaft von industriellen Reststoffströmen**  
SmartBioH2-BW – grüner Wasserstoff und organische Grundstoffe aus Reststoffen in Rheinfelden
- 37 Die Dosis macht die Qualität**  
Dosierpumpen für optimale Produktionsparameter in der Batterieproduktion
- 38 Effizientes Recycling von Lithiumbatterien**  
Engineering und Bau von Batterierecyclinganlagen  
P. Niggemann, GEA
- 33, 40 Produkte**  
von Afriso, Asepto, Flexicon, Ganter und Steute

**SONDERTEIL SCHÜTTGUT**

- 42 Carbon Black sicher verpacken**  
Effizienter Verpackungsprozess von Rußen für Batterien
- 44 Zerkleinerungstechnik als Qualitätsfaktor**  
Einsatz in Materialforschung und Recycling  
H. Brecht, Fritsch
- 46 Delaminierung von Talksuspensionen**  
Herstellung von Talk mit hohem Aspektverhältnis  
Dr.-Ing. F. Wolff Fabris, Europäisches Zentrum für Dispersionstechnologien (EZD)  
Dr. W. Schober, Schoconsult  
Dr. A. Leuteritz, und Dr.-Ing. I. Kühnert, Leibniz-Institut für Polymerforschung
- 45, 49 Produkte**  
von RCT Reichelt, Vega und Wolftechnik
- 50 Bezugsquellenverzeichnis**
- 51 Index/Impressum**

- Messtechnik**
- Steuerungstechnik**
- Regeltechnik**
- Automatisierungstechnik**
- Prozessleitsysteme**



**Bochum**

**30.10.**

**RuhrCongress Bochum**  
Stadionring 20  
44791 Bochum



**Regionale Fachmesse**

**Kostenlos registrieren**



**CITplus**

Die Beiträge, die in CITplus veröffentlicht werden, sind auch in der Wiley Online Library (WOL) abrufbar. Dafür wird jeder Artikel mit einem dauerhaften digitalen Identifikator ausgezeichnet, dem Digital Object Identifier (DOI).

Scannen Sie den QR-Code oder klicken Sie im PDF einfach darauf.

**Wiley Online Library**

**Beilagen**

Bitte beachten Sie die Beilagen von RCT Reichelt Chemietechnik und Meorga.



**Willkommen im Wissenszeitalter**

Wiley pflegt seine 200-jährige Tradition durch Partnerschaften mit Universitäten, Unternehmen, Forschungs-einrichtungen, Gesellschaften und Einzelpersonen, um digitale Inhalte, Lernmittel, Prüfungs- und Zertifizierungsmittel zu entwickeln. Auch in Zukunft wird Wiley weiterhin Anteil an den Herausforderungen der Zukunft haben und Antworten geben, die Sie bei Ihrer Aufgabe weiterbringen.



## Neues Kompetenzzentrum im Chemiepark Marl



© Jürgen Allies, Eronik

Dominic Bauchrowitz, Andreas Orwat, Thomas Basten, Andreas Heidinger und Martin Winkelhagen (v.l.n.r.) durchtrennen das symbolische Einweihungsband der Safety Street.

Am 5. September fand die Einweihung der Safety Street im Chemiepark Marl statt. Neben Standortleiter Thomas Basten und Andreas Orwat waren rund 80 Gäste zum Auftakt ins Gebäude 162 geladen und konnten sich ein eigenes Bild davon machen, was dort von der Abteilung Arbeitssicherheit auf die Beine gestellt wurde.

Thomas Basten, Andreas Orwat, Projektleiter Andreas Heidinger, Martin Winkelhagen, Leiter der Arbeitssicherheit, und Dominic Bauchrowitz als Vertreter der Betriebsräte des Gemeinschaftsbetriebs Marl, durchtrennten das rote Einweihungsband und eröffneten offiziell die Safety Street im Chemiepark Marl. „Ich freue mich sehr, dass diese tolle Einrichtung auch in wirtschaftlich schwierigen Zeiten mit viel Eigenleistung, breiter Unterstützung durch die Standortgesellschaften und durch persönlichen Einsatz, insbesondere von Herrn Heidinger, welcher das Projekt leitete, geschaffen werden konnte. Ebenso, dass sie fortan allen Standortgesellschaften zur Verfügung steht“, lobte Standortleiter Basten die Projektumsetzung. „Ich hoffe, dass wir die Sicherheitskultur im Chemiepark Marl hierüber besser vermitteln können und in Bezug auf die Sicherheitsstandards zukünftig noch einheitlicher auftreten.“

Martin Winkelhagen, Leiter der Arbeitssicherheit, begrüßte die Gäste und erklärte den Zweck der Safety Street: „Wir möchten die Safety Street zum Zentrum für Arbeitsschutz im Chemiepark entwickeln. Hier können Seminare, Workshops, Schulungen und Unterweisungen zu verschiedenen Arbeitsschutzthemen besucht werden.“ Das Konzept der Safety Street ermöglicht es Mitarbeitenden, unter realistischen Bedingungen Gefahren der Arbeitswelt kennenzulernen und Schutzmaßnahmen zu üben. In dem 420 m<sup>2</sup> großen Kompetenzzentrum sind verschiedene Arbeitsschutzthemen didaktisch aufbereitet. [www.chemiepark-marl.de](http://www.chemiepark-marl.de)

## MSR-Spezialmesse in Bochum



Die Meorga veranstaltet am 30. Oktober 2024 im RuhrCongress in Bochum eine Fachmesse für Mess-, Steuerungs- und Regeltechnik, Prozessleitsysteme und Automatisierungstechnik. Hier zeigen ca. 150 Fachfirmen ihr Leistungsspektrum, Geräte und Systeme, Engineering- und Serviceleistungen sowie neue Trends im Bereich der Automatisierung. Darüber hinaus können sich die Besucher in 36 praxisnahen Fachvorträgen umfassend über den aktuellen Stand der MSR-Technik informieren. Auf den Ständen sind die jeweiligen regionalen Ansprechpartner vertreten, welche den größten Wert auf das lösungsorientierte Fachgespräch in einer professionellen und serviceorientierten Messeatmosphäre legen. Dabei werden nicht nur neue Kundenkontakte aufgebaut, sondern auch bestehende gepflegt. Die Messe wendet sich an Fachleute und Entscheidungsträger, die in ihren Unternehmen für die Optimierung der Geschäfts- und Produktionsprozesse entlang der gesamten Wertschöpfungskette verantwortlich sind. Der Eintritt zur Messe und die Teilnahme an den Fachvorträgen sind für die Besucher kostenlos und sollen ihnen Informationen und interessante Gespräche ohne Hektik und Zeitdruck ermöglichen. Die erforderliche Besucherregistrierung erfolgt über unsere Internetseite. Hier wird dann der Besucherausweis mit QR-Code zur Verfügung gestellt, der zum kostenfreien Eintritt berechtigt. <https://anmeldungen.meorga.de/anmeldung-bochum>

## Produktionsanlage für Elektrolyt-Lösungen in Kaiserslautern eröffnet

E-Lyte in Kaiserslautern hat die erste deutsche Produktionsanlage für Elektrolyt-Lösungen in Deutschland eröffnet. Mit einem Produktionsvolumen von bis zu 20.000 t/a Elektrolyt setzt man einen bedeutenden Meilenstein in der Herstellung von Hochleistungs-Elektrolyten für Lithium-Ionen-Batterien, Natrium-Ionen-Batterien und Superkondensatoren. Die Produktionsanlage der E-Lyte ist nicht nur eine der modernsten ihrer Art, sondern revolutioniert auch den Prozess der Elektrolytherstellung. Traditionelle Verfahren im Elektrolytmarkt erfordern aufwändige manuelle Schritte, wie das Einfüllen von Feststoffen in den Rührkessel. Diese Prozesse sind nicht nur ineffizienter, sondern führen auch zu starker Staubbildung und in der Folge zu hohen Reinigungsaufwänden. Das Unternehmen hat diese Herausforderungen erkannt und eine hochautomatisierte Anlage entwickelt, die die Rohstoffzufuhr präzise und sauber steuert. Dank

dieses effizienten Systems werden signifikant weniger Lösungsmittel und Stickstoff für die Reinigung benötigt, was nicht nur die Produktionskosten, sondern auch den entstehenden Abfall erheblich reduziert. Dies macht den gesamten Prozess nachhaltiger und umweltfreundlicher – ein Grund, warum der Aufbau der Anlage durch das Umweltinnovationsprogramm in Deutschland gefördert wurde. Ursprünglich als Anlage zum Herstellen von hochspezialisierten Elektrolyten für Premiumprodukte, wie etwa Supersportwagen und Medizintechnikprodukte, konzipiert, hat E-Lyte schnell erkannt, dass die Effizienz und der hohe Automatisierungsgrad des neuen Produktionsprozesses das Unternehmen in die Lage versetzt, auch im Massenmarkt für Elektrolyte wettbewerbsfähig zu agieren. Dies eröffnet neue Wachstumschancen, insbesondere im Bereich der Großkunden im Automotive-Sektor. <https://e-lyte.de/>

## Automatisierungsarchitektur der nächsten Generation

Die NAMUR Hauptsitzung 2024 findet am 21. und 22. November in Neuss statt mit Emerson als Sponsor und dem Thema „Boundless Automation for Ecosystems in Action“. Die künftige Automatisierungsarchitektur wird das intelligente Feld, den Edge-Bereich und das Cloud-Computing mithilfe offener Standards und Protokolle, wie z.B. Ethernet-APL (Advanced Physical Layer), Profinet, OPC-UA, WirelessHart, 5G u.a., über eine einheitliche Datenstruktur verbinden. Dieser Ansatz wird es Unternehmen ermöglichen, Silos von Produktions-, Nachhaltigkeits-, Zuverlässigkeits- und Sicherheitsdaten aufzulösen, um durch leistungsstarke Analyse- und Optimierungssoftware maximalen Wert zu schaffen.

Peter Zornio, Chief Technology Officer bei Emerson, wird in seiner Keynote-Präsentation aufzeigen, wie Emersons Boundless Automation Strategie mit den Konzepten und Empfehlungen der NAMUR übereinstimmt und Prozessanlagen dabei unterstützt, ihr volles Potenzial auszuschöpfen. Gegenüber CHEManager erläutert er: „Boundless Automation“ ist unser Begriff für das, was wir als zukünftige Architektur der Produktionstechnologie, also der OT, sehen – intelligente Feldgeräte, Automatisierungssoftware, Optimierungssoftware und die Rechen- und Datenarchitektur, die sich miteinander vereinigen werden. Und wir betrachten alle funktionalen Elemente des Betriebs: die Automatisierung der Prozesse, Geräte zur Kosten- und Produktionsoptimierung, aber auch die Art und Weise, wie Sensorik, Daten und Anwendungen in einer Architektur zusammengeführt werden. Mit Vorträgen führender Vertreter der Prozessindustrie wird die NAMUR die Teilnehmer über die Herausforderungen und Best Practices bei der Anwendung moderner Automatisierungsarchitekturen, Technologien und Software informieren. „Die NAMUR-Hauptsitzung bietet Branchenführern eine Plattform, um sich über die neuesten Entwicklungen in der Automatisierungstechnik

zu informieren und zu erfahren, wie sie diese Fortschritte zur Verbesserung von Effizienz, Zuverlässigkeit, Sicherheit und Nachhaltigkeit einsetzen können“, sagt NAMUR-Vorstandsvorsitzender Felix Hanisch. „Wir begrüßen Emerson als Sponsor unserer Veranstaltung.“ John Nita, Präsident von Emerson in Europa konstatiert: „Die Modernisierung von Betriebsabläufen wird durch die Grenzen der heutigen Automatisierungsarchitekturen

eingeschränkt. Durch die Konvergenz von reichhaltigen Daten und leistungsfähiger Software setzt Boundless Automation Daten frei, um die Kraft der Software zu entfesseln und Herstellern zu helfen, ein noch nie dagewesenes Leistungsniveau zu erreichen.“ Workshops und Ausstellungen konzentrieren sich auf Themen wie die Implementierung einer modernen Automatisierungsarchitektur mit NAMUR Open Architecture (NOA)

und Module Type Package (MTP), Steigerung der Anlagenzuverlässigkeit mit innovativer Sensortechnologie, Asset Management Systemen (AMS) und Maschinenzustandssoftware, Maximierung der Investitionsrendite durch „Born Digital“- und Projektsicherheitsansätze oder den Einsatz von KI-fähiger Industriesoftware für einen ferngesteuerten und autonomen Betrieb. (voe)

[www.namur.de](http://www.namur.de)

Driving the world

**SEW**  
EURODRIVE

## Standard neu definiert



### Standardumrichter MOVITRAC® advanced

Der kompakte Allrounder passt sich mit seinem skalierbaren Funktionspaket ideal an Ihre Ansprüche an und eröffnet so viele Einsatzmöglichkeiten.

Ihre Vorteile auf einen Blick:

- Sie sparen Zeit: Auto-Inbetriebnahme in wenigen Sekunden
- Sie vermeiden Fehler: durchgängig steckbare Einkabeltechnik
- Sie sind flexibel: Regelung von Asynchron- und Synchronmotoren ohne/mit Geber
- Sie bleiben offen: Kommunikation mit gängigen Steuerungssystemen



[www.sew-eurodrive.de/movitrac-advanced](http://www.sew-eurodrive.de/movitrac-advanced)

## Wacker erprobt CO<sub>2</sub>-Abscheidung aus Silicium-Produktion in Norwegen

Wacker ist es gelungen, bei der Produktion von Silicium entstehendes Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) abzuscheiden. Das Projekt wurde mit der Technologie und dem Know-how des norwegischen Joint Ventures von SLB und Aker Carbon Capture (SLB-ACC JV) umgesetzt. Das Abscheidungsverfahren wurde am norwegischen Produktionsstandort in Holla getestet, wo Wacker aus Quarz und Kohlenstoff Silicium für seine Siliconprodukte herstellt. Bei dieser Reaktion entsteht ein großer Teil der für Wacker und seine Produkte relevanten CO<sub>2</sub>-Emissionen. Durch den nun erprobten Abscheideprozess wird das Treibhausgas wieder nutz- bzw. speicherbar gemacht und nicht freigesetzt. Ein wichtiger Schritt hin zu einer Net-Zero-Chemieproduktion. SLB-ACC JV ist spezialisiert darauf, CO<sub>2</sub> aus Abgasen industrieller Großprozesse abzuscheiden, inklusive sogenanntes „unvermeidbares“ CO<sub>2</sub>. Dieses entsteht zum Beispiel bei der Herstellung von Rohsilicium. Wacker stellt diesen wichtigen Rohstoff an seinem Standort in Holla her – als Basis für Mikrochips, Solarmodule und für die gesamte Bandbreite an Siliconen. Die mobile Versuchsanlage (MTU) von SLB ACC JV wurde am Standort von Wacker in Holla installiert. Die MTU ist eine komplette CO<sub>2</sub>-Abscheidungsanlage in kleinem Maßstab. Das bei der Herstellung von Silicium entstehende Abgas gelangte über eine Leitung direkt in die Pilotanlage. Dort wurde nach dem chemischen Verfahren der Aminwäsche Kohlenstoffdioxid abgeschieden. Bei der Aminwäsche löst eine aminhaltige Waschflüssigkeit gezielt den Rohstoff CO<sub>2</sub> aus dem Gasgemisch heraus. Im großindustriellen Prozess wird das CO<sub>2</sub> danach durch Desorption von der Flüssigkeit getrennt, abgekühlt, unter Druck verflüssigt und gereinigt.

Die Testkampagne wurde Ende Juni erfolgreich abgeschlossen. Abscheideraten von über 95 % wurden erreicht. Darüber hinaus wurden die Prozessparameter eingehend untersucht und validiert. Damit



© Wacker

gewann das Projektteam wichtige Informationen für die großtechnische Umsetzung. Parallel dazu lief bei Wacker und SLB-ACC JV eine ingenieurtechnische Machbarkeitsstudie. Darin wurde ein Anlagenaufbau entworfen, der ein CO<sub>2</sub>-Abscheidevolumen von jährlich 180.000 t vorsieht. Diese Berechnungen wurden nun um die aus der Praxis gewonnenen Daten ergänzt. „Die Ergebnisse der Pilotstudie sind für uns ein großer Erfolg. Wir haben gezeigt, dass es mit dieser Technologie möglich ist, CO<sub>2</sub> effektiv abzuscheiden“, sagt Wacker-Vorstandsvorsitzender Christian Hartel. „Was wir jetzt brauchen, sind Kunden, die uns das CO<sub>2</sub> abnehmen, und ein regulatorischer Rahmen, der es für uns zu einem Business Case macht“, so Hartel weiter.

[www.wacker.com](http://www.wacker.com)

## Wahl des VCI-Präsidenten und des Präsidiums

Im September haben die Mitglieder des VCI das Präsidium neu gewählt. Dr. Markus Steilemann, der Vorstandsvorsitzende der Covestro, wurde im Amt bestätigt. Neu im Präsidium ist Dr. Markus Kamieth von der BASF als Vizepräsident des VCI. VCI-Hauptgeschäftsführer Wolfgang Große Entrup bedankte sich bei Präsident Markus Steilemann, den Vizepräsidenten und weiteren Präsidiumsmitgliedern für die Bereitschaft, sich in der kommenden Amtsperiode im Verband der Chemischen Industrie für die Branche zu engagieren. „Es geht um sehr viel. Es geht um eine gute Zukunft. Nicht nur für unsere Industrie, sondern für das ganze Land. Eine starke Wirtschaft ist Teil eines soliden Fundaments des Staates und unserer Gesellschaft. Deshalb werden wir uns weiterhin mit ganzer Kraft dafür engagieren, eine starke Stimme für die Wirtschaft in Deutschland und Europa zu sein. Ich danke den Mitgliedern unseres Präsidiums für ihren Einsatz, vor allem unserem wiedergewählten Präsidenten Markus Steilemann. Ihr Ehrenamt ist in diesen schwierigen Tagen, Wochen und Monaten keinesfalls selbstverständlich.“

Als Mitglieder des Präsidiums wurden für weitere zwei Jahre in das Leitungsgremium des Verbandes wiedergewählt: Hubertus von Baumbach (C.H. Boehringer Sohn), Dr. Christian Kohlpaintner (Brenntag), Christian Kullmann (Evonik) und Matthias Zachert (Lanxess). Dem Präsidium gehören weiterhin an: Bill Anderson (Bayer), Martin Babilas (Altana), Reinhold von Eben-Worlée (Worlée-Chemie), Dr. Henrik Follmann (Follmann Chemie), Belén Garijo (Merck), Dr. Wolfgang Große Entrup (VCI), Dr. Christian Hartel (Wacker Chemie), Sabine Herold (Delo Industrie Klebstoffe) und Julia Schlenz (Dow Deutschland).

[www.vci.de](http://www.vci.de)

## Trauer um Sebastian Zeck

Dechema und VDI-GVC trauern um Sebastian Zeck, der am 2. September 2024 bei einem Verkehrsunfall ums Leben gekommen ist. Über viele Jahre engagierte sich Sebastian Zeck für die Belange der Verfahrenstechnik; für seinen Einsatz zur Unterstützung der Betriebsingenieure erhielt er 2015 die Ehrenplakette des VDI. Nach seiner langjährigen beruflichen Laufbahn bei der BASF übernahm Sebastian Zeck 2016 die Geschäftsstellenleitung der Industrieinitiative Wanted Technologies. Wanted Technologies unterstützt seit 2010 die Dechema/VDI-Fachsektion Fluidodynamik und Trenntechnik bei der Definition und Entwicklung von Forschungsprojekten. Sebastian Zeck war kompetenter Ansprechpartner, Koordinator, Moderator und Kümmerer für alle Akteure und die Projektteams von der Ideenfindung über Formulierung der Projektziele und -inhalte bis zum genehmigungsreifen Projektantrag. Durch sein Engagement konnte eine Vielzahl von Vorhaben erfolgreich auf dem Weg gebracht werden. Wir werden ihm ein ehrendes Andenken bewahren.



© Dechema/VDI



### Dechema-Medaille für Thomas Hirth und Roland Ulber

Im Rahmen des Dechema Forums in Friedrichshafen wurden am 11. September 2024 zwei Persönlichkeiten für ihre Verdienste um die Belange der Dechema mit der Dechema-Medaille ausgezeichnet.

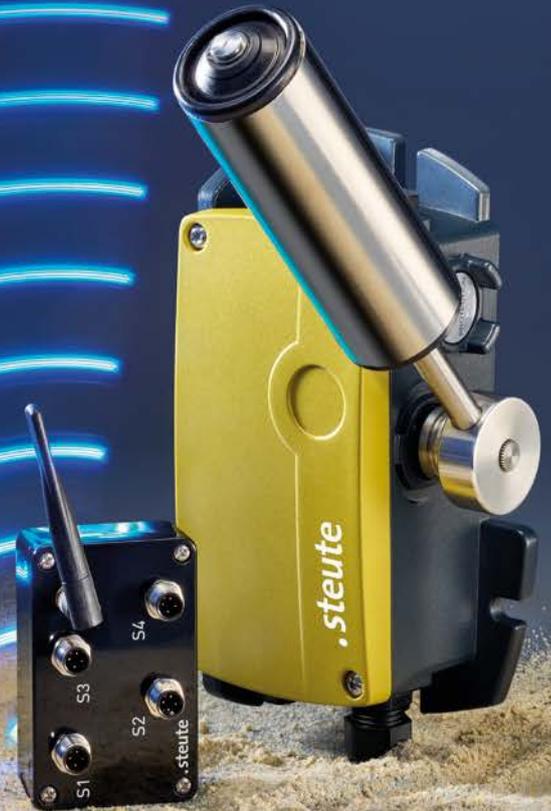
Professor Dr. Thomas Hirth vom Karlsruher Institut für Technologie – KIT, Karlsruhe, wurde für sein außerordentliches über viele Jahre andauerndes Engagement als Vorsitzender von ProcessNet, der deutschen Plattform für Verfahrenstechnik, geehrt. Neben der Gestaltung und Leitung des ProcessNet-Zukunftsprozesses, bei dem vor allem Themen mit gesellschaftlicher Relevanz im Vordergrund standen, hat er sich maßgeblich für eine enge Zusammenarbeit mit der Dechema-Fachgemeinschaft Biotechnologie sowie anderen relevanten Gremien und der Vernetzung mit weiteren Branchen der Prozessindustrie eingesetzt.

Professor Dr. Roland Ulber von der RPTU Kaiserslautern-Landau, Kaiserslautern, wurde für sein langjähriges und andauerndes Engagement in den Biotechnologie-Gremien der Dechema geehrt. Während seiner sechsjährigen Amtszeit als Vorsitzender des Lenkungskreises der Dechema-Fachgemeinschaft Biotechnologie hat er zahlreiche Aktivitäten angestoßen und Vorschläge für strategische Initiativen zu gremienübergreifenden Themen erarbeitet. Darüber hinaus hat er die Zusammenarbeit mit den ProcessNet-Gremien stark gefördert und gemeinsame Aktivitäten mit anderen Organisationen gestartet und gepflegt. Sein besonderes Augenmerk galt dabei immer der Aus- und Weiterbildung in der Biotechnologie.

Die Dechema-Medaille wurde 1951 anlässlich des 25-jährigen Bestehens der Dechema gestiftet. Sie wird an Personen vergeben, die sich entweder auf den Fachgebieten der Dechema oder im Rahmen ihres ehrenamtlichen Engagements um den Verein verdient gemacht haben.

[www.dechema.de](http://www.dechema.de)

## SAFE INDUSTRIAL AUTOMATION



# Heavy Duty trifft Wireless

Durch die Kombination des Bandschieflaufschalters ZS 92 SR mit dem Funk-Universalsender RF I/O ergeben sich neue Möglichkeiten für eine effiziente Überwachung von Förderbändern.

**SOLIDS 2024**  
Dortmund, Deutschland  
09.10.2024 - 10.10.2024  
Halle 5, Stand Q32



**.steute**

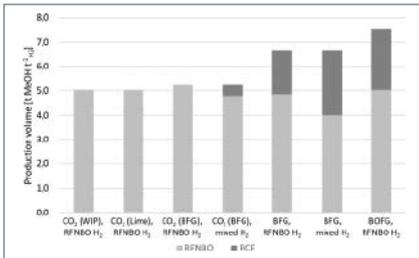
# WILEY Online Library

Aktuelle Veröffentlichungen in Chemie Ingenieur Technik 10/2024



onlinelibrary.wiley.com

## EU Regulatory Compliance of Renewable Fuels from Steel Mill Gases and Exhaust Gases



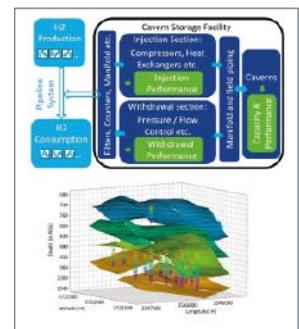
Research Article | The production of renewable and sustainable fuels must comply with the EU regulatory framework for the use of renewable energy in the transport sector. The utilization of steel mill gases and alternative CO<sub>2</sub> sources (waste incineration plants, lime industry) to produce renewable fuels of non-biological origin (RFNBOs) and recycled carbon fuels are attractive options as a high share of RFNBOs can be achieved with a significant reduction in greenhouse gas emissions compared to fossil fuel use.

Dr. Nils Tenhumberg, thyssenkrupp Uhde, Dortmund  
 nils.tenhumberg@thyssenkrupp.com, DOI: 10.1002/cite.202400023

## Integration of a Hydrogen Storage Cavern into the Carbon2Chem Project

Research Article | Underground salt caverns allow large hydrogen storage capacities at low specific costs. Such storage is required to balance fluctuating hydrogen supply and constant demand of large consumers as a methanol plant from the Carbon2Chem project. The geological and technical feasibility for developing up to 168 Mio. m<sup>3</sup> (n.c.) or 595 GWh of working gas capacity until 2040 at a location in the Lower Rhine Bay is described. Various options for realization as well as a novel process for cavern leaching parallel to hydrogen storage operation are evaluated. Further work is required including geological exploration and optimization of brine production.

Dr. Maurice Schlichtenmayer, ESK GmbH, Freiberg  
 maurice.schlichtenmayer@esk-projects.com, DOI: 10.1002/cite.202400038



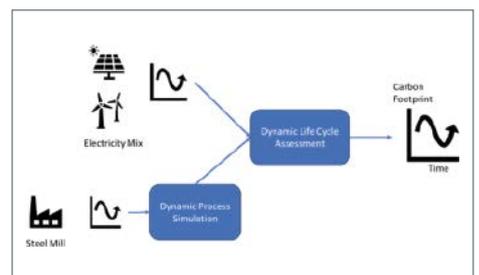
## Purification of Steel Mill Gases under Changing Feed Stock Conditions

Short Communication | The operation and results of a gas treatment pilot plant for the purification and conditioning of steel mill gases, a key element of the Carbon2Chem Technical Center in Duisburg, are presented. Using highly sensitive analytics, it is demonstrated that steel mill gas impurities which are detrimental to downstream catalytic conversion are reduced to single-digit ppb levels. Strategies for adapting the gas purification process to take account of the transformation of steelmaking towards direct reduction are discussed.

Dr. Karsten Büker, thyssenkrupp Uhde GmbH, Dortmund  
 karsten.bueker@thyssenkrupp.com, DOI: 10.1002/cite.202400031

## Dynamic Life Cycle Assessment of Integrated Production of Steel and Methanol

Research Article | The dynamic carbon footprint profile of methanol production from steel mill gases is affected by fluctuations of steel mill gas flow rates and compositions, as well as the composition of electricity mix. The cross-industrial network of steel mill, gas conditioning, hydrogen production, chemical synthesis, and power generation was simulated under dynamic conditions. Dynamic life cycle assessment (LCA) was carried out and indicated that the CO<sub>2</sub> emissions in a power plant, electrolytic hydrogen demand, and variations in electricity mix were the major drivers of the fluctuations in the total carbon footprint. Dynamic LCA is useful for quantifying temporal uncertainty in environmental impacts. This insight can be used to analyze uncertainty in impacts for downstream products, processes, and use cases.



Ankur Gaikwad, Fraunhofer Institute for Environmental, Safety and Energy Technology UMSICHT, Oberhausen  
 ankur.gaikwad@umsicht.fraunhofer.de, DOI: 10.1002/cite.202400030

## Oktober 2024

Neue Maschinenverordnung - Anforderungen und Umsetzung	29. Okt.	Frankfurt-Fechenheim	VDI-Betriebsingenieure Regionalgruppe Rhein-Main-Neckar, Manfred Dammann, <a href="http://www.vdi.de">www.vdi.de</a>
Dichtungssysteme für (kritische) Flanschverbindungen	30. Okt.	Burghausen	VDI-Betriebsingenieure Regionalgruppe Bayerisches Chemiedreieck, Michael Wasthuber, Andreas Beyer, <a href="http://www.vdi.de">www.vdi.de</a>
MSR-Spezialmesse Rhein-Ruhr	30. Okt.	Bochum	Meorga, <a href="mailto:info@meorga.de">info@meorga.de</a> , <a href="http://www.meorga.de">www.meorga.de</a>

## November 2024

Grundlagenkurs Emulsionstechnologie am Beispiel von Hautpflegeprodukten	6. – 14. Nov. (4 Tage, jeweils vormittags)	online	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), <a href="mailto:fb@gdch.de">fb@gdch.de</a> , <a href="http://www.gdch.de">www.gdch.de</a>
Reliability Engineering – Was ist das und welchen Nutzen bringt es?	6. Nov.	Norddeutschland	VDI-Betriebsingenieure Regionalgruppe Nord, <a href="http://www.vdi.de">www.vdi.de</a>
Moderne Rietveld-Analyse in der praktischen Übung	7. – 8. Nov.	Frankfurt/Main	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), <a href="mailto:fb@gdch.de">fb@gdch.de</a> , <a href="http://www.gdch.de">www.gdch.de</a>
Methodenvalidierungen in der Analytischen Chemie unter Berücksichtigung verschiedener QS-Systeme	8. Nov.	Frankfurt/Main	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), <a href="mailto:fb@gdch.de">fb@gdch.de</a> , <a href="http://www.gdch.de">www.gdch.de</a>
Pigmente – aktueller Stand	11. – 14. Nov.	Darmstadt	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), <a href="mailto:fb@gdch.de">fb@gdch.de</a> , <a href="http://www.gdch.de">www.gdch.de</a>
Filtech	12. – 14. Nov.	Köln	Kölnmesse, <a href="http://www.filtech.de">www.filtech.de</a>
SPS Smart Production Solutions	12. – 14. Nov.	Nürnberg	Messe Frankfurt/Mesago, <a href="http://www.sps.de">www.sps.de</a>
Störungsbedingte Stoff- und Energiefreisetzungen (Anerkannt als Weiterbildungskurs für Störfallbeauftragte im Sinne der 5. BImSchV)	13. – 14. Nov.	Frankfurt/Main	Dechema, <a href="mailto:kurse@dechema.de">kurse@dechema.de</a> , <a href="https://dechema-dfi.de/kurse.html">https://dechema-dfi.de/kurse.html</a>
Scale-up – Maßstabsvergrößerung verfahrenstechnischer Prozesse	18. – 19. Nov.	online	Dechema, <a href="mailto:kurse@dechema.de">kurse@dechema.de</a> , <a href="https://dechema-dfi.de/kurse.html">https://dechema-dfi.de/kurse.html</a>
Destillation	20. – 22. Nov.	Garching	GVT - Forschungs-Gesellschaft Verfahrens-Technik, <a href="mailto:gvt-hochschulkurse@gvt.org">gvt-hochschulkurse@gvt.org</a> , <a href="http://www.gvt.org.de">www.gvt.org.de</a>
NAMUR Hauptsitzung	21. Nov.	Neuss	NAMUR, Leverkusen, <a href="mailto:office@namur.de">office@namur.de</a> , <a href="http://www.namur.de">www.namur.de</a>
Aktuelle Trends der molekularbiologischen Lebensmittelanalytik	21. – 22. Nov.	Freiburg oder online	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), <a href="mailto:fb@gdch.de">fb@gdch.de</a> , <a href="http://www.gdch.de">www.gdch.de</a>
Grundkurs Gentechnikrecht (Staatlich anerkannte Fortbildungsveranstaltung für Projektleiter und BBS gemäß § 28 (5) GenTSV)	25. – 26. Nov.	online	Dechema, <a href="mailto:kurse@dechema.de">kurse@dechema.de</a> , <a href="https://dechema-dfi.de/kurse.html">https://dechema-dfi.de/kurse.html</a>
Zielgerichtete Bioprozessentwicklung	26. – 27. Nov.	online	Dechema, <a href="mailto:kurse@dechema.de">kurse@dechema.de</a> , <a href="https://dechema-dfi.de/kurse.html">https://dechema-dfi.de/kurse.html</a>
Training zum IO-Link Safety Certified Designer	26. – 28. Nov.	Karlsruhe	Profibus, <a href="http://www.io-link.com">www.io-link.com</a>
Entwicklung von Tensidprodukten für Haut und Haar, Anwenderkurs	27. Nov.	Frankfurt/Main	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), <a href="mailto:fb@gdch.de">fb@gdch.de</a> , <a href="http://www.gdch.de">www.gdch.de</a>
International Battery Production Conference	27. – 29. Nov.	Braunschweig	Battery LabFactory Braunschweig, TU Braunschweig, <a href="https://battery-production-conference.de/">https://battery-production-conference.de/</a> , <a href="mailto:info@battery-production-conference.de">info@battery-production-conference.de</a>
Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen	28. Nov.	Frankfurt/Main	Dechema, <a href="mailto:kurse@dechema.de">kurse@dechema.de</a> , <a href="https://dechema-dfi.de/kurse.html">https://dechema-dfi.de/kurse.html</a>
Einführung in die Betriebswirtschaftslehre für Chemiker (m/w/d)	28. – 29. Nov.	Münster	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), <a href="mailto:fb@gdch.de">fb@gdch.de</a> , <a href="http://www.gdch.de">www.gdch.de</a>
Qualitätsmanagement im analytischen Labor	28. – 29. Nov.	Frankfurt/Main	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), <a href="mailto:fb@gdch.de">fb@gdch.de</a> , <a href="http://www.gdch.de">www.gdch.de</a>
15. Jahrestreffen der Betriebsingenieure 2024	29. Nov.	Frankfurt/Main	VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen, Dr. Ljuba Woppowa; Dipl.-Ing. Vivien Manning, <a href="http://www.vdi.de/gvc">www.vdi.de/gvc</a>

# Den Dialog von Wissenschaft und Industrie fördern

Von spezialisiertem Fachwissen bis zur branchenübergreifenden Vernetzung – die Dechema- und VDI-GVC-Fachsektionen und -Fachgruppen

Ob für Spezialisten oder fachliche Grenzgänger – die Dechema-Gremienlandschaft bietet für jeden das richtige Netzwerk. Spezielle wissenschaftliche Themen finden ebenso Raum wie neue Ideen, Kontakte für Kooperationen oder die Frage, wie sich große Visionen wie die Circular Economy technisch verwirklichen lassen.



#### Keywords

- **Fachsektionen**
- **Fachgruppen**
- **Dechema**
- **VDI-GVC**

Das Dechema-Motto „Wissenschaft und Industrie im Dialog“ prägt auch die Arbeit der 17 Fachsektionen, von denen fünf gemeinsam mit VDI-GVC organisiert werden. Weitere Kooperationen mit zahlreichen anderen Fachgesellschaften bestehen auf Ebene der Fachgruppen.

Während die Fachgruppen stärker spezialisiert sind und vor allem dem wissenschaftlichen Austausch von Forschenden untereinander dienen, sorgen die Fachsektionen für die breitere Vernetzung und den gemeinsamen Blick auf die vielfältigen Themen, die chemische Technik, Verfahrenstechnik und Biotechnologie

derzeit beschäftigen. Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen aus Forschungseinrichtungen und Universitäten treffen auf F&E-Experten aus der Industrie. Daraus entstehen praxisnahe Lösungen, die unmittelbar zur Transformation der Prozessindustrie beitragen. Aber auch Themen wie Nachwuchsgewinnung und -förde-



©Lou W/peopleimages.com - stock.adobe.com

Von spezialisiertem Fachwissen bis zur branchenübergreifenden Vernetzung – die Dechema und Dechema/VDI-GVC-Fachsektionen und -Fachgruppen bieten Plattformen für Dialog, Kooperation und praxisnahe Lösungen in der chemischen Technik und Biotechnologie.

rung stehen bei allen Gremien ganz oben auf der Agenda. Veranstaltungen vom familiären Jahrestreffen bis zum internationalen Kongress, Preisvergaben, Publikationen und vieles mehr sind sichtbarer Ausdruck dieses Engagements.

### Aufteilung der Fachsektionen

Die Fachsektionen lassen sich dabei grob nach zwei Perspektiven gliedern: Einige fokussieren sich auf bestimmte Methoden und Verfahrensschritte, andere auf ein spezielles Anwendungsgebiet in seiner gesamten Breite. Die Ergänzung und Überschneidung der Blickwinkel führen dazu, dass der Weg aus der Forschung in die Anwendung immer im Fokus steht.

Mitmachen können alle Dechema-Mitglieder sowie in den gemeinsamen Gremien die Mitglieder der jeweiligen Trägergesellschaften.

### Dechema/VDI-Fachsektion Fluiddynamik und Trenntechnik

Das Arbeitsgebiet umfasst Vorgänge und Prozesse in fluiden Phasen, die durch Stoff- und Wärmeübergang getrieben sind. Dazu gehören die thermo- und fluiddynamischen Grundlagen für das Prozess- und Apparatedesign, vor allem für Prozesse zur Trennung chemisch und biotechnisch hergestellter Stoffe, sowie die zugehörigen Techniken zur Modellierung von Stoffeigenschaften und Prozessen. Sie zielen sowohl auf die klassischen Unit Operations als auch auf ganze Produktionsketten ab. Die Fachsektion umfasst insgesamt 14 Fachgruppen und das Nachwuchsnetzwerk YoungFluidSeps.

### Dechema/VDI-Fachsektion Partikeltechnik und Produktdesign

Die Fachsektion und ihre elf Fachgruppen befassen sich mit dispersen Systemen in Natur und Technik und mit Methoden zur

Herstellung, Verarbeitung, Formulierung und Charakterisierung von oft komplex strukturierten, mehrphasigen Produkten mit spezifischem anwendungsorientiertem Eigenschaftsprofil. Ausgehend von klassischen Bereichen in der chemischen Industrie umfassen die Anwendungen mehr und mehr Bereiche der Elektronik, der Energietechnik, der Life Sciences, der Nanotechnologie, der optischen Technologien, der Werkstoffe und der Umwelttechnik.

### Dechema/VDI-Fachsektion Chemische Reaktionstechnik

Die chemische Reaktionstechnik liefert zentrales Know-how für die Wettbewerbsfähigkeit der stoffwandelnden Industrie von der Rohstoffgewinnung über die Chemie und Petrochemie bis zur Lebensmittelbranche und Pharmazie, die ihrerseits alle produzierenden und verarbeitenden Wirtschaftsbereiche beliefern. Drei Fachgruppen gehören zur Fachsektion. Das Nachwuchsnetzwerk NaWuReT ist Anlaufstelle für junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die die Arbeit der Fachsektion aktiv mitgestalten wollen.

### Dechema-Fachsektion Funktionale Materialien

Die Fachsektion mit ihren fünf Fachgruppen befasst sich mit der Entwicklung, Herstellung, Charakterisierung, Modellierung und Anwendung verschiedener Materialklassen. Das gezielte chemische und physikalische Design bestimmter Funktionalitäten, der Einsatz der Materialien vor allem in der chemischen Industrie und ihre Verwertung sind Grundlage vieler Innovationen und moderner Prozesse. Mit ihren Aktivitäten möchte die Fachsektion im Sinne einer „Materialökonomie“ auf die besondere Bedeutung funktionaler Materialien aufmerksam machen.

### Dechema/VDI-Fachsektion Process Engineering & Materials Technology

Die Fachsektion und ihre acht Fachgruppen befassen sich mit verfahrens- und abwicklungstechnischen Themen im Lebenszyklus von Anlagen. Dabei liegt der Fokus auf dem Gesamtprozess und dem Zusammenspiel der Teilkomponenten einer Anlage. Wichtig sind die spezifischen Aufgaben und systemtechnischen Methoden zur Verfahrensentwicklung und -optimierung, zur Planung und zum Bau, zum Betrieb, zur Führung sowie zur Wartung von Anlagen.

### Deutsche Gesellschaft für Katalyse (GeCatS)

Die Deutsche Gesellschaft für Katalyse (German Catalysis Society, GeCatS) ist die Plattform für die gesamte deutsche Katalyse-Community im Bereich Forschung und Anwendung. GeCatS fördert den Austausch zwischen Industrie, Hochschulen, Forschungseinrichtungen und forschungspolitischen Organisationen und vertritt die Interessen der Katalyse-Community auf nationaler und internationaler Ebene. Die Deutsche Gesellschaft für Katalyse wird getragen von Dechema, VDI-GVC, GDCh, DGMK und DBG. Jüngere Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen gestalten im Netzwerk YounGeCatS eigene Inhalte.

### Dechema-Fachsektion Prozess- und Anlagensicherheit

Ziel der Fachsektion ist es, Erkenntnisse zu analysieren, Entwicklungen in der Sicherheitstechnik zu unterstützen, zu bewerten und die Erfahrungen weiterzugeben. Als fachliches Diskussionsforum bietet sie den Mitgliedern die Möglichkeit, Kontakte zu knüpfen, Standards und Normen mitzugestalten und den globalen Sicherheitsstand der deutschen chemischen Industrie weiterzuentwickeln. Neun Fachgrup-



pen widmen sich vertiefend einzelnen Aspekten der Prozess- und Anlagensicherheit von der Ereignisauswertung bis zum Brandschutz.

**Dechema-Fachsektion Mess- und Sensortechnik**

Die Fachsektion beschäftigt sich mit den Grundlagen physikalischer, chemischer und biologischer Sensoren sowie mit der Integration von Sensoren in Messsystemen, mit einem Fokus auf Anwendungen in der Prozessindustrie. Im Gremium wird ein breites Spektrum neuer Methoden, Erkenntnisse und Herausforderungen auf dem Gebiet der Sensorik, der Sensorsysteme und der Messtechnik, einschließlich Signalverarbeitung, Prüfung und Kalibrierung, diskutiert. Die Fachsektion kooperiert eng mit der AMA.

**Dechema-Fachsektion Bioprozesstechnik**

Die Fachsektion stellt die biotechnische Produktion von Feinchemikalien, Grundstoffen und Biopharmazeutika mit Hilfe von Enzymen, pro- oder eukaryontischen Zellen in den Mittelpunkt ihrer Arbeit. Sie versteht sich als Plattform für die Optimierung und Neuentwicklung biotechnischer Produktionsprozesse. Die Themen umfassen das gesamte Spektrum moderner Bioverfahrenstechnik: Vom Gen bis zum fertigen Produkt, vom µL bis in den Produktionsmaßstab, vom Upstream bis zum Downstream und von der Idee bis zur industriellen Realisierung.

**Dechema-Fachsektion Biotechnologische Produktionssysteme und Produkte**

Gemeinsames Ziel der drei Fachgruppen in der Fachsektion ist der fachliche Austausch für die Forschung und Entwicklung von zellulären Produktionssystemen und Biokatalysatoren für die Produkte der industriellen Biotechnologie.

**Dechema-Fachsektion Bioinformatik und molekulare Methoden**

Bio(techno-)logische Systeme und ihre Funktionen auf der molekularen Ebene sind das Thema der Fachsektion Bioinformatik und molekulare Methoden. Dazu gehört die Untersuchung biologisch wirksamer Naturstoffe ebenso wie das Verständnis der Wechselwirkungen zwischen Biomolekülen und die Erforschung, Entwicklung und Anwendung computergestützter Methoden zur Beantwortung molekularbiologischer und biomedizinischer Fragestellungen. Drei Fachgruppen gehören der Fachsektion an.

**Dechema-Fachsektion Energie, Chemie und Klima**

Die Fachsektion Energie, Chemie und Klima untersucht und diskutiert die Gewinnung, Umwandlung und Speicherung von Energie in

verschiedenen Systemen (Batterien, chemische Speicher, thermische Speicher etc.). Außerdem hat sie den Einsatz und Eintrag von Energie in der Prozessindustrie im Fokus. Ziel ist es, die vielfältigen Aspekte des Themas im Kontext der Prozessindustrie abzubilden und der Diskussion und Vernetzung über die methodisch orientierten Fachsektionen hinweg einen Raum zu geben.

**Dechema-Fachsektion Industrierwasser**

Die Fachsektion befasst sich mit dem Stand von Wissenschaft und Technik auf dem Gebiet der produktionsintegrierten Wasser- und Abwasserbehandlung sowie den damit verbundenen Verfahren zur ressourcen- und emissionsminimierten Produktion. Ziel ist es, die ökologische und ökonomische Effizienz der industriellen Wassernutzung konsequent zu verbessern und den regelmäßigen Austausch über Erkenntnisse und Erfahrungen sowie neue Verfahren und Methoden in Wissenschaft und Industrie sicherzustellen.

**Dechema-Fachsektion Ressourcen und Verfahren zur Stoffwandlung**

Die Fachsektion widmet sich den Stoffströmen und Prozessketten zur nachhaltigen industriellen Produktion – von der Bereitstellung von Rohstoffen über die Produktionsverfahren der Hochtemperaturtechnik bis zum Abfallmanagement und der Kreislaufschließung. Die Fachsektion und ihre drei Fachgruppen tragen zur Umsetzung des Green Deal der EU bei, der die Aufgaben der Energiewende und der Circular Economy zusammenführt und die Zielsetzungen einer klimaneutralen und ressourceneffizienten Industrie mit möglichst geringem Umwelteinfluss verbindet.

**Dechema-Fachsektion Pharmabiotechnologie und Nanomedizin**

Die Fachsektion und ihre drei Fachgruppen gestalten die Erforschung, Entwicklung, Produktion und Translation neuer Biopharmazeutika und "new modalities" sowie neuartige Therapie- und Diagnostikmethoden. Das umfasst therapeutische Biologika und Nukleinsäuren, Impfstoffe und zell-basierte Therapien bis zur regenerativen Medizin. Die Fachsektion betrachtet die Wertschöpfungskette von Zellen und Kultivierung über Produktion und Anwendung bis zu Formulierungsstrategien und Drug-Delivery-Systeme sowie moderne analytische Methoden.

**Dechema-Fachsektion Biobasierte Wertschöpfungsketten**

Die Fachsektion befasst sich mit der Nutzung von biogenen Stoffen und Prozessen, vor allem von Biomasse aus verschiedenen Quellen wie Algen oder Pflanzen, zur wertschöpfenden Pro-

duktion marktrelevanter Produkte. Dabei bildet sie die Wertschöpfungskette vom Rohstoff über Produktionssystem und Prozess bis zum marktgängigen Produkt ab. Die Fachsektion und ihre beiden Fachgruppen möchten mehr Aufmerksamkeit auf die Nutzung nachwachsender Rohstoffe lenken und das Bewusstsein für die Bedeutung dieser Ressourcen schärfen.

**Dechema/VDI-Fachsektion Bildung und Innovation**

Bildung und Innovation in Verfahrenstechnik, technischer Chemie und Biotechnologie sind der Schlüssel nicht nur für die Zukunftsfähigkeit der Prozessindustrie, sondern auch für zahlreiche nachgelagerte Branchen und damit ein entscheidender Faktor für die Zukunft des Wirtschaftsstandorts Deutschland. Die Fachsektion hat sich dem Ziel verschrieben, den hohen Stand von Bildung und Innovation in Deutschland und Europa zu erhalten und auszubauen und arbeitet dabei eng mit nationalen und internationalen Akteuren zusammen.

Weitere Informationen zur Dechema-Gremienlandschaft finden sich unter: [dechema.de/gremien](http://dechema.de/gremien)



**Dr. Kathrin Rübberdt,**  
Leiterin des Bereichs Wissenschaft und Industrie, Dechema

Wiley Online Library





**DECHEMA e.V., Frankfurt am Main**  
Abteilungsleitung Gremien  
Dr. Kathrin Rübberdt  
[kathrin.ruebberdt@dechema.de](mailto:kathrin.ruebberdt@dechema.de)  
[www.dechema.de/gremien](http://www.dechema.de/gremien)



**VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (GVC), Düsseldorf**  
Vivien Manning  
Tel.: +49 211 6214-314  
[manning@vdi.de](mailto:manning@vdi.de)  
[www.vdi.de/gvc](http://www.vdi.de/gvc)

# Top-Titel

für die Chemie-,  
Pharma- und Lebens-  
mittelindustrie

## CHEManager

Die führende Branchenzeitung für die Märkte der Chemie und Life Sciences

## LVT LEBENSMITTEL Industrie

Die Zeitschrift für Fach- und Führungskräfte der Lebensmittel- und Getränkeindustrie

## CITplus

Das Praxismagazin für Verfahrens- und Chemieingenieure

## ReinRaumTechnik

Die führende Fachpublikation für Betreiber und Nutzer von Reinräumen



**Ihre Ansprechpartner:**

**Redaktion**

**Michael Reubold**  
Leitung/Chefredakteur CHEManager  
Tel.: +49 (0) 6201 606 745  
michael.reubold@wiley.com

**Ralf Kempf**  
stellv. Chefredakteur CHEManager  
Tel.: +49 (0) 6201 606 755  
ralf.kempf@wiley.com

**Etwin Gandert**  
Chefredakteurin CITplus  
Tel.: +49 (0) 6201 606 768  
etwin.gandert@wiley.com

**Jürgen Kreuzig**  
Chefredakteur LVT  
Tel.: +49 (0) 6201 606 729  
juergen.kreuzig@wiley.com

**Roy Fox**  
Chefredakteur ReinRaumTechnik  
Tel.: +49 (0) 6201 606 714  
roy.fox@wiley.com

**Mediaberatung**  
**Thorsten Kritzer**  
Tel.: +49 (0) 6201 606 730  
tkritzer@wiley.com

**Hagen Reichhoff**  
Tel.: +49 (0) 6201 606 001  
hreichhoff@wiley.com

**Stefan Schwartz**  
Tel.: +49 (0) 6201 606 491  
sschwartz@wiley.com

**Florian Högn**  
Tel.: +49 (0) 6201 606 522  
fhoegn@wiley.com

# Mit Sicherheit nachhaltig

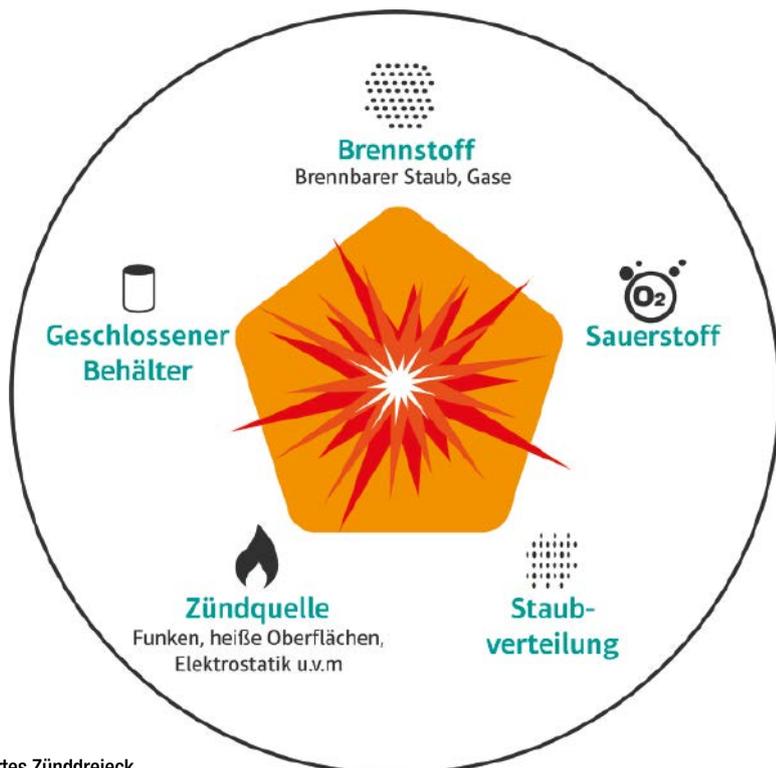
## Die nächste Generation der flammenlosen Druckentlastung



Rembe stellt mit der Q-Box R3leaf seine erste nachhaltige flammenlose Druckentlastung vor.

Das Thema Explosionsschutz ist für Anlagenbetreiber und Maschinenhersteller allgegenwärtig, sobald es um die Bearbeitung oder den Transport von brennbaren und explosionsfähigen Stäuben geht. Im Gegensatz zur gesellschaftlichen Annahme, wonach ein erhöhtes Explosionsrisiko nur bei Gasen besteht, können auch bei brennbaren Stäuben durchaus enorme Kräfte freigesetzt werden.

Um das Explosionsrisiko bei der Handhabung brennbarer Feststoffe und Stäube zu minimieren, werden im Folgenden die jeweiligen Staubcharakteristiken beschrieben. Grundsätzlich wird hierbei das sogenannte Zünddreieck oder auch Zündfüneck betrachtet. Um eine Explosion in einer Produktionsanlage oder Maschine zu erzeugen, müssen folgende Punkte erfüllt sein:



Erweitertes Zünddreieck

Als Weiterentwicklung der flammenlosen Explosionsdruckentlastung stellt Rembe die neue Q-Box R3leaf vor. Die Produktlinie der flammenlosen Explosionsdruckentlastungen wurde hinsichtlich Effektivität und Nachhaltigkeit in der Produktion und in der Logistik optimiert, um den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck zu senken.



### Keywords

- **Druckentlastung**
- **Explosionsschutz**
- **CO<sub>2</sub>-Fußabdruck**

Wird eine der oben genannten Voraussetzungen eliminiert, wurde so gesehen bereits Explosionsschutz praktiziert. Ist dies jedoch nicht zu jeder Zeit und jedem Zustand im Betrieb möglich, bleibt Explosionsgefahr bestehen, was die Einteilung explosionsgefährdeter Bereiche in Zonen und darüber systematisch abgeleitete Schutzmaßnahmen erfordert.

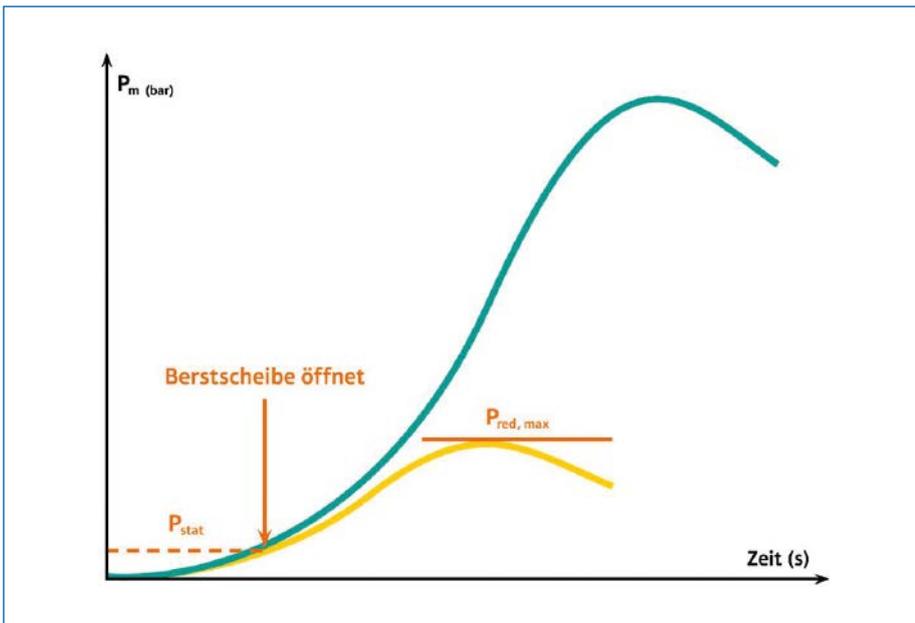
### Was ist eine Explosionsdruckentlastung?

Eine Explosionsdruckentlastung verhindert einen unzulässig hohen Druckaufbau einer Gas- oder Staubexplosion im Inneren von Behältern oder Geräten durch rechtzeitiges Öffnen eines definierten Bereiches. In der Abbildung ist der Druckverlauf einer Explosion in einem nicht entlasteten Behälter (grüne Kurve) im Vergleich zu einem entlasteten Behälter (gelbe Kurve) zu sehen.

Explosionsdruckentlastungseinrichtungen begrenzen den Explosionsüberdruck, indem sie den Druck aus dem Behälter in die Umgebung freisetzen. Der daraus resultierende, maximale reduzierte Explosionsüberdruck (pred) darf den Auslegungsdruck der Anlage nicht überschreiten. Die Explosionsdruckentlastung als solche verhindert die Explosion nicht, sondern mildert nur die gefährlichen Folgen.

### Doch was ist flammenlose Druckentlastung?

Einrichtungen zur flammenlosen Explosionsdruckentlastung werden vorrangig zum Schutz von Behältern oder Anlagen gegen die Hauptauswirkungen von Explosionen, Flammen und Druck



Explosionsdruckentlastung grafisch dargestellt

eingesetzt, welche durch eine ausschließliche Verwendung einer Explosionsdruckentlastung ungehindert in die Umgebung gelangen würden.

Hierzu bestehen sie, vereinfacht ausgedrückt, aus zwei Elementen: Der Einrichtung zur Explosionsdruckentlastung, wie bspw. einer Berstscheibe und einem nachgeschalteten Flammlöschelement. Dadurch werden der Explosionsdruck auf ein für die zu schützende Anlage unschädliches Maß entlastet und gleichzeitig die entstehende Verbrennungstemperatur der Verbrennungsgase auf ein unbedenkliches Maß reduziert.

Allen voran sind Einrichtungen zur flammenlosen Explosionsdruckentlastung durch dachdichte Flammlöschelemente gekennzeichnet. Sie absorbieren die Energie der Explosion und verhindern den Flammendurchtritt in die Umgebung, um Personen, die Umwelt und Sachwerte zu schützen, die ansonsten infolge

der Druckwelle und der austretenden Flamme gefährdet wären.

### Wo werden flammenlose Druckentlastungen eingesetzt?

Flammenlose Druckentlastungen werden überall da eingesetzt wo aufgrund der potenziellen Nähe zu Menschen, anderen Anlagen oder Objekten keine sichere Druckentlastung im Fall eines Explosionsereignisses stattfinden darf. Die zu schützenden Anlagenteile können von Strukturen mit geringer Festigkeit, welche große Druckentlastungsflächen bedürfen, bis hin zu staubexplosionsgefährdeten Anlagen mit höheren Festigkeiten und hohen potenziellen Explosionsüberdrücken reichen.

### Den Status Quo herausfordern

Nach Jahren systematischer Entwicklung sowie zahlreicher Tests und erfolgreicher Zulas-

sungsprüfungen hat Rembe nicht nur die Technologien der flammenlosen Druckentlastung verbessert, sondern will auch den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck reduzieren. Im Fokus der Entwicklung der Q-Box R3leaf stand die Nachhaltigkeit und die zentrale Frage: An welchen Stellen kann der Status Quo noch weiter verbessert werden?

Mit der Entwicklung der Q-Box R3leaf wird die Produktlinie der flammenlosen Explosionsdruckentlastungen um ein auf Effektivität und Nachhaltigkeit optimiertes Produkt erweitert. Aufgrund von Materialauswahl, Einzelbauteilgeometrie sowie entsprechend gewählten Fügeprozessen konnte die Verpackungsdichte deutlich erhöht werden. Auch auf emissionsaufwendige Füge- und Beschichtungsverfahren kann nun verzichtet werden. Gleichzeitig verbesserte das Unternehmen die Effektivität von internen Materialbewegungen bis hin zu international übergreifenden Logistikprozessen.

Diese Optimierungen beeinflussen die gesamte Lieferkette und sorgen somit für einen verringerten CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Durch die stetige Weiterentwicklung konnte auch die Entlastungseffektivität der Q-Box R3leaf deutlich erhöht werden. Somit können Anlagenbetreiber die Anzahl der benötigten Einrichtungen zur flammenlosen Druckentlastung an ihrer Anlage verringern.

**Tim Basler**, Produktentwickler Rembe Safety+Control

Wiley Online Library



Bilder © Rembe

**REMBE GmbH Safety+Control, Brilon**  
Tel.: +49 2961 7405 - 0  
hello@rembe.de  
www.rembe.de

## Erdung beim Befüllen oder Entleeren von mobilen Gebinden

Objekte, welche brennbare Medien fassen, müssen stets bei Befüll- oder Entleervorgängen geerdet werden. Dafür eignet sich das Gerät Symega.Pro, das über eine Erdungszange an ein betroffenes Objekt angeschlossen werden kann. Sobald es angeschlossen ist, überprüft es die Verbindungsqualität, um anschließend einen potenzialfreien Kontakt schalten zu können und zu erden. Hiermit können Prozesse automatisiert und bspw. Pumpen oder Ventile freigeschaltet werden. Kommt es zu einem Verbindungsabbruch, zieht das System die Freigabe unverzüglich zurück. Maßgeblich ist hierbei der Widerstand der Überprüfungsleitung, die zum



Objekt mittels Erdungszange hergestellt wurde. Diese Parameter können frei eingestellt werden. Je nach Objekt können unterschiedliche Überprüfungsmodi hinzugeschaltet werden. Neben der bekannten Kapazitätsüberprüfung bei nicht

geerdeten großen Objekten, bietet das System eine Time-out-Funktion, die den Vorgang auf eine bestimmte Zeit beschränkt. Hiermit soll vermieden werden, dass die Erdungszange zur Manipulation langfristig an ein anderes Objekt geklemmt wird. Um Verladestörungen zu vermeiden, können kurzweilige Wackelkontakte in der Überprüfung ausgeblendet werden, sodass der Prozess ungestört, aber sicher fortgeführt werden kann. Ebenso kann der Anschluss der Erde am Symega.Pro bis hin zur Hauptide zurückverfolgt werden. Diese frei wählbaren Funktionen in einem Gerät machen es universell einsetzbar.

www.rembe.de

# „Bio? Mach ich nicht!“

## Warum Biointelligenz die deutsche Prozesstechnik betrifft



©MuhammadArif - stock.adobe.com

Knapper werdende Ressourcen, Umwelteinflüsse, weltweite Krisen. Heute stehen wir mehr denn je weltweit vor Herausforderungen, die unsere Lebensweise nachhaltig beeinflussen. Sie alle betreffen auf kurz oder lang unsere grundlegenden Bedürfnisse des (modernen) Lebens: Ernährung, Gesundheit, Wohnen, Energie und Konsum. Die Frage steht im Raum: Wie machen wir uns unabhängiger? Die selbstoptimierte Natur hat hier schon so manchen Verzweifelten auf die richtige Fährte geführt. Wir können von ihren Effizienzmechanismen lernen – und tun dies auch bereits, z.B. über die Bionik und in den Anwenderbranchen der Medizin-, Pharma- und Nahrungsmittelindustrie.

### Biointelligenz in der Produktion

Was wäre nun aber, wenn man diesen Gedanken auch in die Produktion bringt? Würde dies nicht nur verändern, womit wir arbeiten (z.B. Materialien), sondern auch wie wir arbeiten (z.B. Prozesse)? Die Biointelligenz geht genau diesen Schritt: Sie verbindet nicht nur die Biologie mit der (Produktions-)Technologie, sondern nimmt auch noch die Informatik hinzu. Dies ermöglicht die Entstehung der berühmten Genschere CRISPR/Cas und auch die Datenspeicherung mittels DNA ist keine Zukunftsvision mehr. Insgesamt könnte die Integration von Biointelligenz im Maschinenbau zu innovativen Lösungen führen, welche die Leistungsfähigkeit oder Nachhaltigkeit technischer Systeme verbessern, Pro-

zesse verschlanken und den effizienten Einsatz von Material monitoren. Die Beispiele zeigen bereits, dass die Möglichkeiten nicht nur endlos sind, sondern auch übergreifend – und damit relevant für den gesamten Maschinen- und Anlagenbau inklusive der Prozesstechnik.

### Viele Technologien, viele Möglichkeiten

Was heißt Biointelligenz nun aber konkret für die Prozesstechnik?

Im Rahmen der Untersuchung „Benchmark Biointelligenz“ wurden 17 Befähigertechnologiefelder definiert. Jedes dieser Felder umfasst einen für identifizierte Einzeltechnologien kritischen Kernaspekt, der wesentlich zur Realisierung biointelligenter Anwendungen beiträgt.

Wie steht es um die biointelligente Wertschöpfung in Deutschland? Diese Frage haben sich das Fraunhofer IPA, die VDMA Services Gesellschaft sowie die Universitäten Hohenheim und Stuttgart gestellt. Die vom BMBF geförderte groß angelegte internationale Benchmark-Untersuchung zur Biointelligenz (InBen-Bio) identifiziert die aktuellen globalen Entwicklungen. Sie zieht Vergleiche zwischen den Rahmenbedingungen und Potenzialen in Deutschland sowie anderen Leitländern weltweit und gibt Handlungsimpulse für Wirtschaft, Wissenschaft, Gesellschaft und Politik. Dies hat auch Einfluss auf die Prozesstechnik.



#### Keywords

- **biointelligente Wertschöpfung**
- **Bioreaktor, Biosensor, Bioraffinerie**
- **Befähigertechnologien**

Im Kontext der Prozesstechnik wird hier exemplarisch auf drei der 17 Felder eingegangen:

Bioraffinerien und Bioreaktoren sind industrielle Anlagen, die der Umwandlung biologischer Rohstoffe in Produkte und Wertstoffe dienen. Dafür kultivieren sie Mikroorganismen in einer kontrollierten Umgebung. Bioreaktoren sind geschlossene Systeme zur Durchführung



Ranking Leitländer Biointelligenz

© Projektteam Benchmark Biointelligenz

biologischer Reaktionen und Prozesse, was sie oftmals zum Bestandteil einer Bioraffinerie macht. Die Technologien, Produkte und Dienstleistungen umfassen unter anderem Ansätze für biopharmazeutischer Prozesse, Einsatz von Mikroalgen in Reaktoren zur Kraftstoff- und Wertstoffherstellung, Fermentationsprozesse, Prozessen auf Basis von Biomasse, Einsatz von Enzymen und Bakterien sowie der Nutzung von CO<sub>2</sub>. Neben der biologischen Komponente spielen in der Entstehung und dem Produktionsprozess demnach Anwendungen der Prozesstechnik eine wichtige Rolle.

Biobasierte Energieerzeugung und -speicherung bezieht sich auf die industrielle Nutzung von biologischen Materialien sowie Prozessen zur Erzeugung und Speicherung von Energie, z.B. durch Biogasanlagen oder verwandte Technologien im Produktionsumfeld. Die meisten Anwendungsfälle finden sich bei der Nutzung von Biomasse sowie Rest- und Abfallströmen. Aber auch die Erzeugung von Wasserstoff wird erforscht. Für die biobasierte Energiespeicherung kommen, neben der Produktion von Biogas, Biowasserstoff und Biotreibstoffen, auch auf Mikroorganismen basierende Batteriespeichersysteme in Frage. Bei der Entwicklung von Bioenergieanlagen ermöglicht die Prozessautomatisierung eine umfassende Anlagenübersicht durch Echtzeitüberwachung, was eine schnelle Reaktion auf potenzielle Pro-

bleme und Störungen sowie einen effizienten Ressourceneinsatz ermöglicht.

Biosensoren und Bioaktoren als biobasierte Vorrichtungen und Systeme in der industriellen Produktion dienen dazu, biologische oder chemische Signale zu detektieren (z.B. in der Prozessüberwachung) und biolo-

---

*„Deutschland hat Schwierigkeiten, Forschungsergebnisse in marktreife Lösungen zu überführen.“*

---

gische bzw. chemische Prozesse zu initiieren. Sie werden oft für die Kontrolle von Parametern (z.B. Druck, Temperatur) in Fermentationsprozessen eingesetzt. Darüber hinaus ist der Einsatz bei der Prüfung von biologischen Zwischen- und Endprodukten sowie die Überwachung von Schadstoffwerten z.B. in Produktionshallen relevant. Echtzeit-Tracking der beobachteten Parameter ist in vielen Fällen bereits heute möglich. Hierdurch können Produktivitätssteigerung oder Zeit- und Personalsparnis erreicht werden.

### Wettlauf um die biointelligente Marktführerschaft

Die drei erläuterten Felder lassen bereits jetzt erkennen, dass die Anwendungen der Biointelligenz groß und umfassend agieren – Technologien überschreiten Grenzen. Während sie beeinflussen, was in Zukunft produziert wird, haben andere beobachtete Felder z.B. Human-Biomachine-Interfaces das Potenzial, den Arbeitsprozess an sich zu verändern, d.h. das Wie – vom Eye-Tracking bis zu Neuralink, der Steuerung über die Gehirnaktivität.

Aus der Untersuchung geht zudem hervor, dass das Wachstum aller 17 betrachteten Befähigertechnologiefelder deutlich über jenen der meisten Volkswirtschaften, insbesondere jenem von Deutschland liegt. Es wird demnach prognostiziert, dass der Marktanteil deutlich steigen wird – und das in den nächsten Jahren. Mit einem Einblick in das, was Biointelligenz kann, ist dennoch fraglich, wie es um die aktuelle Position der biologischen Wertschöpfung in Deutschland steht.

In der finalen Betrachtung führen die USA das Feld vor Deutschland und Schweden an. Dahinter folgen Finnland, Großbritannien, Niederlande, Kanada, Australien, China, Israel und Norwegen. Dabei zeichnet sich Deutschland durch praxisorientierte Studiengänge und eine starke Forschungslandschaft aus. Gleichzeitig

hat es jedoch Schwierigkeiten, Forschungsergebnisse in marktreife Lösungen zu überführen.

Der gute Marktzugang sowie die geschickte Anpassung an sich wandelnde Märkte und das Bewusstsein für die zentrale Bedeutung der Wertschöpfung im Konvergenzbereich bietet eine Chance auf Ausbau der Marktchancen. Deutsche Unternehmen sind zudem exportorientiert und verfolgen eine proaktive Marktgestaltungsstrategie, die Trends vorwegnehmen und innovative Lösungen zur Markterschließung entwickeln. Sie engagieren sich zunehmend nachhaltig. Ihr aktives Handeln wird jedoch oft durch bürokratische Hürden und ein komplexes Regulierungssystem gebremst. Mit einem insgesamt zweiten Platz ist Deutschland dennoch gut aufgestellt, um seinen Weg in die biointelligente Wertschöpfung zu finden.

Dem aufmerksamen Leser wird bereits bei einigen Punkten eine ungewisse Entwicklung schwanen. So steht das Land z.B. vor der Herausforderung, Fachkräfte insbesondere für MINT-Berufe hervorzubringen. Die interdisziplinäre Verknüpfung dreier nur schrittweise zueinander findender komplexer Bereiche ist eine Herausforderung, die bereits heute so manches Mal an die Ecken der Vorstellungskraft stößt. Derart ist abzusehen, dass die zukünftige Rolle Deutschlands in der biointelligenten Wertschöpfung auch darauf beruht, wie die Rahmenbedingungen gestaltet werden. Für ein Gelingen ist dabei eine effektive Zusammenarbeit zwischen Industrie, Wissenschaft, Gesellschaft und Politik erforderlich.

Unternehmen der Prozesstechnik können jedoch bereits heute ihre eigene Schnittstelle identifizieren, Informationen sammeln, den Austausch zwischen Forschung und Praxis suchen und sich in Netzwerken austauschen. Denn technologische Revolution kam selten von oben nach unten, sondern oft aus den innovativen Köpfen mutiger Vordenker.



**Nathalie Wagner,**  
Referentin für Biologisierung,  
VDMA. Fachverbände Nahrungs-  
mittel- und Verpackungsmaschinen  
sowie Verfahrenstechnische  
Maschinen und Apparate



Wiley Online Library

**VDMA e.V.**  
Frankfurt am Main  
Tel.: +49 69 6603 - 1494  
nathalie.wagner@vdma.org  
www.vdma.org/biologisierung

### Mehr zum Thema Biointelligenz

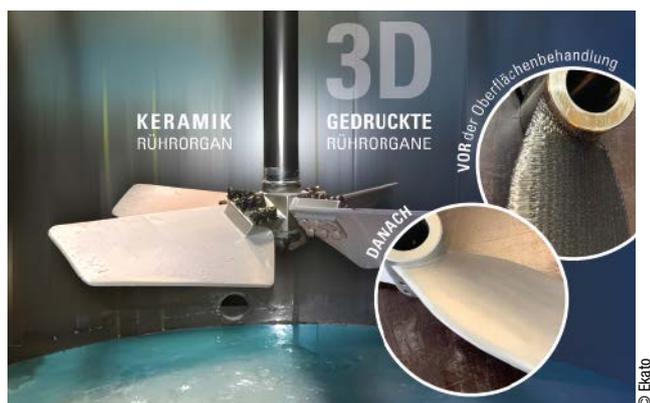
Neugierig geworden? Die Untersuchung „Benchmark Biointelligenz: Stand und Perspektiven einer nachhaltigen industriellen Wertschöpfung“ mit all ihren Erhebungen, Methoden, Beispielen und Denkanstößen finden Sie unter <https://www.vdma.org/biologisierung> zum Download.



Cover der veröffentlichten Untersuchung

© Vesela Staneva, Projektteam Benchmark Biointelligenz

## Verschleißfeste Rührorgane



Die Wahl der richtigen Ausrüstung von Beginn des Projekts an ist entscheidend für einen reibungslosen Betrieb der Anlage. Neben der Erfüllung funktionaler Anforderungen spielen die Konstruktion und die mechanischen Eigenschaften der Ausrüstung eine wichtige Rolle für ihre Zuverlässigkeit und Lebensdauer. Ekato ist spezialisiert auf die Entwicklung von verschleißfesten Rührorganen unter Verwendung moderner Materialien und optimierter Designs. Diese Innovationen verbessern die Zuverlässigkeit der Ausrüstung und haben sich in anspruchsvollen Anwendungen wie der Hydrometallurgie bewährt. Die Folge: längere Lebensdauer und höhere Anlagenrentabilität. Die Keramikrührorgane bieten hohe Leistungen reduzierte Anschaffungs- oder Betriebskosten. Die Leistungsfähigkeit der verwendeten Materialien zeigt sich im realen Bergbau, z.B. in einer der weltweit modernsten Minen in Schweden beim herausfordernden Abbau komplexer Erze wie Zink, Blei, Silber, Kupfer und Gold. In dieser anspruchsvollen Umgebung versagten konventionelle Rührwerke mit Gummibeschichtungen innerhalb von Wochen. Keramikrührorgane hingegen haben sich über Jahre im rauen Bergbaubetrieb bewährt und zeigen nur minimale Verschleißerscheinungen. Die additive Fertigung (3D-Druck) revolutioniert die Mischtechnik. Während der 3D-Druck im Prototyping bereits etabliert ist, war seine Anwendbarkeit für die Großserienproduktion, insbesondere bei Rührwerken, bisher begrenzt. Ein innovatives Entwicklungsprojekt zur Nutzung der hybriden Fertigung kombiniert den 3D-Druck gekonnt mit konventionellen Verfahren. Dieser Ansatz ermöglicht die Herstellung komplexer Geometrien bei gleichzeitiger Kosteneffizienz und ebnet den Weg für hocheffizientes Rührorgandesigns. Bemerkenswert ist, dass sich hybrid und konventionell gefertigte Produkte nach der Oberflächenbehandlung nicht mehr unterscheiden lassen.

[www.ekato.com](http://www.ekato.com)

## Farbige Schrift und Logos auf farbigem Kunststoff

Schon immer gilt die produktionsbegleitende, variable Kennzeichnung der Kunststoffgruppe der Polyolefine als sehr herausfordernd. Für PP, PA, PE, aber auch für Elastomere und viele andere Kunststoffe stellt Rea neue Systementwicklungen für die berührungslose, variable und kontrastreiche Beschriftung in hoher Auflösung vor. Auch dunkle und farbige Profile, Rohre, Kabel und Folie lassen sich damit farblich und hochauflösend während des Herstellprozesses kennzeichnen und beschriften. Auf Farbwünsche kann Anwender- und Produkt-individuell eingegangen werden. Alle Kennzeichnungen sind haltbar und beständig.

[www.rea-jet.com](http://www.rea-jet.com)

## Wärmetauscher für die Wasserstoffherzeugung

Individuelle, werkstoffgerechte Produktlösungen von EtringKlinger Kunststofftechnik können dazu beitragen, eine effiziente und nachhaltige Wasserstoffwirtschaft aufzubauen. So ist die Leistungsfähigkeit eines Elektrolyseurs



mitunter von der thermischen Wärmekapazität und somit vom Wärmehaushalt abhängig. Durch eine gezielte Elektrolytkühlung bei gleichzeitiger Abführung der entstehenden Prozesswärme lässt sich ein konstantes Temperaturniveau innerhalb des Stacks erreichen. Speziell konzipierte Wärmetauscher aus Hochleistungskunststoffen von EtringKlinger Kunststofftechnik kommen hier zum Einsatz und übernehmen weitere wichtige Aufgaben, wie bspw. die Trocknung bzw. Kühlung der entstehenden Produktgase (Wasserstoff und Sauerstoff), um ein Auskondensieren der Restfeuchtigkeit zu gewährleisten. Ein weiteres Einsatzgebiet für spezielle Wärmetauscher ist die Energiespeicherung in Vanadium-Redox-Flow-Batterien (VRFB). Elektrochemische Energiespeicher arbeiten mit flüssigen Speichermedien, welche in zwei voneinander getrennten, externen Tanks gelagert werden. Der Energieaustausch erfolgt über eine galvanische Zelle. Häufige Be- und Entladungsvorgänge führen zu einer höheren Prozesswärmeentwicklung, auf eine kontrollierte Medienkühlung kann nicht verzichtet werden. Die dafür speziell entwickelten Wärmetauscher aus korrosionsbeständigen Kunststoffen können in unterschiedlichen Bauformen entweder inner- oder außerhalb der Tanks integriert werden.

[www.elringklinger-kunststoff.de](http://www.elringklinger-kunststoff.de)

## Zentrale Absauganlage mit Vakuumzelle und Big Bag

Im Bomag-Stammwerk in Boppard werden Tandemwalzen, Straßenfertiger und Kalträsen produziert. Dabei werden in Kabinen kleinere Maschinenteile beschichtet, und überschüssiges Pulver sammelt sich in Filterkästen. Diese mussten regelmäßig manuell entleert werden, was etwa drei Stunden pro Woche in Anspruch nahm. Um diesen Prozess zu optimieren, wurde eine zentrale Absauganlage installiert. Diese besteht aus 60 Metern Rohrleitung und vier Anschlüssen, die die Filterkästen effizient absaugen. Die Saugleistung reicht aus, um gleichzeitig zwei Saugstellen zu betrei-



ben. Sobald der Saugschlauch angeschlossen wird, aktiviert sich die Anlage automatisch. Das abgesaugte Pulver wird in ein Filtermodul

transportiert, wo es von der Luft getrennt wird. Anschließend gelangt es in eine Vakuumzelle unter einem Zyklonabscheider. Die Vakuumzelle, ein neues Entsorgungssystem, enthält einen Big Bag mit einem Fassungsvermögen von 0,5 oder 1 m<sup>3</sup>. Der Unterdruck im Saugbetrieb sorgt dafür, dass das Pulver automatisch in den Big Bag abgeschieden wird. Auf zusätzliche wartungsintensive Komponenten wie Zellenradschleusen konnte verzichtet werden. Der Big Bag steht auf einer Palette und kann bei Bedarf einfach mit einem Hubwagen ausgetauscht werden.

[www.ruwac.de](http://www.ruwac.de)

# Effiziente Leckageortung in europäischen Gasnetzen

Die Klimawende und die EU-Methanverordnung erfordern ebenso präzise wie wirksame Lösungen zur Gasleckagedetektion. Mit dem fahrzeugbasierten System MobileGuard bietet ABB Mess- und Analysetechnik eine Methode, die diese Anforderungen vollumfänglich erfüllt.



© ABB Media Bank

Dank seiner vibrationsfesten Konstruktion eignet sich MobileGuard für Anwendungen wie das Fahrzeug.

Die Energiewende stellt eine der großen Herausforderungen unserer Zeit dar. Um diese erfolgreich zu bewältigen, ist die Reduktion von Methanemissionen entscheidend. Denn als zweites wesentliches Treibhausgas hat Methan einen enormen Einfluss auf den Treibhauseffekt. Da die globalen Methanwerte der Internationalen Energieagentur (IEA) zufolge seit 2010 kontinuierlich ansteigen und der Energiesektor rund 40 Prozent der gesamten Methanemissionen erzeugt, braucht es effiziente Lösungen, um den Ausstoß des Gases in diesem Bereich konsequent zu minimieren. Zusätzlich erhöht die Europäische Union den Handlungsdruck: Die im Mai 2024 verabschiedete Methanverordnung für den europäischen Energiesektor und seine Lieferketten verpflichtet Anbieter von Kohle, Öl und Gas dazu, Methanemissionen zu messen und zu melden. Zudem stehen diese in der Verantwortung, bei Bedarf Maßnahmen zur Reduktion des klimaschädlichen Gases zu ergreifen.

## Dynamische Gasleckageortung mit dem Fahrzeug

Doch wie gelingt es, die Anforderungen der EU exakt und schnell zu erfüllen? Einen zielführenden Weg zeigt ABB Mess- und Analysetechnik mit der fahrzeugbasierten Gasleckagesuche MobileGuard auf. Diese beruht auf der Off-Axis Integrated Cavity Output Spectroscopy (OA-ICOS)-Technologie, deren Empfindlichkeit mehr als tausendmal höher ist als die herkömmlicher Leckagesuchtechniken. Der in Köln ansässige Energieversorger RheinEnergie setzt seit 2019 auf die Methode. Michael Blönigen, Teamleiter für Bau, Betrieb und Leitungsinstandhaltung bei der RheinEnergie im Bezirk West, erklärt: „Wir haben uns für MobileGuard entschieden, weil es in jedem handelsüblichen Fahrzeug installiert werden kann und im normalen Straßenverkehr betrieben werden darf. Dadurch können wir im Vergleich zu herkömmlichen Methoden einfacher und schneller mehr Kilometer Rohrleitungen inspizieren.“

## Zuverlässige Berichterstattung in Echtzeit

Diese wirksame Art der Gasleckageortung gelingt durch die Kombination aus einem OA-ICOS-Gasanalysator, einem Ultraschallanemometer zur Messung der Windgeschwindigkeit und einer GNSS-Antenne (Global Navigation Satellite System) zur Standortbestimmung. Eine Analysesoftware unterstützt Anwender bei der Lokalisierung, Kartierung und Quantifizierung von Leckagen – selbst bei einer Fahrtgeschwindigkeit bis zu 88 km pro Stunde. Da das Analysegerät sowohl Methan als auch Ethan erfasst, besteht kein Verwechslungsrisiko zwischen Pipelinegas und natürlich vorkommendem Methan. Die Analysesoftware wertet die Daten in Echtzeit aus und leitet sie sicher an einen Cloud-Speicher weiter. Michael Blönigen resümiert: „MobileGuard kombiniert effizient zwei wichtige Aufgaben – die Inspektion von Gasleitungsnetzen und die Berichterstattung über Methanemissionen – in einer einzigen Vor-Ort-Lösung, wodurch sowohl der Arbeitsaufwand als auch die Kosten gesenkt werden. Dank der kurzen Aufwärmzeit und der Echtzeitberichterstattung erhalten wir jederzeit einen sofortigen Überblick über die aktuelle Situation, was letztendlich zur Senkung unserer Methanemissionen beiträgt.“

## ABB-Portfolio für vielfältige Anwendungen

Um die Gasleckageanalyse in weiteren Anwendungsbereichen zu erleichtern, bietet ABB zusätzliche Messmethoden an: Für Erhebungen zu Fuß eignet sich die Handdetektionslösung MicroGuard. Die Gasleckagesuche mithilfe von luftgestützten Analysegeräten wie Drohnen gestaltet HoverGuard effizienter und kostengünstiger. Zuletzt entwickelt ABB derzeit EverGuard für die Überwachung von Erdgasemissionen in der Nähe von Hochrisikogebieten. Kurzum: Mit seinem Portfolio an Lösungen zur Gasleckagesuche stellt ABB den Energiesektor flexibel und sicher für die Zukunft auf.

Praxisnahe Insights zu den ABB-Gasleckage-Lösungen erhalten Sie am 6. und 7. November 2024 auf der ABB-Fachtagung. Jetzt registrieren: <https://events.bizzabo.com/643708>

### ABB AG

Dr. Michael Kleimann,  
Chemistry Industry Segment Manager  
[michael.kleimann@de.abb.com](mailto:michael.kleimann@de.abb.com)  
<https://new.abb.com/products/measurement-products/de>

# Innovatives und umweltfreundliches Dichtungsmaterial

## Nachhaltige Fortschritte in der Dichtungstechnik

Nachhaltigkeit wird von dem Dichtungshersteller Klinger Germany ganz konkret in einem Produkt umgesetzt. Das neue Dichtungsmaterial Gaja enthält die größtmögliche Anzahl an erneuerbaren Rohstoffen. Sven Wilken erläutert im Interview die Entwicklung und die Vorteile des neuen Dichtungswerkstoffs aus Naturkautschuk und welche Maßnahmen der Hersteller ergreift, um seinen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck zu senken.



### Keywords

- **Kautschuk-Dichtungen**
- **Nachhaltigkeit**
- **CO<sub>2</sub>-Fußabdruck**

Der Dichtungshersteller Klinger weiß, wie wichtig die Unterstützung von Umwelt-, Sozial- und Governance-Initiativen (ESG) ist und setzt dies mit einem neuen Produkt um. Für das Dichtungskonzept Gaja verzichtet der Hersteller auf die Verwendung von Farbpigmenten und Mineralölen und verwendet die größtmögliche Anzahl an erneuerbaren Rohstoffen wie Naturkautschuk, organische Zellulosefasern und bio-

logisch zirkulierende Kieselsäure. Das Material zeigt, dass Nachhaltigkeit nicht auf Kosten von Leistung oder Ästhetik gehen muss.

Klinger Gaja wurde auf der Achema 2024 vorgestellt und ist nun als Grundwerkstoff für Weiterverarbeiter oder Anwender von Dichtungen verfügbar.

Im Interview erläutert Sven Wilken die Hintergründe für diese Produktentwicklung, welche

Vorteile darin für Anwender liegen und was Klinger tut, um seinen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck zu senken.

Am Standort Idstein löst Sven Wilken Norbert Weimer ab. Weimer geht nach fast 33 Jahren bei Klinger Germany in den wohlverdienten Ruhestand. Das Unternehmen bedankt sich bei Norbert Weimer herzlich für die jahrzehntelange Zusammenarbeit und freut sich, Sven Wilken als seinen Nachfolger begrüßen zu dürfen.

## Nachgefragt

### Interview mit Sven Wilken, Geschäftsbereichsleiter Dichtungsplatten bei Klinger Germany

#### **CITplus: Welche Rolle spielt der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck Ihrer Produkte bei Ihren Kunden?**

**Sven Wilken:** Der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck unserer Produkte ist für unsere Kunden von großer Bedeutung. In einer Zeit, in der Nachhaltigkeit immer wichtiger wird, erwarten Unternehmen von uns umweltfreundliche Lösungen, die ihre eigenen Nachhaltigkeitsziele unterstützen und gleichzeitig die gesetzlichen Anforderungen erfüllen. Ein geringer CO<sub>2</sub>-Fußabdruck ist ein wesentliches Kriterium bei der Auswahl unserer Produkte.

#### **Welche Maßnahmen ergreifen Sie, um den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck Ihrer Dichtungen zu reduzieren?**

**S. Wilken:** Wir setzen auf verschiedene Maßnahmen: Optimierung unserer Produktionsanlagen, um energieeffizienter zu produzieren und auf die Verwendung nachhaltiger Produktionsmittel und Materialien. Wir legen großen Wert

auf langlebige Produkte, die seltener ausgetauscht werden müssen, was Ressourcen spart und den CO<sub>2</sub>-Ausstoß reduziert.

#### **Können Sie das näher erläutern?**

**S. Wilken:** Natürlich. Ein Beispiel ist die Umstellung auf energieeffiziente Produktionsverfahren. Wir haben in modernste Technologien investiert, die weniger Energie verbrauchen und gleichzeitig eine höhere Produktionskapazität ermöglichen. Dazu gehören unter anderem optimierte Heizsysteme und effizientere Motoren. Darüber hinaus nutzen wir, wo immer möglich, erneuerbare Energien, um unseren Energiebedarf zu decken. Dies reduziert nicht nur unsere CO<sub>2</sub>-Emissionen, sondern auch unsere Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen. 2023 wurde das Weiteren auf regional produziertes Bio-Ethanol als Lösungsmittel umgestellt, wodurch wir unsere CO<sub>2</sub>-Emissionen jährlich um 100 t reduzieren konnten.

Außerdem legen wir Wert auf einen effektiven Umgang mit Reststoffen und der Förderung von Recyclingaktivitäten. Durch die Reduktion von Abfall und die Wiederverwertung von Materialien können wir unseren ökologischen Fußabdruck weiter verkleinern. Dazu gehört auch, ein Bewusstsein für Ressourcenschonung und umweltbewusstes Handeln bei den Mitarbeitenden in allen Bereichen unseres Unternehmens zu fördern. Die regelmäßige Durchführung von Audits und Zertifizierungen stellt sicher, dass unsere Produktionsstandards den höchsten Umweltauforderungen entsprechen. Dies umfasst unter anderem die ISO 14001-Zertifizierung für Umweltmanagementsysteme. Und schließlich auch die Zusammenarbeit mit Lieferanten, um sicherzustellen, dass die von uns verwendeten Materialien und Komponenten umweltfreundlich und nachhaltig sind. Wir wählen unsere Lieferanten sorgfältig aus und arbeiten gemeinsam daran, die Umweltverträglichkeit unserer Produkte kontinuierlich zu verbessern.

#### Welche Rolle spielen nachwachsende Rohstoffe in Ihrer Produktion?

**S. Wilken:** Nachwachsende Rohstoffe sind eine vielversprechende Möglichkeit, noch ressourcenschonendere Produkte herzustellen. Diese Materialien wachsen in natürlichen Zyklen nach und können somit die Abhän-

*„Durch die Bereitstellung nachhaltiger, leistungsfähiger Produkte tragen wir dazu bei, dass unsere Kunden ihre Umweltziele erreichen und bauen so langfristige Partnerschaften auf.“*

gigkeit von fossilen Rohstoffen reduzieren. In der Dichtungsindustrie ist der Einsatz nachwachsender Rohstoffe jedoch mit Herausforderungen verbunden, da nicht alle Rohstoffe durch nachwachsende Alternativen ersetzt werden können. Insbesondere bei Zusatzstoffen, die für spezielle chemische und physikalische Eigenschaften erforderlich sind, ist die Umstellung komplex. Dennoch forschen wir intensiv an der Integration solcher Materialien, um unsere Produkte nachhaltiger zu gestalten.

#### Können Sie Beispiele für angepasste Rohstoffe nennen?

**S. Wilken:** Sicher. Wir verwenden zum Beispiel bei unserem neuen nachhaltigen Pro-

dukt Klinger Gaja hauptsächlich Naturkautschuk anstelle von synthetischem Kautschuk. Auch bei der Auswahl von Füllstoffen und Weichmachern bevorzugen wir hier umweltfreundlichere Alternativen, die auf natürlichen Quellen basieren.

#### Beeinträchtigt das die Leistung Ihrer Produkte?

**S. Wilken:** Nein, durch intensive Forschung und Entwicklung haben wir Materialien identifiziert, die unseren hohen Qualitätsstandards und den spezifischen Anwendungsgebieten entsprechen. Unsere Produkte behalten ihre Zuverlässigkeit und Langlebigkeit, auch wenn wir auf nachhaltige Rohstoffe umstellen.

#### Welche Herausforderungen gab es bei der Entwicklung und Konstruktion?

**S. Wilken:** Die Umstellung auf nachhaltige Materialien ist verständlicherweise nicht von jetzt auf gleich zu realisieren. Insbesondere die Sicherstellung der Materialkompatibilität und Einhaltung technischer Spezifikationen waren Hürden. Dennoch ist es uns gelungen, zukunftsweisende Lösungen zu finden.

#### Können Sie uns mehr über die Entwicklungsschritte erzählen?

**S. Wilken:** Gerne. Einer der ersten Schritte war die umfassende Analyse unserer bestehenden Materialien und Produktionsprozesse. Wir mussten genau verstehen, welche Materialien durch nachhaltige Alternativen ersetzt werden können, ohne die Leistungsfähigkeit zu beeinträchtigen. Anschließend haben wir umfangreiche Tests durchgeführt, um die Kompatibilität und Qualität der neuen Materialien sicherzustellen. Dieser Prozess erforderte eine enge Zusammenarbeit mit unseren Lieferanten und Partnern, um innovative Lösungen zu entwickeln und umzusetzen.

#### Was können Sie uns über das neue nachhaltige Dichtungskonzept sagen?

**S. Wilken:** Klinger Gaja ist ein Dichtungsmaterial für Anwendungen, die einen hohen Anspruch an Nachhaltigkeit haben, darunter die Automobil-, Chemie- und Lebensmittelindustrie. Das Dichtungsmaterial, hergestellt aus nachwachsenden Rohstoffen



Klinger Gaja wurde speziell für Unternehmen entwickelt, die Wert auf Nachhaltigkeit legen.

und recycelten Materialien, bietet eine hervorragende Umweltbilanz bei gleichbleibender Leistungsfähigkeit. Es bietet somit eine umweltfreundliche Alternative, ohne Kompromisse bei der Qualität einzugehen. Durch die Umstellung auf nachhaltige Rohmaterialien wird der CO<sub>2</sub>-Ausstoß des Materials um 25 % reduziert.

#### Ist der Einsatz von Rezyklaten in Ihren Produkten möglich?

**S. Wilken:** Ja, der Einsatz von Rezyklaten ist eine effektive Methode zur CO<sub>2</sub>-Reduktion. Rezyklate sind aufbereitete Materialien, die aus recycelten Abfällen stammen. Wir integrieren bereits solche Materialien in einigen Produkten, um die Umweltbelastung zu senken, ohne die Qualität und Leistungsfähigkeit der Dichtungen zu beeinträchtigen. Durch den Einsatz von Rezyklaten können wir den Ressourcenverbrauch weiter reduzieren und gleichzeitig einen Beitrag zur Kreislaufwirtschaft leisten.

Das Interview führte Dr. Etwina Gandert, Chefredakteurin CITplus.

Wiley Online Library



KLINGER GmbH, Idstein, Germany  
Tel.: +49 6126 4016-35  
info@klinger.de  
www.klinger.de

# Den Kreislauf in Schwung bringen

Ein aktuelles Dechema-Statuspapier stellt den Bezug zwischen Circular Economy und chemischer Technik her

FOKUS

Woher kommen die Rohstoffe von morgen? Wie vermeiden wir Abfälle? Wie stoppen wir den Klimawandel? Die Circular Economy adressiert alle diese Fragen gleichzeitig. Ihr Kern ist die Schließung von Stoffkreisläufen, ob seltene Metalle, Wasser oder Kohlenstoff. Doch was sich in wenigen Sätzen zusammenfassen lässt, ist tatsächlich ein Geflecht aus unterschiedlichsten Kreisläufen mit zahlreichen Wechselwirkungen und Verknüpfungen. In einem Statuspapier untersucht die Dechema dieses komplexe System aus der Perspektive von Biotechnologie und chemischer Verfahrenstechnik – denn beide sind essenziell für die praktische Umsetzung.



Keywords

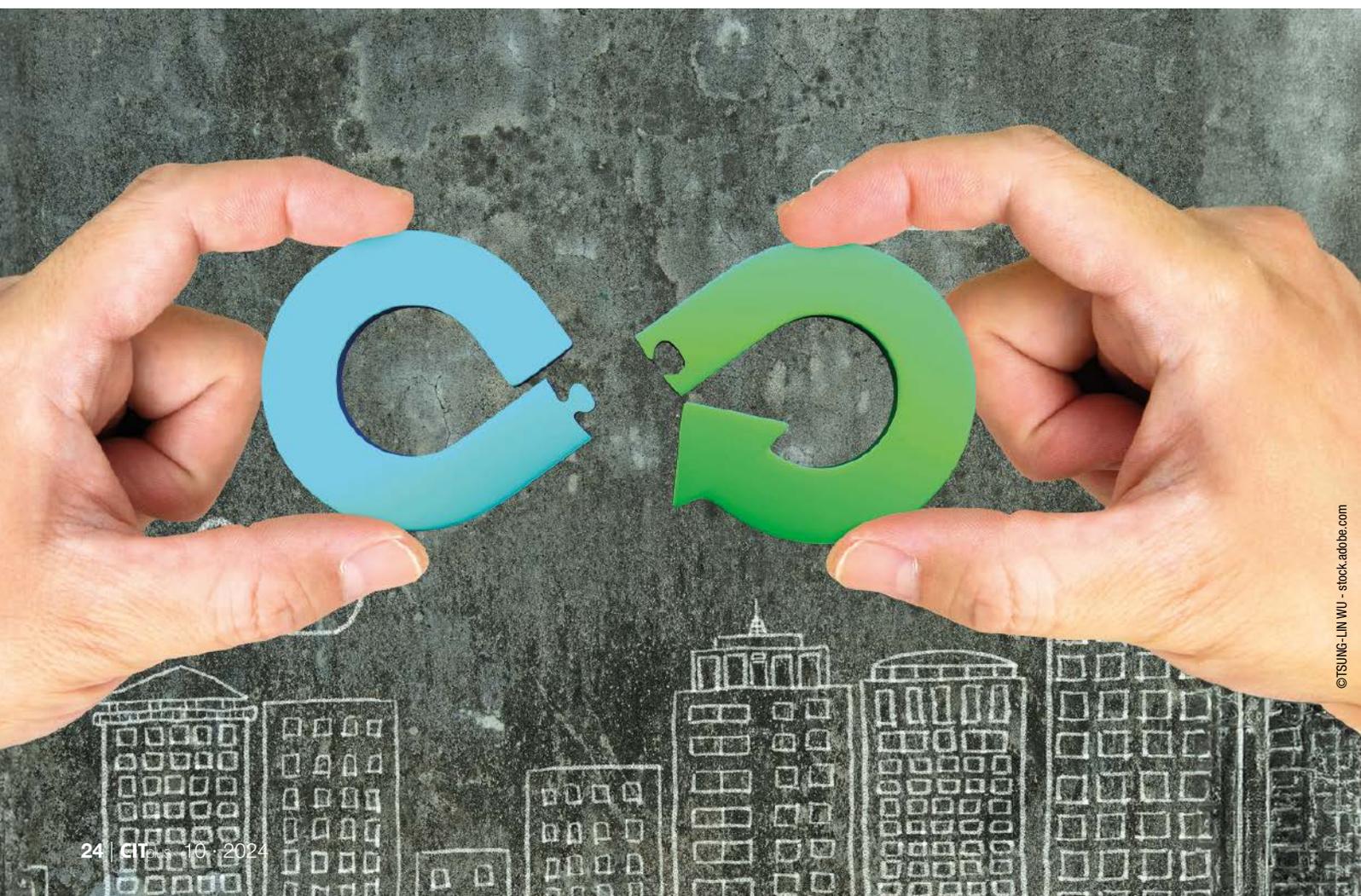
- **Kreislaufwirtschaft**
- **chemische und biotechnologische Verfahrenstechnik**
- **Rohstoffressourcen**

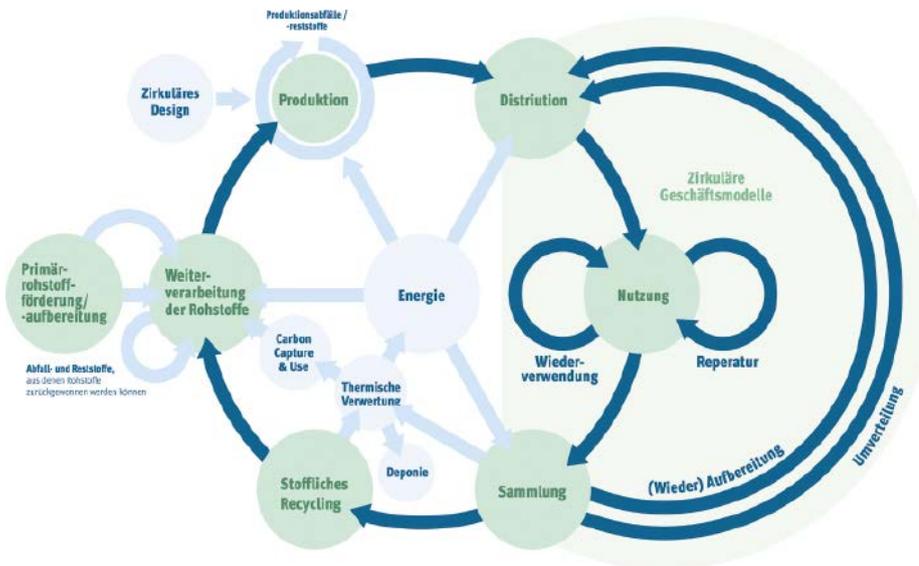
Der Begriff Circular Economy hat sich im letzten Jahrzehnt für ein umfassendes Wirtschaftsmodell etabliert, das durch Maßnahmen im gesamten Lebenszyklus von Rohstoffen, Materialien und Produkten zum nachhaltigen Wirtschaften beitragen soll. Zentrale Punkte sind die längere Nutzung von Produkten beispielsweise durch Wiedernutzung oder -aufbereitung, Reparatur, die Recyclingfähigkeit,

konkrete Recyclingverfahren auf Produkt- bis molekularer Ebene sowie die systemischen Voraussetzungen von der Kennzeichnung bis zum Design flexibler Anlagen.

Die Circular Economy lässt sich anhand unterschiedlicher Perspektiven konzipieren. Ausgangspunkt ist häufig ein konkretes Produkt wie Batterien, Kunststoffverpackungen, Dämmmaterial und vieles mehr. Dieser

Ansatz hat den Vorteil, dass tatsächlich ein kompletter Kreislauf betrachtet werden kann, der auch Fragen wie die Art der Nutzung oder die Logistik für die Sammlung und Verwertung der gebrauchten Produkte umfasst. So können sehr konkrete Lösungen entwickelt werden – zumindest dann, wenn längerfristig gleiche oder ähnliche Produkte im Kreislauf geführt werden.





Circular Economy setzt sich aus vielen Kreisläufen zusammen.

Doch das ist häufig nicht der Fall: Batterien entwickeln sich so schnell weiter, dass die in ihnen enthaltenen Rohstoffe für die nächste Produktgeneration gar nicht mehr gebraucht werden. Viele Kunststoffe lassen sich derzeit (noch) nicht ohne Qualitätsverlust recyceln, sodass sie nicht wieder in gleicher Weise eingesetzt werden können. So landen die einzelnen Komponenten häufig in unterschiedlichsten neuen Produkten – und anstelle eines Kreislaufs entwickelt sich ein komplexes Gebilde untereinander vernetzter Kreisläufe.

**Eine Frage des Blickwinkels**

Dem trägt die Gliederung nach Stoffen Rechnung: Das Kohlenstoffatom, das zuerst in einer Beschichtung steckte, gelangt über chemisches Recycling in eine Kunststoffkomponente in einem Fahrzeug. Nach der thermischen Verwertung wird es als CO<sub>2</sub> durch eine Pflanze gebunden und tritt als Biomasse in eine andere Wertschöpfungskette ein. Die Betrachtung aus Sicht eines Stoffkreislaufs trägt den vielfältigen Wegen für die Wiedernutzung eines Atoms oder Moleküls Rechnung und bildet die Grundlage für Modelle, die den nachhaltigsten Verwertungspfad ermitteln können.

In vielen Produkten ist jedoch nicht nur ein Stoff enthalten, sondern mehrere, die sich unter Umständen nicht alle in gleicher Weise zurückgewinnen lassen. Dann ist abzuwägen, welcher Weiterverarbeitungspfad im Mittelpunkt steht und wo Qualitätseinbußen in Kauf genommen werden. Ein Beispiel sind kunststoffummantelte Kabel, bei denen die Wiedergewinnung des Metalls aus wirtschaftlichen Gründen eindeutig Priorität hat.

Das Dechema-Statuspapier fügt diesen Blickwinkeln eine weitere Perspektive hinzu. Die europäische Taxonomie gliedert die Circular Economy in die Bereiche Circular Design &

Production, Circular Use, Circular Value Recovery und Circular Support. Diesen Bereichen lassen sich die verfahrenstechnischen Beiträge zuordnen, von Fragen des Designs (z.B. bei der Fügetechnik und Werkstoffauswahl) über die vielfältigen Möglichkeiten zur Stofftrennung für die Circular Value Recovery bis hin zu flexiblen Anlagenkonzepten für Circular Support. Komplementär zur Analyse auf Produkt- oder Stoffebene ermöglicht dieser Ansatz, grundsätzliche Herausforderungen und Lösungsansätze zu identifizieren, die vielen oder allen Kreislaufschließungen gemeinsam sind.

**Grundprinzipien der Kreislaufschließung**

Einige Grundprinzipien der Circular Economy lassen sich schnell zusammenfassen: In der Regel ist es vorteilhaft, Kreisläufe auf einer möglichst großen Größenskala zu schließen, d.h. Werkstoffe möglichst unverändert wieder zu nutzen, statt sie auf die molekulare oder gar atomare Ebene herunterzubrechen. Je kleiner die „Bauteile“, desto höher in der Regel der Wasser- und Energiebedarf bei der Kreislaufschließung. Trotzdem kann es gute Gründe für eine Kreislaufführung auf molekularer oder atomarer Ebene geben, etwa wenn Verunreinigungen die direkte Weiternutzung unmöglich machen und somit vor dem Wiedereinsatz ausgeschleust werden müssen. Deshalb ist im Einzelfall eine Lebenszyklusanalyse (LCA) notwendig, um über den besten Verwertungsweg zu entscheiden. Generell ist ein sortenreiner Einsatz von Stoffen oder Materialien sinnvoll, weil Verunreinigungen und Trennaufwand minimiert werden. Auch eine Kennzeichnung von enthaltenen Stoffen ist wichtig; das gilt besonders für Verbraucherprodukte, die weit verstreut anfallen, sowie bei sehr langlebigen Produkten, die erst nach Jahren oder Jahrzehnten in den Recyclingstrom gelangen.



Safety is for life.™

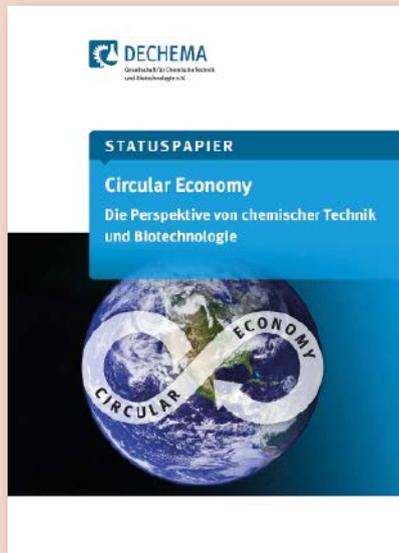


rembe.de  
**REMBE® GmbH Safety+Control**  
 Gallbergweg 21  
 59929 Brilon, Germany  
 T +49 2961 7405-0  
 hello@rembe.de

© REMBE® | All rights reserved

## Statuspapier Circular Economy

Beim Tutzing-Symposium 2022 wurden die Grundlagen für das Statuspapier gelegt; dabei gingen die Diskussionen weit über technische Fragestellungen hinaus. Nun ist das Statuspapier „Circular Economy – Die Perspektive von chemischer Technik und Biotechnologie“ kostenfrei verfügbar unter: [dechema.de/Statuspapier\\_Circular\\_Economy](https://dechema.de/Statuspapier_Circular_Economy)



Damit ist bereits ein Aspekt des Circular Designs genannt, zu dem Verfahrenstechnik und Chemie beitragen können: Die Auswahl bzw. Entwicklung von Materialien, deren Funktionalitäten nicht nur für die Nutzungsphase, sondern auch das Recycling optimiert sind, kann Kreislaufschließungen erheblich erleichtern oder überhaupt erst möglich machen.

Dazu gehören auch die strategische Auswahl von Werkstoffen und ein Konzept für eine künftige Recycling-Infrastruktur, an der sich die Produktdesigner orientieren können. So lassen sich Lock-In-Effekte vermeiden, bei denen ein bestehendes komplexes technologisches und regulatorisches System den Übergang zu besseren Alternativen verhindert.

Auch neue Produktionsanlagen sollten sich an diesen Zukunftskonzepten ausrichten. Wenn man davon ausgeht, dass künftig eine dezentrale Verarbeitung von Stoffströmen anstelle von World-Scale-Raffinerien treten könnte, sind kleinere, modulare und flexible Anlagen ein geeigneter Weg für effiziente Kreislaufösungen.

### Verfahrenstechnische Grundoperationen als Schlüssel

Im Bereich Circular Value Recovery finden nahezu sämtliche verfahrenstechnische Grundoperationen Anwendung. Egal ob beim Kunststoffabfall oder beim Lithium-Ionen-Akku, der erste Verfahrensschritt ist in der Regel die mechanische Aufbereitung. Sie umfasst das Zerkleinern und Klassieren sowie die Trennung unterschiedlichster Feststoffe. Unabhängig vom jeweiligen Produkt ist die Quantifizierung und Beschreibung der Eingangsstoffe eine wesentliche Voraussetzung dafür, die geeigneten Trennverfahren auf verschiedenen Größenskalen weiterzuentwickeln. Auch Arbeits- und Emissionsschutz müssen an die neuen Anforderungen angepasst werden.

Ziel bei der weiteren Wiederaufbereitung ist, Funktionalitäten möglichst zu erhalten, und gleichzeitig Verunreinigungen zu entfernen. Sowohl für Thermoplaste als auch für Metalle

bzw. Legierungen ist das Schmelzen dafür ein wichtiger mechanischer Aufbereitungsschritt. Die Aufarbeitung von Schmelzen, besonders der Einsatz fortgeschrittener Verfahren wie der In-Prozess-Extraktion oder der Adsorption, begleitet von einer aussagekräftigen Inline-Analytik, kann dazu beitragen, weitere Rohstoffströme zu erschließen. Zusätzlich gilt

„Neben der mechanischen, thermischen und chemischen Verfahrenstechnik können auch die Biotechnologien einen erheblichen Beitrag zur Circular Economy leisten.“



© Dechema / Sven Langer

**Dr. Kathrin Rübberdt,**

Leiterin des Bereichs Wissenschaft und Industrie, Dechema

für alle Schmelzprozesse, dass eine optimierte Energieeffizienz und der Einsatz CO<sub>2</sub>-neutraler Energieträger zu einer besseren Bilanz der Verfahren beitragen können.

Für andere gemischte oder verunreinigte Stoffströme eignen sich Lösungs- und Fällungsverfahren besonders zur Reinigung und Rückgewinnung von Wertstoffen. Unabhängig davon, ob es um die Rückgewinnung anor-



Zahlreiche Expertinnen und Experten aus Dechema- und Dechema/VDI-Gremien haben ihr Wissen zum Statuspapier beigesteuert.

ganischer oder metallischer Wertstoffe aus z.B. Klärschlamm oder um die Aufreinigung von Kunststoffen wie PET geht, stellt die Aufbereitung der anfallenden Lösungsmittel eine Herausforderung dar. Auch bei der Stofftrennung, z.B. über Membranen, und der kontinuierlichen Verfahrensführung besteht noch Forschungsbedarf.

„Zur erfolgreichen Umsetzung sind gesellschaftliche Aushandlungsprozesse ebenso notwendig wie die gesetzlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen und Anreize – und das möglichst auf der internationalen Ebene.“



© Dechema / Sven Langer

**Katja Wendler,**  
Leiterin des Fachbereichs Rohstoffe, Dechema



Wo mechanische Verfahren an ihre Grenzen stoßen, werden zunehmend Pyrolyse und Gasifizierung eingesetzt. Das gilt vor allem für kohlenstoffhaltige Ströme unter dem Stichwort „chemisches Recycling“, aber auch im Metallrecycling werden Hochtemperaturverfahren genutzt, um aus kunststoffhaltigen Schredderresten Wertstoffe wie Indium, Gallium, Palladium oder Silber zurückzugewinnen. Neben der Frage nach der Energieeffizienz und dem Einsatz nachhaltiger Energiequellen geht es derzeit vor allem darum, die Qualität organi-

scher Pyrolyseöle zuverlässig vorhersagen und einstellen zu können, um sie für den Einsatz im Cracker attraktiv zu machen.

**Mehr als Trennverfahren**

Doch nicht nur bei der Circular Value Recovery, bei der die Rolle der Verfahrenstechnik offensichtlich ist, sondern auch für den Circular Support bietet die chemische Verfahrenstechnik wertvolle Lösungsansätze. Um eine systemische Betrachtung zu ermöglichen und z.B. auch finanzielle Kompensationsmaßnahmen einführen zu können, ist die digitale Abbildung der Prozesse und Daten notwendig, um Erfolge zu messen und die Ressourceneffizienz zu maximieren. Außerdem müssen Wasser- und Energiebedarfe und der Umgang mit diesen Ressourcen in die Betrachtung einbezogen werden. Jede Kreislaufschließung erfordert Energieeinsatz, und fast bei allen kommt Wasser als Hilfsstoff, Lösungs- oder Kühlmittel zum Einsatz.

Neben der mechanischen, thermischen und chemischen Verfahrenstechnik können auch die Biotechnologen einen erheblichen Beitrag zur Circular Economy leisten. Die Circular Economy hat sich teils schon als Begriff etabliert. Doch die Biotechnologie kann nicht nur dazu beitragen, über Photosynthese und Biomasse den Kohlenstoffkreislauf zu schließen. Auch der Stickstoff- und Phosphor-Kreislauf sind nicht denkbar ohne die Einbeziehung von biobasierten Lösungen, und biotechnologische Verfahren zur Rückgewinnung von Metallen z.B. durch Biolaugung oder Phytoremediation sind ebenfalls bereits in der praktischen Erprobung.

**Basis für den gesellschaftlichen Diskurs**

So wichtig chemische und Bio-Verfahrenstechnik für die Circular Economy auch sein mögen, ihr Beitrag ist notwendig, aber nicht hinreichend. Zur erfolgreichen Umsetzung sind gesellschaftliche Aushandlungsprozesse

ebenso notwendig wie die gesetzlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen und Anreize – und das möglichst auf der internationalen Ebene. Auch darauf weisen die Autorinnen und Autoren des Papiers hin. Sie sehen die Umsetzung der Circular Economy als Chance und als Risiko für den Standort Deutschland und Europa. Um im weltweiten Wettbewerb bestehen zu können, warnen sie vor dem Hang zum Over-Engineering. Gleichzeitig sehen sie eine Stärke im einzigartigen Ökosystem aus Forschung, Lehre, KMU und Großunternehmen.

Das Statuspapier erhebt nicht den Anspruch, die Circular Economy in all ihren Aspekten zu erfassen, möchte aber ein möglichst zusammenhängendes Bild zeichnen. Und es soll einen Beitrag zur gesellschaftlichen Diskussion leisten – was ist technisch heute schon machbar, welche Potenziale liegen in Innovation und Optimierung, und welchen Fragen müssen sich alle Akteure jenseits dessen noch stellen, um künftigen Generationen einen guten Lebensstandard gewährleisten zu können.

**Dr. Kathrin Rübberdt,**

Leiterin des Bereichs Wissenschaft und Industrie,

**Katja Wendler,**

Leiterin des Fachbereichs Rohstoffe, Dechema

Wiley Online Library



**DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V., Frankfurt am Main**  
Tel.: +49 69 7564 - 0  
info@dechema.de  
www.dechema.de

Bilder © Dechema

## Thomapren®-EPDM/PP-Schläuche – FDA konform

www.rct-online.de



Elastischer Pumpen-, Pharma- und Förderschlauch für höchste Ansprüche

- **High-Tech-Elastomer EPDM/PP:** Temperaturbeständig bis +135 °C, UV-beständig, chemikalienresistent, niedrige Gaspermeabilität
- **Für Schlauchquetschventile und Peristaltikpumpen:** Bis zu 30 mal höhere Standzeiten gegenüber anderen Schläuchen
- **Biokompatibel und sterilisierbar:** Zulassungen nach FDA, USP Class VI, ISO 10993, EU 2003/11/EG



Richtelt  
Chemietechnik  
GmbH + Co.

Englerstraße 18  
D-69126 Heidelberg  
Tel. 0 62 21 31 25-0  
Fax 0 62 21 31 25-10  
rct@rct-online.de



# Die Zukunft des Recyclings gestalten

## Recyclingsektor unter Entwicklungsdruck – von PVC- und Textil-Recycling bis hin zu technischen Thermoplasten und digitalen Lösungen

Die ambitionierten Recyclingziele der EU, die (Selbst-)Verpflichtungen der chemischen Industrie und der Markenhersteller sowie die Anforderungen der Kunden üben einen enormen Entwicklungsdruck auf den Recyclingsektor aus. Einem großen Anteil nicht recycelter Abfallströme stehen die Nachfrage und die Suche nach erneuerbaren Rohstoffen für Chemikalien und Materialien gegenüber. Dies wirft die Frage auf, welche Technologien für welchen Abfallstrom am besten geeignet sind und wie die Umweltauswirkungen zu bewerten sind.



**Keywords**

- *chemisches Recycling*
- *PVC*
- *erneuerbare Rohstoffe*

Fortschrittliche („Advanced“) Recyclingtechnologien entwickeln sich sehr dynamisch, wobei ständig neue Akteure auf den Markt drängen, von Start-ups bis hin zu Chemie-giganten und allem, was dazwischen liegt. Die mittlerweile dritte Auflage der zweitägigen „Advanced Recycling Conference (ARC)“ in Köln und die kürzlich aktualisierte Studie „Mapping of Advanced Plastic Waste Recycling Technologies and their Global Capacities“ zielen darauf ab, die Informationsflut zu bewältigen.

### Konferenz inspiriert Industrie

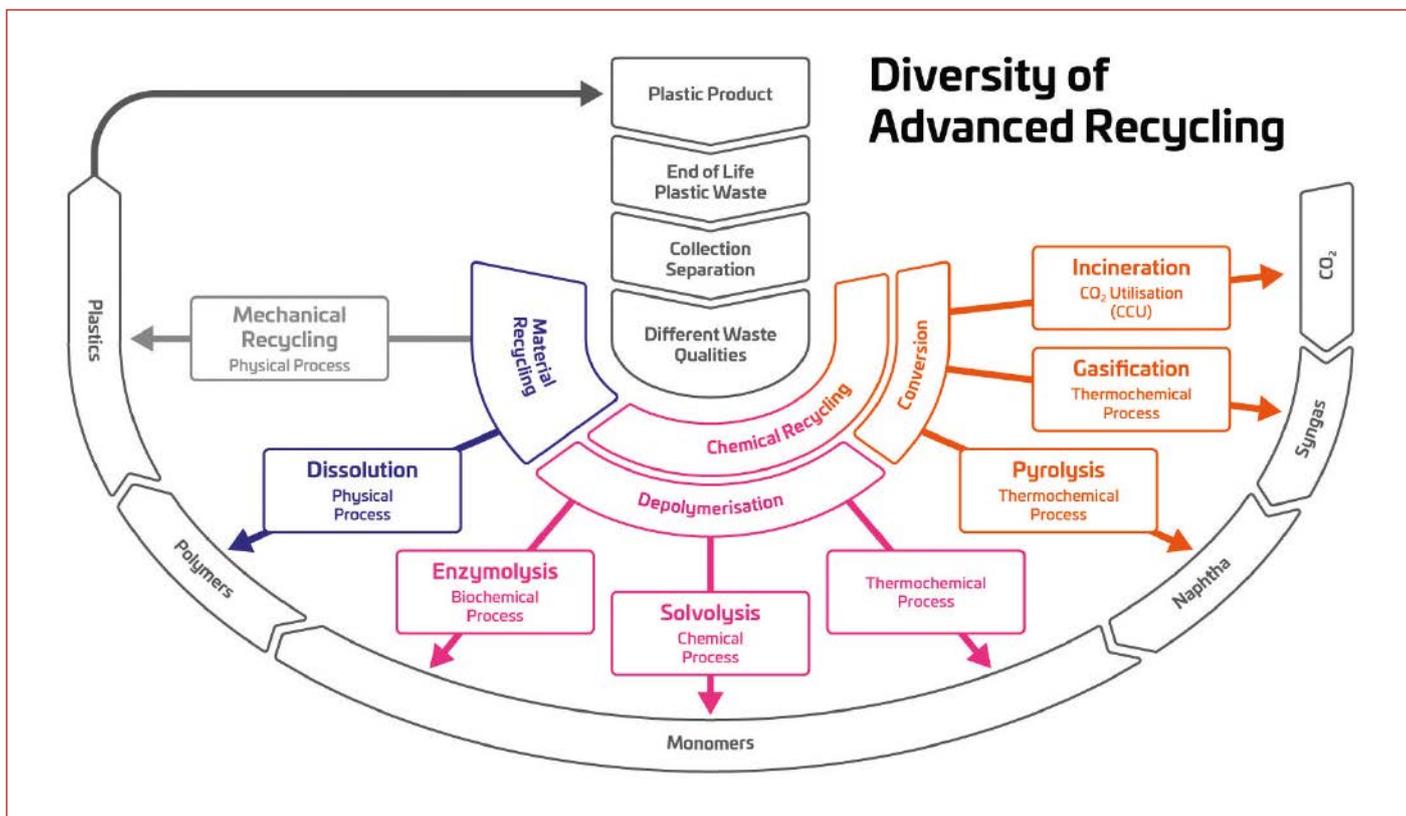
Das erweiterte Programm der Advanced Recycling Conference greift die drängendsten Fragen der Recyclingbranche auf.

Folgende Themenkomplexe werden in über-greifenden Sessions besprochen und diskutiert:

- Perspectives of Advanced Plastics Recycling: Mit fortschrittlichem Recycling steht ein vielseitiger Werkzeugkasten an Recyclingtechnologien zur Verfügung, der benötigt wird, da die Anforderungen und Herausforderungen je nach Polymer und Branche

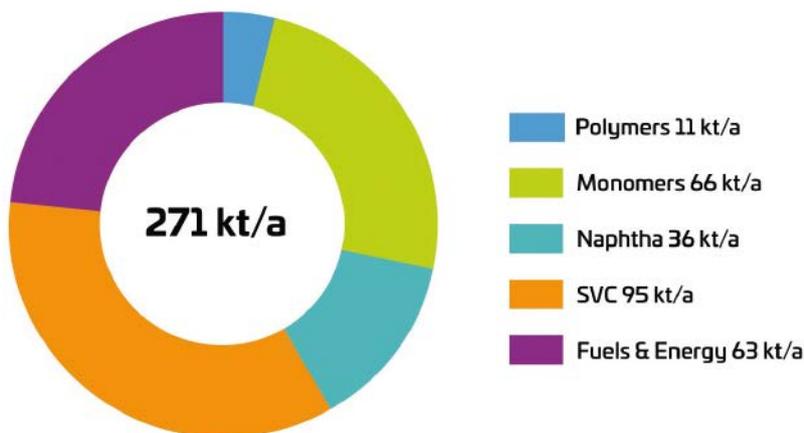
variieren. In dieser Sitzung werden die verfügbaren Recyclingtechnologien und -kapazitäten vorgestellt.

- From Polymer to Building Units and Back to Polymer – An Excursion Through Different Depolymerisation Technologies: Mit Hilfe von Wärme, Strahlung, dem Einsatz von Katalysatoren oder der Zugabe von Chemikalien und Enzymen spaltet die Depolymerisation Kunststoffabfälle und sogar Textilien in ihre Bausteine (z.B. Monomere) auf, die in die Polymerproduktion zurückgeführt werden können.



Gesamtes Spektrum der verfügbaren Recyclingtechnologien, unterteilt nach ihren grundlegenden Funktionsprinzipien und ihren Produkten.

## EU27+3 Advanced Recycling Product Output Capacity



Installierte Produktionskapazitäten für verschiedene fortschrittliche Recyclingtechnologien in der EU27+3.

- From Recovery of Feedstocks to Products: Oft ist die Qualität der Rohstoffe ein limitierender Faktor. Zu diesem Thema werden die sich entwickelnden Spezifikationen für Rohstoffe, Strategien und Technologien zur Verbesserung der Verwertungsrate sowie die Rolle chemischer Recyclingtechnologien für die Herstellung neuer Kunststoffe näher beleuchtet.
- Thermochemical Recycling: Die Pyrolyse erweist sich als ein vielseitiges Werkzeug, welches das mechanische Recycling ergänzen kann, um eine breite Palette verschiedener Produkte zu erzeugen, die in der Chemie- und Kunststoffindustrie Verwendung finden. Die Grenzen zu weiteren thermochemischen Verfahren jenseits der Pyrolyse sind in der Regel fließend, da oft ähnliche Reaktionsbedingungen vorliegen.
- Markets, Investments and Funding: Im Rahmen der Veranstaltung „Markets, Investments and Funding“ werden die Teilnehmenden über die Preisdynamik und die Marktentwicklung in der Kunststoffrecyclingbranche informiert.
- Dissolution Technologies for Recycling of Commodity Plastics: Hierbei stehen die Polymerextraktion oder -reinigung von PE, PP und PS aus Kunststoffen im Fokus, welche durch physikalisches Recycling unter Verwendung von Auflösungsprozessen erfolgt.

- Depolymerisation Technologies for PET: Mit Hilfe von festen oder flüssigen Chemikalien sowie Enzymen zerlegt die Depolymerisation PET-Abfälle und sogar Textilien in ihre Bausteine (z.B. Monomere). Diese können der Polymerproduktion wieder zugeführt werden.
- Pre-/Post Treatment and Upgrading: Vor- und Nachbehandlungs- sowie Aufbereitungstechnologien fungieren als Verbindungselemente (Enabler) zu allen fortschrittlichen Recyclingtechnologien. Mit den hier vorgestellten Verfahren lassen sich höhere Ausbeuten und Produktqualitäten erzielen und das Recycling auf ein neues Niveau heben.

### Aktualisierte Studie über fortschrittliche Recyclingverfahren

In der im Februar 2024 veröffentlichten Studie werden insgesamt 127 Advanced Recycling-Technologien vorgestellt, die derzeit auf dem Markt verfügbar sind oder in Kürze verfügbar sein werden. Die meisten der identifizierten Technologien befinden sich in Europa, vor allem in den Niederlanden und Deutschland. In dieser Studie werden auch sechs Anbieter von Vor- und Nachbehandlungstechnologien vorgestellt, die eine Schlüsselrolle bei der Bereitstellung von Zusatzlösungen für die Vorbehandlung von Rohstoffen vor dem Recycling sowie für die Umwandlung von sekundären Wertstoffen in Chemikalien, Materialien und Brennstoffe spielen werden. Eine wichtige Neuerung der Studie ist die erstmalige umfassende Auswertung der weltweiten Input- und Output-Kapazitäten. Dafür wurden über 340 geplante sowie installierte und in Betrieb befindliche Anlagen analysiert, einschließlich ihrer spezifischen Produktausbeute. Insgesamt liegt die Inputkapazität der weltweit erfassten Anlagen bei 1.477 kt pro Jahr. In Europa gibt es bereits ein erhebliches Poten-

zial an Know-how und Anbietern für chemische und physikalische Recycling Technologien, was sich auch im Vergleich mit den weltweit installierten Anlagen und Kapazitäten zeigt. Von allen weltweit installierten Anlagen für chemisches und physikalisches Recycling sind mehr als 60 und damit die meisten in Europa in Betrieb und decken fast ein Viertel der weltweiten Input-Kapazität ab, womit Europa im globalen Vergleich an der Spitze steht. Weltweit beträgt die Produktionskapazität für Advanced Recycling 1.082 kt pro Jahr, wobei die Produktpalette von Polymeren, Monomeren, Naphtha, sekundären wertvollen Chemikalien (Secondary Valuable Chemicals, SVC) bis hin zu Brennstoffen und Energieträgern reichen. Europas Kreislaufstrategie wird deutlich, wenn die Produktanteile von Polymeren, Monomeren, Naphtha und SVC aus dem chemischen und physikalischen Recycling in den globalen Kontext gestellt werden. Hier ist Europa in der Lage, 36 % der weltweit installierten Kapazität abzudecken.

In den kommenden fünf Jahren wird ein starkes Wachstum des Marktes erwartet, in dem die Anzahl der installierten chemischen und physikalischen Recyclinganlagen zunehmen wird. Ein erster Indikator dafür sind Ankündigungen der Technologieanbieter für den Bau neuer Anlagen. Eine Analyse der Ankündigungen zeigt, dass sich die Inputkapazität in Europa bis 2027 mehr als verdreifachen wird, während sich die Kapazität weltweit verdoppeln wird. Die Prognose für Europa könnte sich jedoch in Abhängigkeit von zusätzlichen politischen Maßnahmen ändern, wie der Überarbeitung einschlägiger Richtlinien oder der Schaffung von Anreizen und Investitionsprogrammen.



**Dr. Lars Krause,**  
Senior Expert, Technology & Markets Carbon Economy  
Chemical Recycling, Nova-Institut

Wiley Online Library



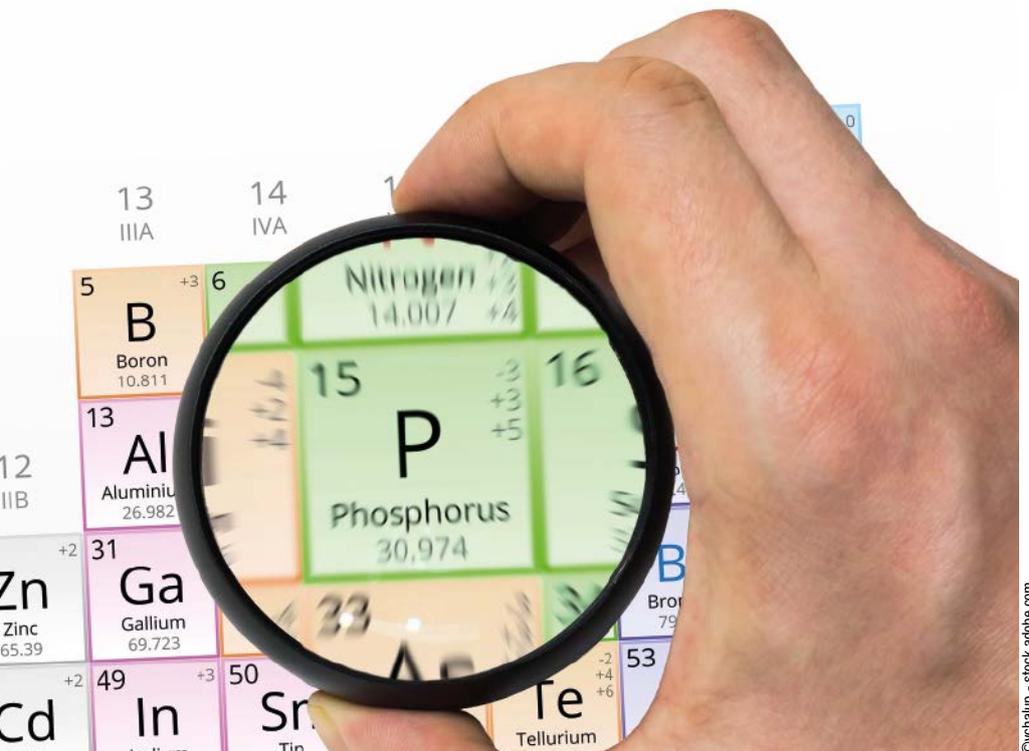
### Advanced Recycling Conference (ARC)

- 20. – 21. November 2024
- Köln (Hybridveranstaltung)
- [www.advanced-recycling.eu](http://www.advanced-recycling.eu)

**nova-Institut GmbH, Hürth**  
Dominik Vogt / Dr. Lars Krause  
Tel.: +49 2233 460 14 - 00  
[dominik.vogt@nova-institut.de](mailto:dominik.vogt@nova-institut.de)  
[contact@nova-institut.de](mailto:contact@nova-institut.de)  
[www.renewable-carbon.eu/publications/](http://www.renewable-carbon.eu/publications/)

# Die Phosphorressourcen der Zukunft

## Wie Klärschlammasche zur nachhaltigen Phosphorgewinnung beiträgt



Das essenzielle Element Phosphor wird fast ausschließlich aus Phosphaterzen gewonnen und zu über 80 % in der Landwirtschaft eingesetzt. Da Phosphorquellen endlich sind, hat der Gesetzgeber ab dem Jahr 2029 eine Rückgewinnung aus Klärschlamm vorgeschrieben. Eirich zeigt Möglichkeiten zur Nutzung als Düngemittel, sowie wirtschaftliche Aufschlussverfahren zur Gewinnung von Phosphorsäure als Rohstoff für die chemische Industrie.



### Keywords

- **Phosphor**
- **Klärschlamm**
- **Tiermehl**
- **EU-Verordnung**
- **Kreislaufwirtschaft**

Bislang gewinnt man Phosphor größtenteils aus Erzen. Große Fundorte sind in Marokko, China, USA und Russland. In Europa gibt es nur kleine Vorkommen in Finnland und Norwegen<sup>[1]</sup>. Ähnlich wie bei vielen anderen industriell genutzten Rohstoffen sind abbauwürdige Quellen zeitlich begrenzt. Die EU hat daher Phosphor, ähnlich wie Lithium, als strategisch wichtiges Element eingestuft<sup>[2]</sup> und for-

dert eine Rückgewinnung aus Klärschlamm. Dadurch werden Ressourcen geschont und vor allem wird man unabhängig von Quellen aus Krisengebieten. Die vorhandenen Phosphormengen in Klärschlamm bieten allein in Deutschland ein Rückgewinnungspotenzial von 50.000 t pro Jahr.

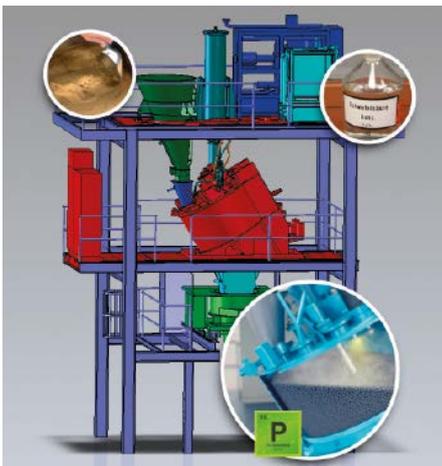
Täglich nehmen Menschen und Tiere Phosphate über die Nahrung auf und scheiden sie größtenteils wieder aus. Die enthaltenen Phosphate finden sich am Ende der Wasseraufbereitung in kommunalen und industriellen Klärschlamm wieder. Laut dem Umweltbundesamt<sup>[3]</sup> enthält getrockneter Klärschlamm zwei bis 55 g Phosphor pro kg. Allein in Deutschland fallen jährlich 1,8 Mio. t Klärschlamm an (bezogen auf die Trockenmasse). Die EU hat es sich daher zur Aufgabe gemacht, diese Phosphorressource in Zukunft zu nutzen. Ab 2029 ist es laut Klärschlammverordnung, für Betreiber von Abwasserbehandlungsanlagen und Klärschlamm-Verbrennungsanlagen Pflicht, die enthaltenen Phosphate wieder zu gewinnen. Spätestens ab 2032 gilt dies auch für kleinere Anlagen.



Anlagenbeispiel, NPK-Düngemittel-  
Anlage mit Klärschlammasche als Nährstoffquelle

### Warum Klärschlamm nicht mehr direkt als Dünger genutzt werden soll

Noch vor wenigen Jahren wurde Klärschlamm vorwiegend in der Landwirtschaft verwendet und war für Landwirte eine kostengünstige Alternative zu Mineraldüngern. Er enthält große Mengen an Stickstoff, Phosphaten, Kalium,



Evatherm-Anlage zum Aufschluss von Klärschlamm-Asche mit Mineralsäuren

Calcium, Magnesium, daneben auch ca. 50 % organische Verbindungen. Allerdings ist Klärschlamm ein Vielstoffgemisch aus Gewerbe und Haushalt, dessen Zusammensetzung je nach Herkunft und Jahreszeit stark schwanken kann. In diesem Gemisch finden sich auch bedenkliche Begleitstoffe wie Schwermetalle, Rückstände aus Unkraut- und Schädlingsbekämpfungsmitteln, pathogene Keime, Arzneimittelrückstände und Mikroplastik. Tierseuchen, vor allem die BSE-Krise, haben zusätzlich die Nutzung eingeschränkt. Ebenso führt Klärschlamm aufgrund der biologischen Aktivität zu einer nicht unerheblichen Geruchsbelästigung. Aus diesem Grunde wird Klärschlamm immer häufiger verbrannt, die direkte



Evatherm-Anlage mit Vakuum-Verdampfungskühlung zum Einsatz für Schwefelsäure-Metalloxid-Reaktionen

Nutzung als Dünger wird nur noch in Einzelfällen genehmigt. Bereits im Jahr 2022 wurden in Deutschland mehr als 80 % des kommunalen Klärschlammes thermisch verwertet.<sup>[4]</sup>

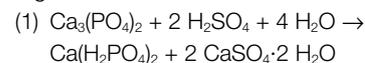
### Klärschlamm-Asche eröffnet neue Möglichkeiten

Die neue Verordnung sieht vor, dass mindestens 80 % des in der Asche enthaltenen Phosphors wiedergewonnen werden müssen. Im einfachsten Fall dient Klärschlamm-Asche direkt als Düngemittel, Voraussetzung ist die Einhaltung der Grenzwerte gemäß der Düngemittelverordnung (DüMV)<sup>[2]</sup>. Hierfür bieten sich insbesondere Aschen an, bei denen der Anteil an Schwermetallen beim Verbrennungspro-

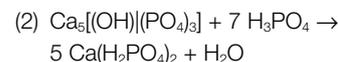
zess gezielt abgereichert wurde. Es gibt eine Vielzahl von thermochemischen Verfahren, wie z.B. EuPhoRe, AshDec, Pyrophos<sup>[5]</sup>. Zumeist werden hierbei Alkali- oder Erdalkalichloride (häufig  $\text{CaCl}_2$  zugesetzt). Die leichtflüchtigen Metalle und Schwermetallchloride (z.B. Cd, Hg,  $\text{PbCl}_2$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ) können bei hohen Temperaturen (850° bis 1.000 °C) abgetrennt werden. Außerdem verbessert die Zugabe von Alkalisalzen (z.B. Soda) die Pflanzenverfügbarkeit durch Aufschluss schwerlöslicher Mineralien. Besonders interessant ist die Herstellung von Phosphorsäure, einer begehrten Basischemikalie der chemischen Industrie.

### Phosphor-Mobilisierung von Klärschlamm-Asche

Bei der Verbrennung von Klärschlamm, ohne thermochemischen Aufschluss, bilden sich schwerlösliche Mineralien. Vor allem  $\beta$ -TCP (Tricalciumphosphat)  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , Apatit  $\text{Ca}_5(\text{OH})(\text{PO}_4)_3$ , Whitlockit  $\text{Ca}_3(\text{Mg}, \text{Fe})[\text{PO}_3\text{OH}](\text{PO}_4)_6$ , Stanfieldit  $\text{Ca}_4\text{Mg}_5(\text{PO}_4)_6$ <sup>[6]</sup> u.v.a. Um die Pflanzenverfügbarkeit zu verbessern, können solche Aschen auch direkt im Eirich-Mischer mit verdünnten Mineralsäuren (Phosphor- oder Schwefelsäure) aufgeschlossen werden. Auf diese Weise wird eine signifikante Verbesserung der Nährstoffverfügbarkeit erzielt:



$\beta$ -TCP + Schwefelsäure  $\rightarrow$  MCP + Gips



Hydroxylapatit + Phosphorsäure  $\rightarrow$  MCP

Der neue Maßstab in Sachen Effizienz und Flexibilität

## Schraubengebläse

Volumenstrom 18 bis 105 m<sup>3</sup>/min, Druckdifferenz bis 1,1 bar

- **Synchron-Reluktanzmotor** Vereint die Vorteile hocheffizienter Permanentmagnet- und robuster Asynchron-Motoren
- **Innovatives Anlagendesign** Ermöglicht bei der Serie FBS Side-by-Side-Aufstellung
- **Anschlussfertig** Mit kompletter Steuerung und Frequenzumrichter bzw. Stern-Dreieck-Starter
- **Geräuscharmer Betrieb** Durch effektive Schall- und Pulsationsdämpfung
- **CE- und EMV-Kennzeichnung** Für minimalen Planungs- und Inbetriebnahmeaufwand

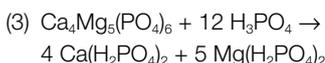


Dortmund | 09. – 10. Oktober 2024 | Halle 6, Stand E32

**KAESER**  
KOMPRESSOREN®



[www.kaeser.com](http://www.kaeser.com)

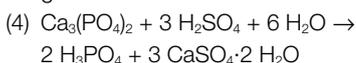


Stanfieldit + Phosphorsäure → Calcium- und Magnesiumdihydrogenphosphat

Ein weiterer Vorteil der Säurezugabe ist die Reduktion des pH-Wertes. Insbesondere bei alkalischen Klärschlämmen führt dies zu einer verbesserten Freisetzung von Nährstoffen im Boden. Der Eintrag von Sulfat führt bei der Kombination mit Stickstoffkomponenten zusätzlich zu einer biologisch wertvollen Erhöhung des Stickstoff-Schwefel-Verhältnisses. Ebenso wird die Festigkeit der Granulate durch Kristallisationsprozesse erhöht, sodass in der Regel kein zusätzlicher Binder für die Granulation erforderlich ist. Die freigesetzte Reaktionswärme wirkt sich positiv auf den nachgeschalteten Trocknungsprozess aus. Auf diese Weise lassen sich individuelle Anlagenkonzepte zum Mischen und Granulieren erstellen, um vollautomatisch und kostengünstig Düngemittelgranulate für eine Vielzahl von Einsatzbereichen zu erzeugen.

### Eirich-Evactherm-Verfahren zur Gewinnung von Phosphorsäure

Neben der Nutzung von Klärschlammasche als Düngemittel, kann der enthaltene Phosphor auch in Form von Phosphorsäure isoliert werden. Ziel ist es, die Phosphorsäure mit hohen Ausbeuten aus den Aschen zu lösen und in einem nachgeschalteten Extraktionsschritt anzureichern. Bei dem Verfahren werden Klärschlammaschen mit schwerflüchtigen Mineralsäuren, zumeist konzentrierter Schwefelsäure, in einem Evactherm-Mischer zur Reaktion gebracht. Mit dem speziellen Eirich-Mischprinzip können dabei sehr kurze Reaktionszeiten realisiert werden. Bei der Prozessführung bestimmt zunächst der Wassergehalt die Reaktionsgeschwindigkeit und Temperaturerhöhung. Zuerst hydratisiert die konzentrierte Schwefelsäure exotherm mit dem anteiligen Wasser, danach erfolgt die Aufschlussreaktion der Mineralien. Die Temperatur kann dabei vollautomatisch gesteuert werden. Die geschlossene Prozessführung garantiert geringstmögliche Emissionen von Schadstoffen. Dämpfe und leichtflüchtige Säuren werden zuverlässig ausgewaschen.



β-TCP + Schwefelsäure → Phosphorsäure + Gips

Von besonderem Vorteil ist dabei die Erzeugung eines nahezu wasserfreien Konzentrates. Dies erschließt eine Vielzahl von unterschiedlichen Extraktionsprozessen mit wässrigen und nichtwässrigen Lösungssystemen. Nach der Extraktion kann die erzeugte Rohphosphorsäure durch nachgeschaltete Destillation wei-

ter aufkonzentriert und gereinigt werden. Am Ende kann eine farblose, chemisch reine, bis zu 85-% Phosphorsäure gewonnen werden. Die unlöslichen Bestandteile wie Sand, Silikate, Gips, die als Filtrationsrückstand anfallen, können ebenfalls isoliert und als wertvoller Rohstoff für die Zement- und Baustoffindustrie verwendet werden. Alle entstehenden Produkte können verwertet werden. Evactherm-Anlagen dieser Art sind seit Jahrzehnten für ähnliche Anwendungen im Einsatz und haben sich aufgrund der Wirtschaftlichkeit und Zuverlässigkeit bewährt. Die platzsparende Modulbauweise ermöglicht ein einfaches Implementieren in Produktionsanlagen und benötigt wenig Zeit bei der Installation und Inbetriebnahme.

### Weitere Quellen für die Phosphor-Gewinnung

Die Schweizer Regierung hat bereits 2016 ein Gesetz beschlossen, bei dem die Rückgewinnung von Phosphor nicht nur aus Klärschlamm, sondern auch aus Schlachtabfällen (z.B. Tiermehlasche) gesetzlich vorgeschrieben ist<sup>[7]</sup>. Sie möchte auf diese Weise unabhängig von Importen werden und in Zukunft sogar Überschüsse an angrenzende Länder exportieren. In der Schweiz ist eine Nutzung von Klärschlamm als Dünger bereits seit dem Jahr 2006 nicht mehr erlaubt. Für die Rückgewinnung sind Übergangsfristen bis zum Jahr 2026 vorgesehen. Eirich hat in der Vergangenheit bereits erfolgreiche Untersuchungen zum Säureaufschluss von Tiermehlasche durchgeführt. Somit kann auch in Zukunft, ergänzend zu Klärschlammasche, Tiermehlasche zur Gewinnung von Phosphor ergänzt werden.

### Blick in die Zukunft

Spätestens mit Ablauf der vom Gesetzgeber vorgegebenen Frist ist ab 2029 eine Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlammasche vorgeschrieben. In Deutschland werden aktuell ca. 85 % des eingesetzten Phosphors als Düngemittel verwendet. Hierfür kann die Pflanzenverfügbarkeit (Wasserlöslichkeit der Salze) im Eirich-Mischer signifikant erhöht werden. Gleichzeitig kann eine Anreicherung mit Nährelementen, insbesondere mit Stickstoffverbindungen zu einer Veredelung des Mineraldüngers führen. Für den Einsatz können nicht nur Klärschlammaschen, sondern auch Aschen aus der Fleischindustrie eingesetzt werden. Unmittelbar in einem Prozessschritt kann ein für die Landwirtschaft optimal geeignetes Streugranulat erzeugt werden. Alternativ kann mit Hilfe des von Eirich entwickelten Evactherm-Verfahrens Phosphorsäure gewonnen werden. Damit kann in Zukunft der Phosphatkreislauf geschlossen werden, um in Zukunft eine nachhaltige und verantwortungsbewusste

Versorgung mit dem lebensnotwendigen Element Phosphor zu garantieren.

Literaturhinweise

- [1] Alexandra Ilna (10.07.2023), VDI-Verlag: <https://www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/werkstoffe/norwegens-phosphorvorkommen-bedeutung-und-potenzial-eines-rekordverdaechtigen-fundes/> [Stand 05.07.2024]
- [2] Klärschlammverordnung - AbfKlärV: Verordnung über die Verwertung von Klärschlamm, Klärschlammgemisch und Klärschlammkompost vom 27. September 2017 (BGBl. 1 Nr. 65, S. 3465), 2017.
- [3] Andrea Roskosch, Patric Heidecke, Klärschlamm-Entsorgung in der Bundesrepublik Deutschland, Umweltbundesamt, Fachgebiete III 2.4 – Abfalltechnik, Abfalltechniktransfer und III 2.5 [Stand: Okt. 2018]
- [4] Sichler Theresa, Adam Christian, Abschätzung zusätzlich aus Abwasser und Klärschlämmen kommunaler und gewerblicher Herkunft extrahierbarer Wertstoffe, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau [Stand: Dez. 2022]
- [5] Lodwig Claudia, LANUV, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm und Klärschlammasche [Stand: Sept. 2020]
- [6] Okrusch Martin, Frimmel Hartwig E., Mineralogie, Eine Einführung in die spezielle Mineralogie, Petrologie und Lagerstättenkunde, 10. Auflage, Springer Spektrum, 2022
- [7] Hartmann Stefan, Phosphorverwertung: Recyclingdünger aus Kläranlagen, BAFU Bundesamt für Umwelt, <https://www.bafu.admin.ch>, Schweiz [Stand 04.12.2019]



**Thomas Lansdorf,**  
Chemiker und Sales Engineer,  
Maschinenfabrik Gustav Eirich

Wiley Online Library



**Maschinenfabrik Gustav Eirich GmbH & Co KG,**  
Hardheim  
Tel.: +49 6283 51 - 0  
sales@eirich.de  
www.eirich.de

### Dynamische Durchflussmischer

Asepto hat die Firma „GTA Metallverarbeitung Lothar Clauß e.K.“ mit ihrem gesamten Produktportfolio übernommen. Dazu gehören vor allem dynamische Inline-Mischer für die Nahrungsmittelinindustrie, die chemische und kunststoffverarbeitende Industrie und für zahlreichere weitere verfahrenstechnische Mischprozesse. Diese Mischer werden erhöhten Anforderungen an gleichbleibende Qualität mit dem besten Mischergebnis gerecht. Die Aufgabe der Mischer dabei ist, zwei oder mehr Komponenten in einem vorgegebenen Verhältnis zu fördern und optimal zu mischen. Die Anwendungsgebiete erstrecken sich vom Rühren, Mischen, Reagieren und Homogenisieren über das Verdünnen und Einfärben von nieder- und hochviskosen Flüssigkeiten bis hin zum Einmischen von kristallinen Komponenten oder dem schonenden Einmischen von stückigen oder faserigen Anteilen in Grundmassen, Säuren und Laugen, kalte und heiße Medien, Pulver-/Flüssigkeitsmischungen und Pasten. Beispiele für Mischprozesse sind die Homogenisierung von Butterfetten oder die Herstellung von Sahnequark und Fruchtojoghurt bzw. das Einmischen von Früchten in Eiscreme.

Durch die anwendungsspezifische Ausführung sind die Integration und der Einbau des Inline-Mischers problemlos möglich. So lässt er sich in eine vorhandene Rohrleitung, als Direktinbau in eine bestehende Anlage, in horizontaler Bauart mit Getriebefuß in vertikaler Bauart mit Fußflansch und vielen weiteren



© Asepto

Varianten einbauen und verwenden. Kundenspezifisch können auch die produktseitigen Anschlüsse ausgeführt werden.

Der Betriebsbereich deckt ein weites Spektrum ab. So kann er bei einer Viskosität bis 500.000 mPas, Temperaturen von -30 °C bis +240 °C und Betriebsdrücke von bis zu 300 bar eingesetzt werden. Dabei arbeitet er ohne nennenswerten Druckabfall, bei Drehzahlsteigerung sogar druckaufbauend. Der dynamische Durchflussmischer RM ist nicht anfällig gegen stückige Anteile und nach Wunsch über einen Gehäusemantel beheizbar und kühlbar, in der Umdrehungsgeschwindigkeit regulierbar und in der Mischgüte ohne Demontage auch während des Betriebs über die Drehzahlverstellung steuerbar. Auch ist er CIP-reinigungsfähig.

Der dynamische Durchflussmischer besteht aus einem Antrieb und einem Rohrgehäuse mit darin laufender Mischwelle. Auf dieser Mischwelle sind die Mischwerkzeuge und Mischelemente verschweißt. Der Mischer



wird standardmäßig aus V4A Edelstahl, Werkstoff-Nr. 1.4571 (316L) gefertigt. Als Anschlüsse stehen Whitworth-Rohrgewinde, Flansch nach DIN, Milchrohrgewinde nach DIN 11851, SMS und Aseptikflansche nach DIN 11864 zur Verfügung, es sind aber auch andere Anschlüsse nach Kundenwunsch möglich. Als Abdichtungen dienen Radialwellendichtringe und Gleitringdichtungen. Der Durchflussmischer RM kann mit sämtlichen handelsüblichen geregelten und nicht geregelten Antrieben eingesetzt werden. Hierzu gehören Elektromotoren, Stirnradgetriebemotoren und Regelgetriebemotoren. Die Drehzahl des Mischers ist über Regelgetriebe oder Frequenzumformer variabel steuerbar. Die Baugrößen können standardmäßig Durchflussmengen von 2.000, 4.000, 8.000, und 16.000 l/h bedienen. <https://asepto.de/>

# WEIL FAKTEN ZÄHLEN.

**80%** KÜRZERE REINIGUNGSZEIT

KEINE ANBACKUNGEN,  
KEINERLEI TOTRÄUME

**100%** SICHERER BETRIEB

EXPLOSIONSGESCHÜTZTE  
AUSFÜHRUNG GEMÄSS  
GERÄTEKATEGORIE 1/3D

**< 2 °C**

TEMPERATURANSTIEG/ MINUTE



## DER CONTAINER- MISCHER CMQ VON ZEPPELIN SYSTEMS



# Eine Bioraffinerie für die Kreislaufwirtschaft von industriellen Reststoffströmen

## SmartBioH2-BW – grüner Wasserstoff und organische Grundstoffe aus Reststoffen in Rheinfelden

Die Bioraffinerie SmartBioH2-BW wurde im Rahmen des vom Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB koordinierten Projekts am Industriestandort von Evonik aufgebaut und nun im August eröffnet. Sie nutzt in der Produktion anfallende Spülwässer und Reststoffe, um daraus mithilfe zweier gekoppelter biotechnologischer Verfahren grünen Wasserstoff und organische Grundstoffe herzustellen. Nun startet der Testbetrieb unter realen Bedingungen.



### Keywords

- **Kreislaufwirtschaft**
- **Bioverfahrenstechnik**
- **Wasserstoff**

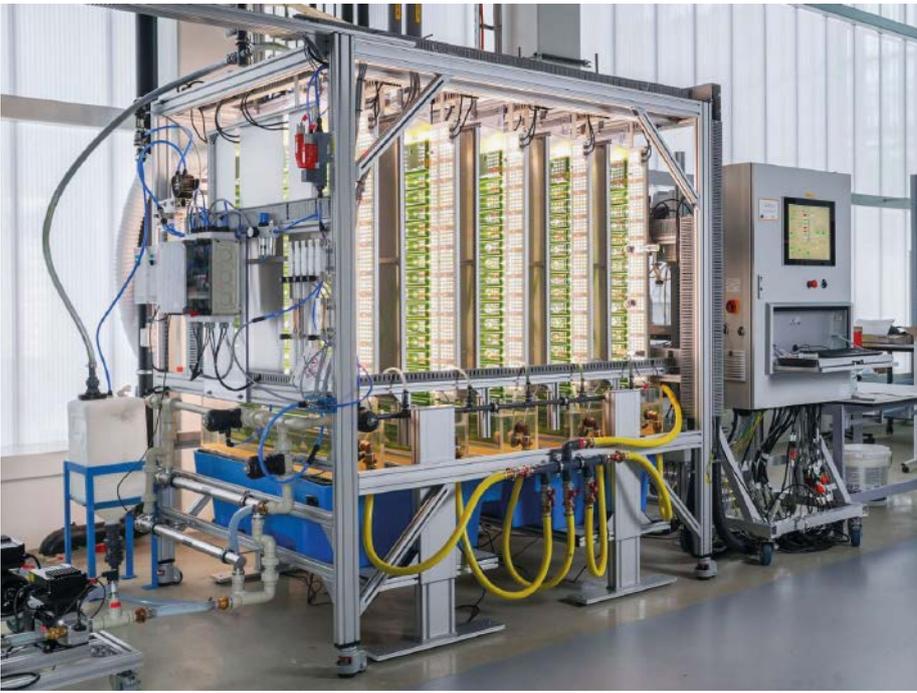


Geschlossener 50-Liter-Edelstahl-Bioreaktor zur Kultivierung der Purpurbakterien in einem größeren Maßstab.

Abfall und Abwasser sind weltweit eine bisher nur wenig genutzte Ressource. Mit dem Förderprogramm „Bioökonomie – Bioraffinerien zur Gewinnung von Rohstoffen aus Abfall und Abwasser – Bio-Ab-Cycling“ will Baden-Württemberg dies ändern. Seit Oktober 2021 fördert das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg mit Landesmitteln und Mitteln aus dem Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) den Aufbau modularer Bioraffinerien, um zu erproben, wie mittels nachhaltiger Bioökonomie hochwertige Rohstoffe aus Abfall und Abwasser zurückgewonnen werden können.

Eine der geförderten Demonstrationsanlagen ist die Bioraffinerie des Projekts SmartBioH2-BW, die am 3. August 2024 von Dr. Andre Baumann, Staatssekretär im Umweltministerium, eingeweiht wurde. „Wir brauchen dringend einen gesellschaftlichen Wandel – weg vom Einsatz fossiler oder knapper Ressourcen hin zur Nutzung biobasierter oder im Kreislauf geführter Stoffe“, so Staatssekretär Dr. Baumann. „Hier werden Verfahren, die im kleinen Maßstab einzeln bereits funktionieren, in Demonstrations- und Pilotanlagen kombiniert und erprobt. Dies ist eine wichtige Zwischenstufe, damit die Verfahren im nächsten Schritt in den Kommunen oder in der Industrie zum Einsatz kommen können.“

Die Anlage steht auf dem Gelände von Evonik in Rheinfelden, die als assoziierter Partner im Projekt beteiligt ist. An ihrem Standort in Südbaden produziert Evonik unter anderem Wasserstoffperoxid, das als Desinfektionsmittel – etwa für Joghurtbecher – eingesetzt wird.



© Fraunhofer IGB

Das im Prozess von den Purpurbakterien gebildete Kohlenstoffdioxid wird der angekoppelten Mikroalgenanlage zugeführt.

Hierfür wird, ebenso wie für andere Produktionsprozesse im Werk, Wasserstoff benötigt, den das Unternehmen seit Jahrzehnten direkt vor Ort aus Erdgas produziert.

„Der Standort von Evonik in Rheinfelden hat sich auf die Fahne geschrieben, die grüne Transformation unserer Branche voranzutreiben“, so Hermann Becker, Standortleiter von Evonik. „Mit dem gemeinsamen Forschungsprojekt und der zukunftsweisenden Pilotanlage wollen wir zeigen, wie das im Sinne der Kreislaufwirtschaft gehen kann – sauberer Wasserstoff gewonnen aus Spülwasser und Reststoffen ist eine Win-win-win-Situation für die Umwelt, die Chemieindustrie und die Wissenschaft.“

**Intelligent gekoppelte Biotechnologie für die Bioraffinerie**

Die Bioraffinerie wurde vom Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB in Stuttgart konzipiert, geplant und aufgebaut. Sie besteht aus zwei gekoppelten Verfahrensmodulen zur biotechnologischen Produktion von Wasserstoff: der fermentativen Dunkelphotosynthese durch Purpurbakterien und einem zweistufigen Prozess mit Mikroalgen.

„Durch die intelligente Kopplung dieser beiden Verfahren zu einem kombinierten Bioraffinerie-Konzept wird es möglich, industrielle feste und flüssige Reststoffströme, die in der Produktion am Standort anfallen und bisher teuer als Abfall und Abwasser entsorgt werden mussten, effizient und ohne Emissionen als Rohstoffe zu nutzen, um daraus den Zukunftsenergieträger Wasserstoff und weitere wert-

schöpfende biobasierte Produkte herzustellen“, erläutert Dr.-Ing. Ursula Schließmann, stellvertretende Institutsleiterin des Fraunhofer IGB und Koordinatorin des Projekts.

Zunächst galt es hierfür zu untersuchen, wie sich die Reststoffströme des Standorts genau zusammensetzen und ob die Organismen tatsächlich mit ihnen zurecht kommen. Als flüssige Reststoffströme fallen in Rheinfelden Spülwässer an, mit denen die Produktionsanlagen gereinigt werden. Sie enthalten viel Ethanol, einen Alkohol. „Es ist ja denkbar, dass Spülwässer weitere Substanzen enthalten, die toxisch oder hemmend auf die Bakterien und Mikroalgen wirken“, erklärt Schließmann. Die Verfahren wurden daher erst am Fraunhofer IGB separat unter Laborbedingungen mit den Abfallströmen der Evonik getestet und dann in einen größeren Maßstab skaliert.

„Unsere Analysen haben gezeigt, dass das Spülwasser neben Ethanol auch weitere Alkohole sowie Reste der synthetisierten Produkte enthält. Diese beeinträchtigen aber weder das Wachstum der Purpurbakterien noch das der Mikroalgen“, so Schließmann.

Im Juli 2024 wurden die beiden Bioverfahrensmodule zum Werk nach Rheinfelden transportiert und in Betrieb genommen. Nachdem die Verfahrenseinheiten nun miteinander gekoppelt sind, kann der Demonstrationstrieb unter realen Bedingungen starten.

**Wasserstoffproduktion mit Dunkelfermentation von Purpurbakterien**

In der ersten Stufe der Bioraffinerie kommt das Purpurbakterium *Rhodospirillum rubrum* zum

**AKTIVKOHLE IN DER KREISLAUFWIRTSCHAFT**

Unsere Aktivkohle kann durch Reaktivierung mehrfach verwendet werden, statt sie zu entsorgen, um so ressourcenschonend in die Kreislaufwirtschaft zurückgeführt zu werden. Egal ob für fest installierte Filtereinheiten oder mobile Filtersysteme:

CarboTech bietet für beide Varianten einen umfassenden 360°-Service an, bei dem der Kunde sich die Service-Bausteine selbst zusammenstellen kann.



Elisenstraße 119 | 45139 Essen | Germany  
+49 (0) 201-24 89 900 | info@carbotech.de  
carbotech.de



Standortleiter Hermann Becker (Evonik) im Gespräch mit Projektkoordinatorin Dr.-Ing. Ursula Schließmann (Fraunhofer IGB) vor der Bioraffinerie, die aus gekoppelten biotechnologischen Verfahren mit Purpurbakterien in geschlossenen Bioreaktoren (links) und Mikroalgen in einem kompakten Photobioreaktor (rechts) besteht.

Einsatz, das mittels der Dunkelphotosynthese, einer neuen Art der Fermentation, auch ohne Licht aus verschiedenen Kohlenstoffsubstraten Wasserstoff erzeugen kann. In Rheinfelden dient den Purpurbakterien Ethanol aus dem Spülwasser als Kohlenstoffsubstrat und Energiequelle.

Für ein ausreichendes Wachstum und die Synthese von Wasserstoff musste die Zusammensetzung des Fermentationsmediums angepasst werden, wie sich bereits im Labor in Stuttgart gezeigt hatte. Dann produziert das Bakterium nicht nur den begehrten Wasserstoff, sondern auch weitere nutzbare Produkte wie Carotinoide, fettlösliche Pigmente bspw. für die Kosmetik, oder den Biokunststoff Polyhydroxyalkanoat (PHA) – sowie Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) als Nebenprodukt. „Da die wasserstoffproduzierenden Enzyme der Purpurbakterien sehr sauerstoffempfindlich sind, ist die präzise Kontrolle des Sauerstoffgehalts bei der Fermentation eine Herausforderung im Betrieb“, ergänzt Dr.-Ing. Susanne Zibek, Leiterin der Bioprozessentwicklung am Fraunhofer IGB.

### Mikroalgen binden Nebenprodukt $\text{CO}_2$

Um die Emission von  $\text{CO}_2$  in die Atmosphäre zu vermeiden, wird  $\text{CO}_2$  in einem weiteren Schritt der zu diesem Zweck angekoppelten Mikroalgenanlage zugeführt. Denn die photosynthe-

tisch wachsenden Mikroalgen benötigen für den Aufbau von Biomasse oder Speicherprodukten – genau wie grüne Pflanzen –  $\text{CO}_2$  und dazu nur Licht und Nährstoffe.

In der SmartBioH2-Demonstrationsanlage werden Mikroalgen der Art *Chlorella sorokiniana* in einem mittels LED beleuchteten kompakten Photobioreaktor kultiviert. Der Reaktor zeichnet sich durch einen hohen Automatisierungsgrad aus und bietet viel Volumen auf nur wenig Fläche. Das Verfahren wird so betrieben, dass die Mikroalgen aus dem anfallenden  $\text{CO}_2$  Stärke als nutzbares Produkt herstellen. Die benötigten Nährstoffe stammen dabei aus einem zweiten in Rheinfelden, diesmal in fester Form anfallenden Reststoffstrom: Ammoniumchlorid.

Auch Mikroalgen sind unter bestimmten Bedingungen in der Lage, Wasserstoff zu bilden. Sie spalten hierzu Wasser mithilfe von Lichtenergie in Wasserstoff und Sauerstoff. „Um den Prozess technisch nutzen zu können, muss der entstehende Sauerstoff auch hier kontinuierlich aus dem System entfernt werden, da er die Wasserstoffproduktion der Algenzellen hemmt“, erläutert Dr. Ulrike Schmid-Staiger, Leiterin der Algenbiotechnologie am IGB. „Ein gänzlich neuer Photobioreaktortyp, der hierzu entwickelt wurde, wird in wenigen Wochen in die Bioraffinerie integriert, um die Gesamtausbeute an Biowasserstoff weiter zu erhöhen“, so die Expertin.

### Prozessmodell zur Bewertung

Das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung beteiligt sich an dem Projekt mit der Erstellung eines Prozessmodells, das die wichtigsten Inputs und Outputs des gesamten Bioraffineriekonzepts vorhersagen kann. Das Modell bildet auch die Grundlage für die ökologische und ökonomische Bewertung der Bioraffinerie. „So können Verbesserungspotenziale identifiziert und die Entwicklung der eingesetzten Technologien gesteuert werden“, sagt Edgar Gamero Fajardo vom Fraunhofer IPA. „Auf Basis der praktischen Erfahrungen können wir anschließend ermitteln, ob sich eine Anlage im industriellen Maßstab auch wirtschaftlich rentieren würde. Wichtig ist dabei, dass wir einen hohen Grad an Automatisierung vorgesehen haben, um die Ausbeute der Anlage zu verbessern“, so Schließmann. Aber auch die eingesparten Entsorgungs- und Transportkosten tragen zur Gesamtbilanz bei.

### Förderung des Projekts

Das Projekt „SmartBioH2-BW – Biowasserstoff aus industriellen Abwasser- und Reststoffströmen als Plattform für vielseitige Biosynthesewege“ wird von Oktober 2021 bis Oktober 2024 durch das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg im Rahmen des EFRE-Programms „Bioökonomie – Bioraffinerien zur Gewinnung von Rohstoffen aus Abfall und Abwasser – Bio-Ab-Cycling“ gefördert. Kooperationspartner sind das Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB (Koordination), Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, die Universität Stuttgart, Institut für Biomaterialien und biomolekulare Systeme IBBS, Universität Stuttgart, Institut für Energieeffizienz in der Produktion EEP und Evonik als assoziiertes Partner.

Wiley Online Library



Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB, Stuttgart  
Dr.-Ing. Ursula Schließmann  
Tel.: +49 711 970-4222  
www.igb.fraunhofer.de

# Die Dosis macht die Qualität

## Dosierpumpen für optimale Produktionsparameter in der Batterieproduktion

Bei der Herstellung des Speichermaterials in Batterien ist die Einhaltung einer genauen Rezeptur essenziell. Dazu gehört auch der richtige pH-Wert, der auch beim Recycling der Batterie eine zentrale Rolle spielt und präzise und stabil eingestellt sein muss. Prominent bietet dafür Dosierpumpen sowie die entsprechende Mess- und Regeltechnik an.

Zu den wichtigsten Speichermaterialien für Batterien gehören Lithium-Nickel-Mangan-Cobalt-Oxide, kurz NCM. Um das Lithium-Kobalt-Nickel-Mangan-Mischoxid – den sogenannten Precursor als ein Vorprodukt für die Beschichtung der Kathodenfolie – herzustellen, ist die Rezeptur genau einzuhalten, weil sie die Batterieperformance erheblich beeinflusst. Dosierpumpen von Prominent bieten präzise Dosierung und eignen sich für verschiedene Anwendungsbereiche. Sie sind über die integrierte Elektronik direkt oder über ein BUS-System ansteuerbar. Für die Precursor-Herstellung eingesetzte Produkte sind je nach erforderlichen Mengen die langlebigen Magnet-Membrandosierpumpen Gamma/ X (bis 45 l/h) und Gamma/ XL (bis 80 l/h), die sich unter anderem durch eine schnelle Ansprechzeit auszeichnen. Bis zu einem Volumen von 1.000 l/h empfehlen sich die Motor-Membrandosierpumpen aus der Sigma-Familie, die mit der Mehrschicht-Sicherheitsmembran hohe Prozesssicherheit gewährleisten und komfortabel bedienbar sind. Bei viskoserer Produkten oder größeren Dosiermengen bis zu 65.000 l/h sind die Schlauchdosierpumpen geeignet. Sie sind

selbstansaugend und haben keine Probleme mit ausgasenden Medien.

### Optimal eingestellter pH-Wert entscheidend

Auch die Temperaturführung und ein optimal eingestellter pH-Wert entscheiden über die Produktqualität der Batterie. Über die pH-Wert-Einstellung wird erreicht, dass die Einzelstoffe in einer Lösung gemeinsam Kristalle bilden. „Die Mess- und Regelsysteme sowie die pH-Sensoren von Prominent stellen sicher, dass der erforderliche Wert genau kontrolliert wird und bei Bedarf über angeschlossene Dosierpumpen nachgeregelt wird. Das ist dann erforderlich, wenn sich durch die Reaktionsprodukte der pH-Wert leicht ändert. Dann müssen Natronlauge und Ammoniumhydroxid präzise und reproduzierbar über Dosierpumpen zugeführt werden, um ihn stabil zu halten“ erklärt Bekir Bayraktar, Global Direktor – Power & Energy und Projektgeschäft bei Prominent. Reibungslose Prozessabläufe ermöglicht hier das Mess- und Regelgerät Dulcometer, das robust gebaut ist, alle Parameter im Sollbereich hält und sich durch ein übersichtliches Dis-

play einfach bedienen lässt ist. Angeschlossen werden je nach erforderlicher Menge die Magnet-Membrandosierpumpe Gamma/ X oder die Motor-Membrandosierpumpen Sigma/ X. Die angeschlossenen Dulcote pH-Sensoren sorgen auch in schwierigem Umfeld bei einem Überschuss an Schmutz und Schwebstoffen für eine exakte, stabile Messung und Kontrolle. Darüber hinaus haben sie eine hohe Temperatur- und Druckbeständigkeit.

### Sukzessive pH-Wert-Änderung löst wertvolle Metalle aus Altbatterie

Neben der Herstellung wächst auch der Bedarf an einer optimalen Verwertung der Lithium-Ionen-Batterien. Das hydrometallurgische Verfahren gilt aktuell als die am besten geeignete Methode für das Recycling von Lithium-Ionen-Batterien. Der richtige pH-Wert spielt auch hier eine maßgebliche Rolle. Mithilfe chemischer Reaktionen, bei denen die Stoffe durch Zugabe von Chemikalien herausgelöst werden, lässt sich sogenannte Schwarzmasse gewinnen. Sie enthält die begehrten Stoffe wie Nickel, Mangan, Kobalt und Lithium. „Um diese in einem weiteren chemischen Schritt einzeln herauszulösen, ist eine genaue Steuerung des pH-Wertes von Bedeutung. Er wird unter Zugabe der entsprechenden Stoffe über Dosierpumpen sukzessive verändert, um die einzelnen Metalle aus dem Herstellungsprozess in mehreren Stufen als Hydroxide wieder herauszulösen“, erläutert Bekir Bayraktar. Prominent liefert auch hier die passenden Lösungen mit Dosierpumpen sowie den entsprechenden Sensoren.



#### Keywords

- **Dosiertechnik**
- **pH-Wert**
- **Precursor-Produktion**
- **Batterierecycling**



Für die Precursor-Herstellung eingesetzte ProMinent-Produkte sind je nach erforderlicher Menge die langlebigen Magnet-Membrandosierpumpen Gamma/ X (bis 45 l/h) und Gamma/ XL (bis 80 l/h), die sich u.a. durch eine schnelle Ansprechzeit auszeichnen.

Wiley Online Library



ProMinent GmbH, Heidelberg

Tel.: +49 6221 842-0

www.prominent.de

# Effizientes Recycling von Lithiumbatterien

## Engineering und Bau von Batterierecyclinganlagen

Der Bedarf an Akkumulatoren wächst kontinuierlich, insbesondere durch die weitere Elektrifizierung in Bereichen wie stationäre Stromspeicher, Traktionsbatterien in Fahrzeugen und elektrischen Geräten. Die EU-Batterieverordnung strebt an bis 2027 50 % des Lithiums durch Recycling zurückzugewinnen. Die komplexen Prozesse zum Recycling von Batteriematerialien erfordern eine interdisziplinäre Zusammenarbeit, um die optimale Prozesslösung zu finden und Anlagen danach zu bauen.



### Keywords

- **Kristallisation**
- **Schwarze Masse**
- **Recycling**
- **Anlagenbau**

Der überwiegende Anteil der Zellen im Markt für mobile Anwendungen sind Lithium-basierte Akkumulatoren aufgrund ihrer hohen Energiedichte bei hoher Zellenspannung. Die Lithiumakkumulatoren variieren in ihrem Aufbau, insbesondere bezüglich der Kathodenmaterialien und der Elektrolyte. Die Vielfalt an Lithiumakkumulatoren bedingt die unterschiedliche Zusammensetzung der Recyclingströme. Die größte Varianz liegt im Typ des Kathodenmaterials (CAM = Cathode Active Materials). Bestrebungen zur Standardisierung und Kennzeichnung der Typen wie z.B. dem Battery Passport laufen aktuell. Die Akkumulatoren basieren alle auf den Lithium-Grundchemikalien Lithiumcarbonat ( $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ) oder Lithiumhydroxid ( $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$ ).

### Trennung der Akkumulatoren in Recyclingströme:

Akkumulator Zellen werden nach dem Stand der Technik zuerst mechanisch in folgenden Prozessschritten behandelt: (i) Demontage aus der Peripherie, (ii) totales Entladen der Zellen, (iii) Entfernen der Elektrolyte und (iv) Zuführung in spezielle Zerkleinerer. Zusätzlich zu den Zellmaterialien kommen die Stoffe der Peripherie hinzu.

Nach der mechanischen Zerkleinerung wird mit mechanischen Trennverfahren in die Stoffklassen Kupfer, Aluminium, Stahl und Kunststoff getrennt. Diese Ströme werden in die bereits etablierten Produktionsschritte und Lieferketten zurückgeführt.

Es verbleibt die sogenannte Black Mass (schwarze Massen), eine Mischung aus Anoden-

und Kathodenmaterial mit kritischen Rohmaterialien. Besonders wertvolle Rohstoffe wie Lithium, Nickel, Kobalt, Kupfer und Mangan sind zu ca. ein Viertel enthalten und sollen zurückgewonnen und der Kreislaufwirtschaft zurückgeführt werden.

### Aufschluss der kritischen Rohmaterialien aus der schwarzen Masse

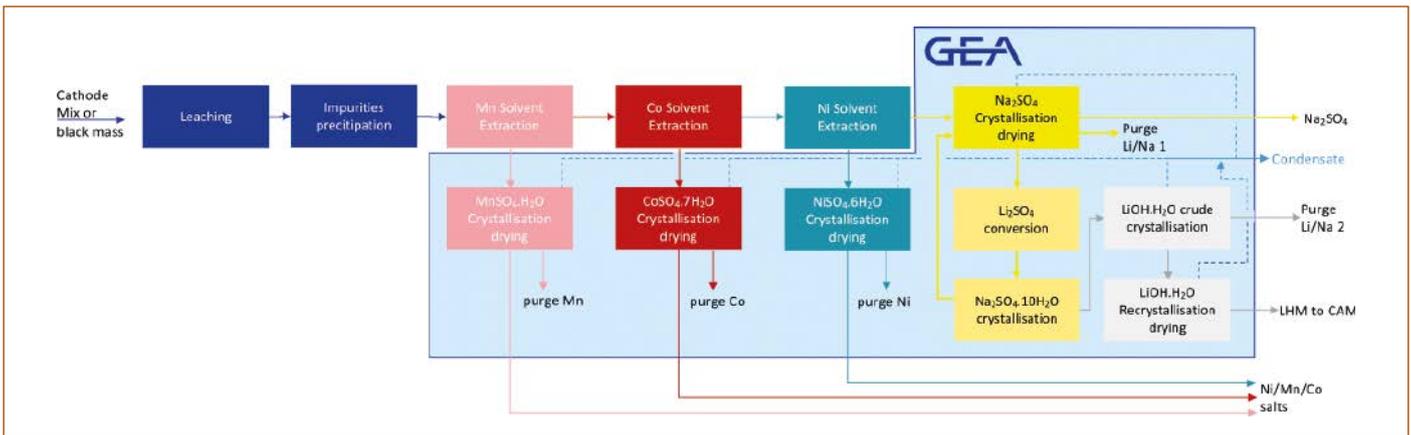
Das hydrometallurgische Verfahren beginnt mit einem Aufschluss mit Schwefelsäure (engl.: Leaching), sodass die Rohstoffe in Lösung überführt werden. (siehe Abb. 2)

Aus diesen Lösungen werden anschließend Verunreinigungen ausgefällt. Die kritischen Rohmaterialien bleiben in Lösung und werden mit selektiven Lösemitteln, meist unpolaren organischen Lösemitteln einzeln zurückgewonnen. Deren Zusammensetzung wird von Anbietern entwickelt und zumeist geheim gehalten. Erfahrungen gibt es hierbei aus der Erzaufbereitung. Nach der Lösemittelextraktion wird der Rohstoff für den nächsten Prozessschritt in Wasser gelöst und das Lösemittel zum Extraktionsschritt zurückgeführt.

Die kritischen Rohmaterialien lassen sich durch das thermische Trennverfahren Kristallisation abscheiden und reinigen. In diesen Schritten werden Mangan-, Cobalt- und Nickelsulfate gewonnen. Die weitere Prozessführung zur Gewinnung von hochreinen Lithiumverbindungen (Lithiumhydroxid-Monohydrat (LHM) oder Lithiumcarbonat) umfasst eine Rohkristallisation aus der verunreinigten Lösung. Durch spezielle Reinigungstechnologie wird ein optimales Verhältnis zwischen Wertstoff und Verunreinigungen eingestellt. Anschließend werden die Kristalle in Wasser aufgelöst und erneut aus dieser reinen Lösung kristallisiert.



Aufbau einer Anlage für die Wiedergewinnung von Lithiumhydroxid-Monohydrat



Verfahren der Trennungen kritischer Rohmaterialien nach dem hydrometallurgischen Aufschluss

Für die Anwendung in Akkumulatoren werden hochreine Verbindungen aus Lithium mit kritischen Rohmaterialien zu CAM weiterverarbeitet. In den letzten Jahren zeigte sich der Trend zu immer höheren Anforderungen an die Reinheit. Mittlerweise sind ca. 20 chemische Elemente spezifiziert mit Maximalkonzentration im ppm Bereich.

Viele Aspekte sprechen für eine Maximierung der Recyclingansätze. Recyclingmaterial aus internen Abfallströmen kann der Batterieproduktion direkt rückgeführt werden und zu neuen Anoden- und Kathodenmaterial verarbeitet werden. Dadurch sinkt der primäre Lithiumbedarf, was ökonomische Vorteile bringt und geopolitische Abhängigkeit von kritischen Ressourcen reduziert.

**Prozessentwicklung und -ablauf im Batterierecycling**

GEA verfügt über langjährige Erfahrung und zahlreiche Referenzanlagen für die Gewinnung und Reinigung von Batteriematerialien konventionellen Ursprungs. Weltweit sind bereits zehn aktive Anlagen für Lithiumhydroxid in Battery Grade Quality in Betrieb. Eine Referenzanlage für Batterierecycling ist in Südkorea in Betrieb. Dort wird ein unreines Lithiumsulfat zu Lithiumcarbonat aufbereitet.

Der Anlagebauer GEA bietet von umfangreichen Machbarkeitsstudien („feasibility Study“) über Pre-Engineering bis hin zum Bau von Anlagen im Pilot- bis großtechnischen Maßstab das gesamte Engineering-Spektrum an. Die Anforderungen an die Prozesse sind dabei sehr komplex und die Entwicklung muss immer als maßgeschneiderte Anlage für den Zweck durchgeführt werden. Besonders Hersteller die LHM bzw. ganze Akkumulatorzellen produzieren zeigen frühzeitig Interesse, Prozessabfälle aufzubereiten und als Rohstoffe wieder einzusetzen.

Für die Prozessentwicklung ist eine interdisziplinäre Zusammenarbeit unerlässlich, um die optimale Prozesslösung zu erreichen, wobei die

numerische und chemische Simulation sowie die experimentelle Verifizierung ineinandergreifen und eine Schlüsselrolle spielen. Die Effizienz der Prozesse hängt von der Optimierung für die Anwendung, d.h. das Ausgangsmaterial ab. Die maßgeschneiderten Lösungen zielen auf die wichtigsten Optimierungsziele: Ausbeute, Energiebedarf und Reinheit. Die Anforderungen der Auftraggeber sind vielfältig und umfassen zudem Emissionen, Investitionskosten, Betriebskosten, Sicherheit und Produkteigenschaften.

Mittels numerischer Simulation wird der komplexe Prozess mit über 100 Equipments komplett von Anfang bis Ende in einer Massen- und Wärmebilanz simuliert. Dazu wird dieser aus einzelnen Prozessschritten zusammengesetzt (sog. „Unit Operations“). Für die chemische Simulation müssen alle Stoffe selbst im Spurenbereich in der Simulation berechnet werden. Veränderungen der Prozessströme, wie im Kristallisationsprozess, müssen realitätsnah implementiert werden. Hier findet zeitgleich ein Wärme- und Stofftransport statt. An dieser Stelle sind exakte Stoffwerte für z.B. Löslichkeiten notwendig. Die in kommerzieller Simulations-Software genutzten Modelle können diese jedoch nicht mit einer ausreichenden Genauigkeit in der Multi-Komponenten-Matrix der Black Mass berechnen. Daher werden die entsprechenden Parameter durch Laboruntersuchungen ermittelt und verifiziert. Besonders bedeutend sind dabei die Prozessschritte, in denen die Elemente voneinander getrennt werden, wie z.B. Kristallisation von reinen Kristallen aus einer verunreinigten Lösung.

Mit dem vorhandenen Know-how aus über 70 Jahren Erfahrung in der Kristallisation kann GEA ein Scale-up vom Laborversuch direkt zu einer großtechnischen Anlage durchführen. Durch die ineinandergreifenden Simulationsverfahren ist es möglich, die Reinheit des Endproduktes in der großtechnischen Anlage zu simulieren und später zu garantieren.

Der Anlagenbauer hat in ein neues Labor für Kristallisationsanwendungen investiert. Dieses Labor bietet zahlreiche Vorteile für die Weiterentwicklung und Optimierung von Recyclingprozessen, insbesondere im Bereich der Rückgewinnung kritischer Rohmaterialien aus gebrauchten Lithiumakkumulatoren.

Mit der experimentellen Verifikation können kritische Prozessschritte wie die Trennung von Elementen durch Kristallisation im Labor überprüft werden. Dies stellt sicher, dass theoretische Modelle durch praktische Daten unterstützt werden. Das Labor ermöglicht die Verifizierung numerischer und chemischer Simulationen der Prozesse und deren Massen- und Wärmebilanzen in detaillierten Versuchsaufbauten. Es sind auch mehrstufige Trennungs- und Aufreinigungsanwendungen abbildbar. Mit modernen Geräten und erfahrenen Anwendern kann die Analytik in einer Multi-Komponenten-Matrix durchgeführt werden, selbst wenn einige Stoffe nur im ppm-Bereich vorliegen. Dies ist entscheidend für die genaue Bestimmung der Reinheit der zurückgewonnenen Metalle.



**Philip Niggemann,**  
Process Engineer, GEA

Bilder © GEA

Wiley Online Library



**GEA AG, Standort Duisburg**  
Tel.: +49 2065 903-0  
philip.niggemann@gea.com  
www.gea.com

## Heavy-Duty-Bandschieflaufschalter kommuniziert per Funk

Steute hat ein neues Funk-schaltssystem entwickelt, das den Bandschieflaufschalter ZS 92 SR und das Funkmodul RF I/O kombiniert. Der robuste Bandschieflaufschalter überwacht den Lauf von Gurtförderbändern und detektiert einen außermittigen Lauf des Bandes. Je nach Einbindung in die Steuerung veranlasst der Schalter den Stopp der Bandanlage oder eine Korrektur des Bandlaufs. Üblicherweise wird das



© Steute

Signal per Kabel gesendet, was aufwendig und störanfällig ist. Der neue Schalter kommuniziert per Funk mit der Steuerung und sendet Signale über das sWave-Funkprotokoll an einen Funk-Relaisbaustein. Die Reichweite beträgt bis zu 400 m im Freifeld, bei größeren Entfernungen können Repeater installiert werden. An jedes Modul können zwei Schalter angeschlossen werden, die ein zweistufiges Signal übertragen. Das erste kann z.B. als Warnsignal dienen, das zweite veranlasst dann die Abschaltung der Förderanlage. In einem Kieswerk wurde eine Pilot-Installation in Betrieb genommen.

[www.steute-controltec.com](http://www.steute-controltec.com)

## Fördern und Führen mit System

Ganter erweitert sein Förder-technikprogramm und liefert Produkte für den Aufbau nicht-motorgetriebener Förderstrecken. Mithilfe wirtschaftlicher Standard-elemente sind verschiedene Montage- und Transportsituationen umsetzbar und an Veränderungen anpassbar. Das Portfolio wurde durch Seitenführungen ergänzt, die als einfache Kunststoff- oder als komplexere, doppelreihige



© Otto Ganter

Zylinder- bzw. Kugelrollen-Elemente angeboten werden. Damit lässt sich auch empfindliches Fördergut schonend bewegen. Laufen zwei Führungskanäle parallel, bieten sich Mittelführungen mit beidseitiger Rollenausrüstung an. Segmentierte Führungen ermöglichen Kurvenstrecken, wobei die Segmente tangential mit passenden Halteprofilen fixiert werden. Kompatible Halteklammern und Halter, Stützfüße, Endstücke, Verbindungsleisten, Abschlusskappen, Bremsschienen oder Einführrampen sorgen für hohe Freiheitsgrade. Anpassungen und Umbauten können schnell und einfach, teils werkzeuglos, durchgeführt werden. Die eingesetzten Werkstoffe umfassen Kunststoff bei den Halte- und Führungselementen, Aluminium oder Edelstahl bei den Trägerprofilen sowie Schrauben in A2-70. Seitenführungen werden zusätzlich zur traditionellen Länge von 3.000 mm auch in 1.440 mm angeboten. Diese Stückelung erleichtert das Handling und den raschen Aufbau vor Ort, erhöht die Flexibilität durch Kombinieren und die Anpassung dank des Kürzungsrasters von 120 mm

[www.ganternorm.com](http://www.ganternorm.com)

## Big Bag-Aufbereiter mit Doppelbogen

Der neue hydraulische Block Buster Big Bag Aufbereiter von Flexicon verfügt über erhöhte Bögen, die durch ihre extra Höhe das Einsetzen und Entnehmen von palettierten Big Bags mit einem Gabelstapler wesentlich erleichtern. Der Aufbereiter



© Flexicon

lockert hygroskopische Chemikalien, Gewürzmischungen, hitzeempfindliche Produkte und andere Schüttgüter, die sich während der Lagerung und des Versands verfestigt haben, auf und versetzt das Material wieder in einen fließfähigen Zustand, sodass Big Bag-Entleerstationen das Material anschließend durch Bag-Auslaufstutzen entleeren können. Ein hydraulisch betätigter, höhenverstellbarer Drehtisch arbeitet mit zwei Hydraulikzylindern zusammen, um die gegenüberliegenden Seiten des Big Bags in unterschiedlichen Höhen zusammenzudrücken, den Sack um 90° zu drehen und dann den Aufbereitungszyklus zu wiederholen. Die Anzahl und der Druck der Betätigungen des Hydraulikzylinders, die Höhe des Drehtisches und die Anzahl der 90°-Drehungen können vom Anwender über die HMI des Bedienfelds programmiert werden. Der auf vier Seiten geschlossene Aufbereiter ist mit extra hohen, sicherheitsverriegelten Türen ausgestattet. Bei geöffneten Türen sind alle Gerätefunktionen deaktiviert. Die Hydraulikpumpe des Systems kann an der Außenseite der Sicherheitsumhausung oder abseits montiert werden und benötigt für den Betrieb lediglich einen Stromanschluss. Der Aufbereiter ist als eigenständige Einheit erhältlich und eignet sich für Big Bags aller gängigen Größen. Er ist auch aus Edelstahl für hygienische und korrosive Anwendungen und in Konfigurationen erhältlich, die in Big Bag-Entleerstationen integriert sind und somit Kosten, Platzbedarf und Ladezeit von separaten Geräten reduzieren.

[www.flexicon.co.uk](http://www.flexicon.co.uk)

## Wichtige Daten immer im Blick

Afriso präsentiert ein neues Mehrkanal-Prozessanzeigergerät für einen universellen Schalttafeleinbau, das nicht nur verschiedenste, frei konfigurierbare Werte auf seinem Farbdisplay anzeigt, sondern gleichzeitig als flexibel nutzbarer Datenlogger dient. Das Anzeigergerät MPA 10 verfügt über 40 konfigurierbare Anzeigeelemente und zehn konfigurierbare Anzeigen (mit jeweils ein bis 12 Elementen) und deckt unterschiedlichste Anwendungszwecke ab. Zu den gängigen Visualisierungen zählen numerische Anzeigen, Balkengrafiken, Zeitdiagramme, Schleppzeiger oder LEDs. Auch ein Blättern durch mehrere Anzeigearten ist über die drei unter dem Display angeordnete Fronttasten auf intuitive Weise möglich. Zusätzlich können alle Signale im geräteeigenen Speicher zyklisch geloggt werden. Sie werden als Tagesdateien auf einer internen MicroSD-Karte gespeichert, um sie bei Bedarf auf einen USB-Stick zu exportieren oder über die Netzwerkschnittstelle herunterzuladen. Durch die verschiedenen Schnittstellen ist es ebenso einfach möglich, das Gerät in eigene Datennetze einzubinden und Messdaten in Echtzeit auszulesen. Die Konfiguration des Gerätes erfolgt wahlweise über den integrierten Webserver der Netzwerkschnittstelle oder die kostenlose Konfigurationssoftware.

[www.afriso.de](http://www.afriso.de)

# CITplus

Das Praxismagazin für Verfahrens- und Chemieingenieure

## Weitere Themen:

- Carbon Black sicher verpacken **S. 42**
- Zerkleinerungstechnik als Qualitätsfaktor **S. 44**
- Herstellung von Talk mit hohem Aspektverhältnis **S. 46**

## Pulver und Partikel – kleine Teilchen, große Effekte

Die Handhabung von Schüttgut, Pulvern und Partikeln stellt in vielen Industrien eine zentrale Herausforderung dar. Von der präzisen Zerkleinerung in der Batterieforschung über das anspruchsvolle Verpacken von feinen, staubigen Stoffen bis hin zur Optimierung von Rohstoffen in der Materialwissenschaft – die Partikeltechnik spielt eine Schlüsselrolle in der Prozess- und Produktionsoptimierung. Im Sonderteil lesen Sie, welche Technik für die Zerkleinerung von Batteriematerialien zur Qualitätssicherung eingesetzt wird, welche Herausforderung beim Absacken von Carbon Black bestehen und wie ein neues Verfahren zur Delaminierung von Talk die Partikelstruktur optimiert.

# Carbon Black sicher verpacken

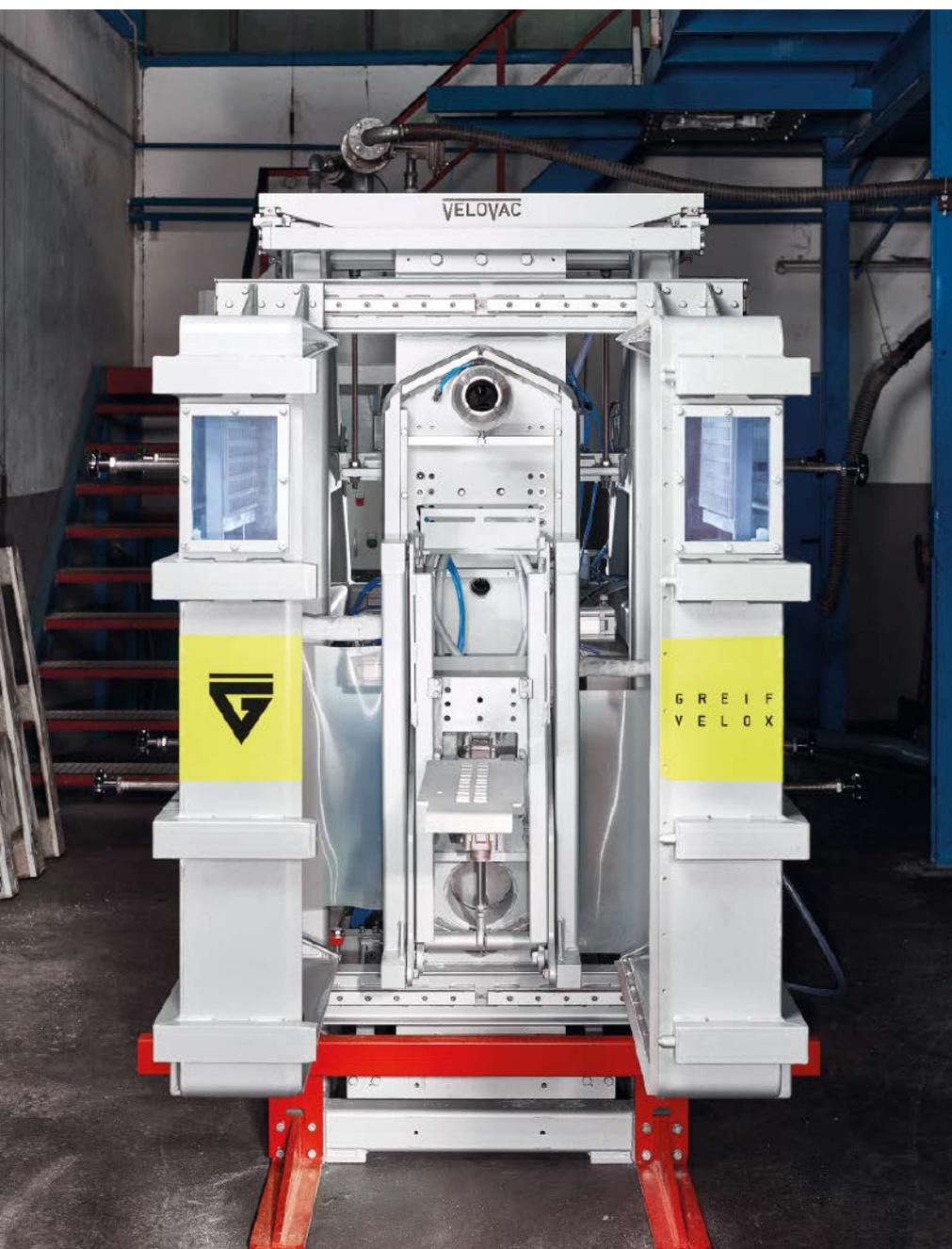
## Effizienter Verpackungsprozess von Rußen für Batterien

Das Absacken von Carbon Black zählt zu den anspruchsvollsten Verpackungsprozessen. Traditionelle Methoden stoßen an ihre Grenzen, wenn es darum geht, das ultraleichte Pulver mit niedrigem Schüttgewicht und hohem Lufthaltevermögen zu verpacken. Insbesondere die Kontrolle der Staubemissionen stellt eine besondere Herausforderung dar. Bei Birla Carbon wird der leitfähige Zusatzstoff auf Carbon-Black-Basis für Lithium-Ionen-Batterien durch die präzise Abstimmung von Produkt, Anlage und Verpackung verpackt.



### Keywords

- Ruß
- Pulver
- Sackverpackung



Vakuumpacker Greif-Velox Velovac

Die Absackung von Carbon Black gehört weltweit zur Königsklasse der Verpackungsprozesse. Hersteller stehen dabei vor ähnlichen Herausforderungen: geringes Schüttgewicht des Pulvers, hohes Lufthaltevermögen, Kontrolle der Staubemissionen und das erhöhte Risiko für Reinigungskosten für Verschmutzungen. Zudem verursachen unförmige Säcke mit Luftpfeifen hohe Logistik- und Transportkosten. „Carbon Black für Li-Ionen-Batterien, beispielsweise in Elektroautos, stellen noch größere Anforderungen an Handhabung und Verpackung“, erklärt Dr. Zachary Combs, F&E-Direktor für Energiesysteme bei Birla Carbon.

### Performante Verpackung für leistungstarken Batterie-Zusatzstoff

Birla Carbon, ein weltweit führender Anbieter von Carbon Black-Lösungen, hat mit Conductex i14 Carbon Black einen leitfähigen Zusatzstoff für Lithiumionen-Batterien entwickelt, der die elektrische Leitfähigkeit, Ladegeschwindigkeit und Produktlebensdauer erheblich verbessert. Um das volle Potenzial dieser Innovation auszuschöpfen, setzte sich der Hersteller das Ziel, einen ebenso hochwertigen wie professionellen Verpackungsprozess zu etablieren. Am Ende sollten die Batteriehersteller saubere, 7,5- bis 10-kg-Säcke erhalten, die:

- so stark verdichtet sind, dass sie leicht handhab- und stapelbar sind,
- das Produkt optimal schützen, indem sie weder Feuchtigkeit aufnehmen noch die Struktur des Produkts beeinträchtigen,
- auch von außen makellos und staubfrei bleiben.

### Die Haupttreiber für einen modernen Verpackungsprozess

Für einen „State of the Art“-Verpackungsprozess von Carbon Black setzt Greif-Velox bei der Entwicklung seiner Anlagen und Features auf



Die Verpackung mit dem Vakuumpacker Velovac (links) ermöglicht ein sauberes, deutlich stabileres Palettenbild, verglichen mit der Abpackung ohne Vakuum (rechts).

sechs zentrale Treiber: Produktschutz, Sauberkeit, Nachhaltigkeit, Reduzierung der Qualitätskosten, Effizienzsteigerung und Arbeitssicherheit. Auf dieser Basis wurde der Vakuumpacker Velovac speziell für das Absacken ultraleichter Pulver wie Carbon Black entwickelt. Dank der staubfreien Absackung mittels Vakuumtechnologie in einer komplett geschlossenen Kammer bleibt der Prozess so sauber, dass das Produkt vor äußeren Verunreinigungen geschützt ist und Mitarbeiter nicht den Stäuben ausgesetzt werden.

Weitere innovative Features sind die Abflutstutzen-Aspiration, die im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren Verpackungsmaterial reduziert und die dichte, besonders feste Ultraschallverschweißung der Säcke, die effektiv Produktaustritt verhindert. Das Vakuumverfahren sorgt für eine bis zu vierfache Verdichtung des Produkts, was Lager- und Logistikkosten um bis zu 75 % senkt, Transportschäden aufgrund unförmiger Säcke minimiert und den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck entsprechend verringert.

### Perfekte Absack-Ergebnisse mit dem Clean Cycle of Packaging

Für ein optimales Absackergebnis sind nicht nur die Eigenschaften der Anlage entscheidend, die perfekt auf das zu verpackende Produkt abgestimmt ist, sondern auch das Verpackungsmaterial spielt eine zentrale Rolle. Diese drei Komponenten – Produkt, Anlage und Sack – bilden den Clean Cycle of Packaging. Um alle relevanten Anlagen- und Sackparameter optimal anzupassen, hat der Anlagenbauer den weltweit führenden Papiersackhersteller Dy-pack Verpackungen Gustav Dyckerhoff als Partner ins Projekt geholt. Gemeinsam entwickelten die Unternehmen drei Sackvarianten, die die spezifischen Anforderungen verschiedener ultraleichter Pulver hinsichtlich Produktschutz und Leistungsfähigkeit optimal

abdecken. Dank dieser maßgeschneiderten Verpackungslösungen wird das Absackergebnis perfektioniert, da Anlage und Gebinde exakt auf die individuellen Kundenprodukte abgestimmt sind. Alle Säcke gewährleisten Staubfreiheit und sorgen für ein sauberes Palettenbild mit optimal kompaktierten, formstabilen und leicht handhabbaren Säcken. Insbesondere für die hohen Anforderungen und Reinheitsvorgaben bei der Absackung von Carbon Black für die Batterieherstellung wurde eine spezielle Sackvariante entwickelt – der Safedyvac Professional. Dieser Sack bietet optimalen Feuchtigkeitsschutz und verfügt über eine innovative Entlüftungstechnik.

### Absackversuche für die Ermittlung der optimalen Anlagenparameter

Nach der Zieldefinition mit Birla Carbon folgten Abfüllversuche des leitfähigen Zusatzstoffes mit den Vakuumpackern von Greif-Velox. Dabei ermittelten die Entwickler die optimale Kombination aus Produkt und Sack, um das bestmögliche Füllgewicht pro Palette zu berechnen. Durch gezielte Anpassung der Parameter konnte der Verpackungsspezialist minimale Füllzeiten für 7,5- und 10-kg-Säcke erreichen.

Im Test gelang es, die im Konzept vorgesehene hohe Kompaktierung für ein sauberes, einheitliches Palettenbild zu realisieren und das ideale Verhältnis zwischen Füllzeiten und Verdichtung festzulegen. Eine anschließende Laboruntersuchung des verdichteten Materials bestätigte, dass die Handhabung und Absackung so schonend verliefen, dass die Produktstruktur durch den Prozess exakt wie gewünscht unverändert blieb.

### Fülltests für das Sackdesign

Um die optimale Verpackung zu gewährleisten, haben Dy-pack und Greif-Velox das tatsächliche Format und die Füllprodukt Daten basie-

rend auf der verwendeten Sackkonstruktion sorgfältig dokumentiert. Im nächsten Schritt wurde mithilfe spezialisierter Berechnungsprogramme eine erste Annäherung ermittelt, die Faktoren wie Palettenmaße, Schüttdichten und die Anzahl der Säcke pro Schicht berücksichtigt. Anschließend wurde die Eignung der Verpackung in einem Fülltest überprüft, der sowohl manuell als auch unter produktionsähnlichen Bedingungen durchgeführt wurde. „Es ist entscheidend, dass diese Fülltests immer mit dem vorgesehenen Sackdesign durchgeführt werden, um verlässliche Ergebnisse zu erzielen“, betont Phillip Wohrab, Vertriebsmanager bei Dy-pack.

### Vorteilhafte Validierung der Prozessparameter

Die abschließenden Tests zur Validierung der Prozessparameter bieten dem Kunden zahlreiche Vorteile: Sie verkürzen die Zeit, die für die spätere Inbetriebnahme der Anlage vor Ort benötigt wird. Gleichzeitig ermöglicht die finale Festlegung des Sackdesigns und der Größen, dass die Produkte unmittelbar nach der Inbetriebnahme für die Auslieferung bereitstehen. Zudem unterstützt dieses Verfahren den Vertrieb, indem den Kunden von Birla Carbon bereits vor Markteintritt Mustersäcke zur Verfügung gestellt werden können. Dadurch wird eine reibungslose Markteinführung der Produkte sichergestellt.

Zusammengefasst lässt sich sagen: Mit dem Clean Cycle of Packaging – der optimalen Abstimmung von Produkt, Papiersäcken und Verpackungsmaschine – können Hersteller von ultraleichten Pulvern, wie Carbon Black für die Batterieherstellung, die Gesamteffizienz ihrer Produktion steigern und gleichzeitig ihre Markenreputation stärken.



Sebastian Pohl, Geschäftsführer, Greif-Velox

Wiley Online Library



Greif-Velox Maschinenfabrik GmbH, Lübeck  
Tel.: +49 451 5303-0  
info@greif-velox.com  
www.greif-velox.com

# Zerkleinerungstechnik als Qualitätsfaktor

## Einsatz in Materialforschung und Recycling

In der Batterieforschung spielen Qualitätsmanagement und Materialanalyse eine entscheidende Rolle. Die präzise Zerkleinerung von Batterien ist notwendig, denn so lassen sich Mängel an Produktion und Material erkennen. Schneidmühlen unterstützen dabei, die Produktqualität sicherzustellen und Erkenntnisse zu gewinnen.

Batterien spielen eine immer wichtigere Rolle für eine nachhaltigere Energieversorgung, Lithium-Ionen-Batterien sind zentral für die Elektromobilität. Während des Entladungsprozesses wandeln sie die gespeicherte chemische Energie in elektrische Energie um. Derzeit sind Lithium-Ionen-Batterien die effizientesten Energiespeicher in Haushaltsgeräten, Smartphones sowie E-Fahrzeugen. Ein wesentlicher Vorteil dieser Batterien ist ihre Wiederaufladbarkeit, ihre hohe Energiedichte sowie eine mehrjährige Lebensdauer. Unabhängig von der Art bestehen alle Batterien aus vier grundlegenden Komponenten: zwei Elektroden (Anode und Kathode), einem Separator auf Polyolefinbasis und einem dazwischenliegenden Elektrolyt. Verunreinigungen oder Schwankungen in der chemischen Zusammensetzung können die Sicherheit und Leistungsfähigkeit der Batterien beeinträchtigen. Daher ist ein umfassendes Qualitätsmanagement während des Herstellungsprozesses erforderlich, von der Elektrodenproduktion bis zur Finalisierung der Batterie. Besonders die chemische Analyse der Bestandteile mit kontinuierlichen Qualitätskontrollen ist entscheidend für die Leistungsfähigkeit und Sicherheit der Batterien. Dazu müssen fertige Batterien präparativ durch einen Zerkleinerungsprozess mit Schneidmühlen vorbereitet werden.

### Forschungspotenziale und Sicherheitsaspekte

Qualitätskontrollen ermöglichen es, Verunreinigungen und Fehler an Batterien festzustellen. Auch für den Recyclingprozess ist eine Analyse der Inhaltsstoffe relevant. Mit dem Recycling von Batterien können wertvolle Materialien wie Lithium, Kobalt, Nickel und anderer Metalle zurückgewonnen werden. Bevor die Batterie zerkleinert werden kann, müssen bestimmte Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden. Bat-



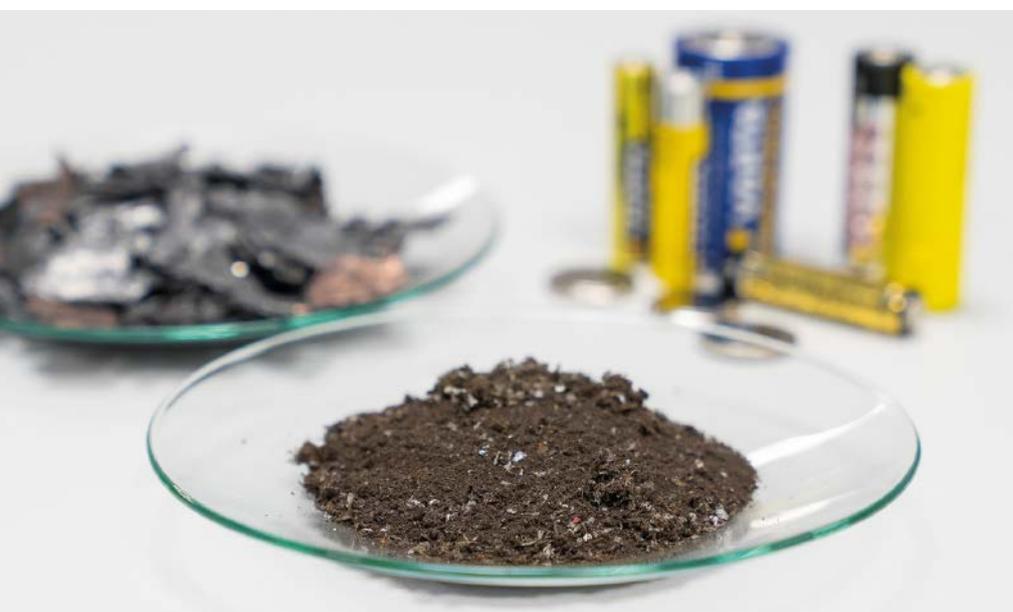
#### Keywords

- **Batteriematerialien**
- **Schneidmühle**
- **Containment**

terien können eine Restladung aufweisen, die unter mechanischem Druck oder erhöhter Temperatur zu Selbstentzündung führen kann. Die bei der Zerkleinerung entstehenden Feinstäube sind gesundheitsschädlich und erfordern daher besondere Schutzkleidung. Um eine Kontamination der Umgebung zu vermeiden, sollte die Zerkleinerung in einem geschlossenen Raum durchgeführt werden. Da Batterien auch korrosive Bestandteile enthalten, ist darauf zu achten, dass das verwendete Zerkleinerungsmaterial nicht irreversibel beschädigt wird.

### Technische Aspekte der Batteriezerkleinerung

Unterschiedliche Konzepte wie Schneiden, Reibung oder Stoß werden für die Zerkleinerung von Batterien eingesetzt. Die Wahl der Methode hängt von den spezifischen Anforderungen und Ausgangsbedingungen ab. Je feiner die Materialien zerkleinert werden sollen, desto höher sind die Anforderungen an die Zerkleinerungstechniken, wobei oft eine Kombination verschiedener Methoden zum Einsatz kommt. Der Prozess beginnt mit einer groben Vorzerkleinerung der Batterie, gefolgt von einer Feinmahlung. Mehrere Parameter beeinflussen das Endergebnis der Zerkleinerung, darunter die Wahl des Rotors, die Drehzahlstellung, die Zuführgeschwindigkeit und die Absaugung. Die optimale Drehzahl sollte in Vorversuchen ermittelt werden, da eine zu hohe Rotation verhindert, dass die Probe über den Zuführtrichter in die Mahlkammer gelangt. Der Laborgerätehersteller Fritsch hat mit der Schneidmühle P-19, die über eine variable Drehzahl verfügt, ein bewährtes Gerät entwickelt. Diese Universal-Schneidmühle ist mit einem Wendeschneidplatten-Rotor aus Hartmetall Wolframkarbid ausgestattet, was aufgrund der physikalischen Festigkeitseigen-



In der Batterieforschung ist die Probenvorbereitung von entscheidender Bedeutung.

© Fritsch

schaften minimalen Abrieb gewährleistet. Die Zuführgeschwindigkeit ist ebenfalls ein kritischer Faktor für eine erfolgreiche Zerkleinerung. Um Überfütterung zu vermeiden, sollte die Probe schrittweise in die Schneidmühle gegeben werden. Der Einsatz eines Hochleistungszyklons minimiert die Feinstaubbildung und kühlt sowohl den Mahlraum als auch das Aufgabegut, was erheblich zur Arbeitssicherheit beiträgt. Die im Glas gesammelte Probe steht dann ohne weiteres Containmenthandling sofort für die nächsten Prozessschritte zur Verfügung. Nach dem Zerkleinerungsprozess folgt die Reinigung der Schneidmühle und ihrer Anbauteile. Aufgrund des dreigeteilten Gehäuses kann die Mühle leicht und ohne Werkzeug vollständig zerlegt und gereinigt werden. Die Schneidmühle P-19 trägt somit wesentlich zur kontaminationsarmen Vorbereitung für nachfolgende analytische Untersuchungen bei.

### Bedeutung der Probenvorbereitung

Eine gute Probenvorbereitung lässt sich durch eine homogene und monomodale Partikelgrößenverteilung erkennen. Diese Gleichmäßigkeit ist entscheidend für die Präzision und statistische Genauigkeit bei der Probennahme, insbesondere für nachfolgende spektroskopische Analyseverfahren. Im Kontext des Stoffstrommanagements und des sog. „Urban Mining“ verbessern kleine, gleichmäßige Partikel die Effizienz sowie die sortenreine Trennung und Rückgewinnung wertvoller Materialien wie Lithium, Kobalt und Nickel. Kleinere Partikel bieten eine größere Oberfläche, was die nachfolgende Materialbearbeitung in weiteren Prozessen beeinflusst. Außerdem gilt: Je größer die Oberfläche, desto größer die Oberflächenladung, was die Speicherkapazitäten der Batterie erhöht. Schneidmühlen sind daher ein essenzielles Werkzeug im Supply-Chain-Management der Batteriefor-



**Holger Brecht,**  
Vertriebsingenieur, Fritsch

Wiley Online Library



**FRITSCH GmbH, Idar-Oberstein**  
Tel.: +49 67 84 70 - 0  
info@fritsch.de  
www.fritsch.de

### Das Typenschild im RFID-Tag – dauerhaft lesbar auch unter rauen Bedingungen

Kratzer, Dellen oder abgeschliffene Stellen: Nach Jahren zuverlässiger Leistung unter allen Umweltbedingungen und Temperaturen sieht man auch einem Füllstandsensor sein Alter an. Damit er sich trotz angegriffenem oder ausgeblenchem Typenschild jederzeit und überall identifizieren und bis auf die letzte Seriennummer-Stelle zurückverfolgen lässt, gibt es für Vega-Sensoren der PRO-Serie nun RFID-Tags.

RFID ist nicht neu und doch ist die Radio-Frequency Identification wohl die modernste Art, mit der sich die Sensoren innerhalb industrieller Anlagen identifizieren lassen. RFID-Tags enthalten einen Mikrochip zum Speichern von Informationen. Weil sie mit ihren beschreibbaren Chips nicht nur berührungslos lesbar sind, sondern dies auch bei Wind und Wetter, schnellen Temperaturwechseln oder nach jahrelanger Sonneneinstrahlung über viele Jahre bleiben, sind sie anderen Kennzeichnungstechniken überlegen. „Gestanzte Anhänger oder auch Barcodes werden hierdurch ideal ergänzt, insbesondere bei Installationen unter freiem Himmel“, ist auch Stefan Kaspar, Vega-Produktmanager, überzeugt. Ganz gleich, ob im weitläufigen Chemiepark oder in der Öl- und Gasindustrie: „Mit einem RFID-Tag lassen sich unsere Sensoren auch nach intensiven Jahren des Feldeinsatzes sicher zurückverfolgen.“

#### Universelle Norm

Hinter der Sensorkennzeichnung stehen nicht nur direkte Kundenanforderungen, sondern



auch der international gültige Standard IEC 61406 und das DDCC, ein seit drei Jahren bestehender, herstellerübergreifender Zusammenschluss von Anlagenbetreibern, Serviceprovidern und Herstellern von Maschinen und Komponenten für die Prozessautomation. Kaspar erklärt: „Als Mitglied im Digital Data Chain Consortium arbeiten wir gemeinsam mit vielen Unternehmen an einem industrieweiten Standard für den Datenaustausch.“ Das Consortium habe eine klare Vision: „Zugang zu und Austausch von Informationen zwischen allen Beteiligten sollen künftig über den gesamten Lebenszyklus hinweg leichter gemacht werden.“ Ganz gleich, welches Gerät und welcher Hersteller hinter einer Komponente steckt: Durch einfaches Abscannen des QR-Codes auf dem Typenschild mit einer ganz normalen Foto-App – oder durch Auslesen des RFID-Tags – sollen

Nutzer in Zukunft ihre Assets eindeutig identifizieren und zur zugehörigen Dokumentation gelangen können.

#### Digital Twin

Noch ist der ganz große Wurf Zukunftsmusik, aber die Zukunft ist mit der jetzigen ID-Lösung einen großen Schritt näher gerückt. „Ganz gleich, wo man in einer Anlage gerade unterwegs ist: Man wird künftig überall mit nur einem Klick zu einer eindeutigen Sensoridentität gelangen“, sagt Kaspar, „und von hier aus direkt zum digitalen Zwilling, der alle wichtigen Informationen zum Gerät über den gesamten Lebenszyklus enthält, von der Dokumentation über die Parametrierung, durchgeführte Wiederholungsprüfungen bis hin zu Informationen für Reparatur und Recycling.“ Der RFID-Tag für Vega-Sensoren ist somit der erste Schritt auf dem Weg zum digitalen Zwilling.

#### Messstellenkennzeichnung

Alternativ kann der RFID-Tag auch mit einer vom Kunden bereitgestellten individuellen Messstellenkennzeichnung beschrieben werden. Die spezifische und eindeutige Kennzeichnung hilft, Bedienfehler zu vermeiden und schafft Orientierung. Kaspar ist überzeugt: „Von Instandhaltung, Service bis hin zur Wartung wird der Anlagenbetrieb damit effizienter und sicherer.“ Verfügbar sind die RFID-Tags zunächst für den Radar-Füllstandsensor Vegapuls 6X und sollen nachfolgend für alle weiteren Pro-Geräte eingeführt werden.

[www.vega.com](http://www.vega.com)

# Delaminierung von Talksuspensionen

## Herstellung von Talk mit hohem Aspektverhältnis

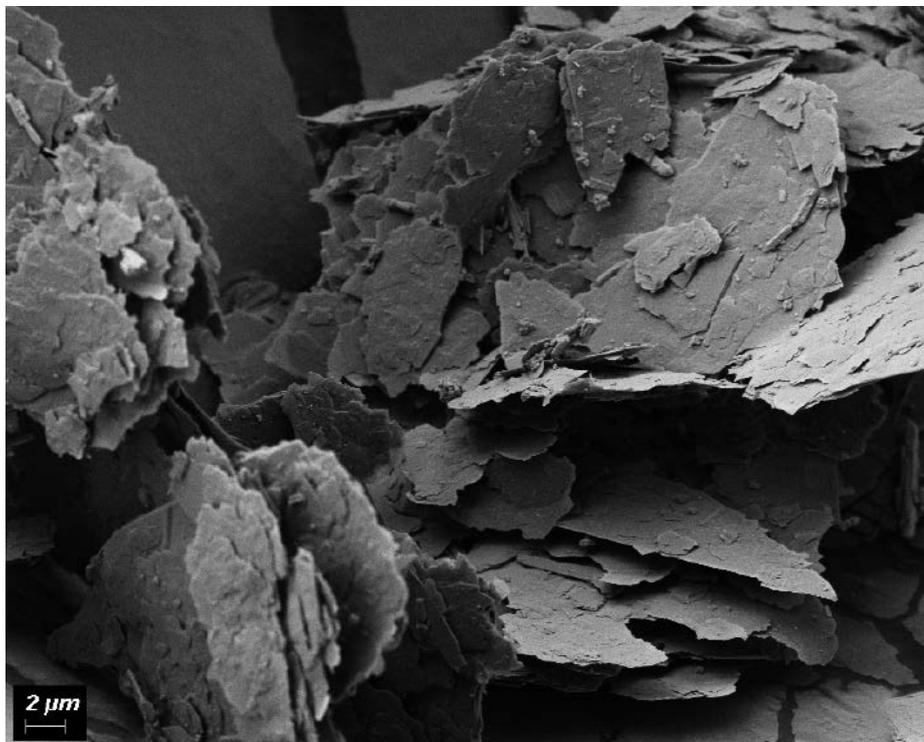


Abb. 1: REM-Bild der sprühgetrockneten Talksuspension, welche aus herkömmlicher Talkrohware delaminiert wurde.

Talk ist ein Sammelbegriff für reine und polyminerale Gesteine, die neben der Hauptkomponente Talk auch andere Begleitminerale enthalten können. Dies sind Karbonate (Dolomit, Magnesit, Kalzit), aber auch Quarz und Glimmer. Reiner Talk ist ein Magnesiumsilikathydrat, ein Schichtsilikat, und besteht aus Paketen von einzelnen Plättchen, welche durch Van-der-Waals-Kräfte miteinander verbunden sind. In einzelnen Fällen wird reiner Talk auch von Chlorit begleitet. Im Chlorit-Talk ist Magnesium (Mg) teilweise durch Aluminium (Al) oder seltener Eisen (Fe) ersetzt. Zum Ausgleich gibt es eine zusätzliche Brucit-Schichte (Mg(OH)<sub>2</sub>). Es handelt sich also um ein Mg-Al(Fe)-Silicat-Hydrat, welches gut delaminiert werden kann. Chlorit-Talk ist allerdings üblicherweise grün bis hellgrau, was die Einsatzgebiete stark limitiert.

Da Talk nach Weiße bewertet wird, ist Chlorit auch meist minderwertiger und günstiger.

### Vorkommen von Talk

Talk kann in mikro- und makrokristalliner Form auftreten. Mikrokristalliner Talk ist selten und kommt in größeren Mengen in Australien und den USA vor. Stand der Technik ist die Mikronisierung von mikro- und makrokristallinem Talk mittels Trockenvermahlung, was jedoch zu keinen besonders hohen Aspektverhältnissen (hier: Länge des Teilchens zu Dicke) der einzelnen Plättchen führt, da viele Plättchen beim Zusammenprall brechen. Die Delaminierung unter Beibehaltung eines hohen Aspektverhältnisses ist eine Herausforderung und gleichzeitig der Schlüsselfaktor für die Herstellung hochwertiger Talkprodukte.

Material	Primärpartikel (d <sub>50</sub> in µm)	Aspekt-Verhältnis
Mikronisierter Talk	1–2	8–12
Delaminierter Chlorit-Talk	10–12	30–50
Delaminierter Talk aus dieser Studie	7–15	80–120

Tab. 1: Einfluss der Verarbeitung auf die Partikelgröße und das Aspekt-Verhältnis von Talk

Talk wird in großen Mengen in Farben, Lacken und Kunststoffbauteilen zur Verbesserung der Deckkraft, Witterungsbeständigkeit sowie mechanischen Eigenschaften eingesetzt. Das Aspektverhältnis der plättchenförmigen Partikel (Länge des Teilchens zu Dicke) spielt dabei eine zentrale Rolle. In dieser Studie lag der Fokus auf der Entwicklung eines Verfahrens zur Talkdelaminierung mittels Nassmahlen in Kombination mit dem Einsatz spezifischer Additive. Ein Aspektverhältnis von mehr als 100:1 konnte erstmalig auch für marktübliche weiße Talkausgangprodukte erreicht werden.



### Keywords

- Partikelcharakterisierung
- Talkdelaminierung
- energieeffiziente Verfahrenstechnik

Weltweit werden jährlich mehr als 6 Mio. t Talk und seine Modifikationen abgebaut. China und Indien besitzen die größten Vorkommen an reinen, weißen Talkformen. Für die Untersuchungen in dieser Studie wurden verschiedene Materialien von der Fa. Liaoning Aihai Talc Co., dem größten Talk-Produzenten in China, verwendet.

### Delaminierung durch Nassmahlen

Talkprodukte mit hohem Aspektverhältnis können durch den Prozess der Nassmahlung hergestellt werden. Bislang wird bevorzugt der deutlich seltenere Chlorit-Talk als Rohware eingesetzt, da dessen Plättchen leichter als reine Talkformen delaminiert werden können.

Die Nassvermahlung wird klassischerweise mit einer Rührwerkskugelmühle durchgeführt.

In einer Rührwerkskugelmühle werden die (keramischen) Mahlkörper durch eine rotierende Welle in Bewegung gesetzt. Dabei gilt: Je schneller die Umfangsgeschwindigkeit der Welle, desto höher die kinetische Energie der einzelnen Mahlkörper. Auf die Talkpartikel in der Suspension wirken Scher- und Prallkräfte. Bei niedrigen Umfangsgeschwindigkeiten dominiert die Scherbeanspruchung, was für die Delaminierung von Talkplättchen genutzt wird. Durch die Prallbeanspruchung werden die Plättchen zerkleinert bzw. gebrochen, was zu einer starken Abnahme des Aspekt-Verhältnisses führt (Abb. 2). Die optimale Einstellung der Prozessparameter ist daher entscheidend für die erfolgreiche Delaminierung von Talkplättchen.

### Mechanische Verfahrenstechnik trifft Chemie

Der innovative Ansatz dieser Studie liegt in der Delaminierung von herkömmlichen, reinen, weißen Talkrohwaren, anstatt von dunklerem Chlorit-Talk, mittels Nassmahlen und gezieltem Einsatz spezifischer Prozessadditive.

Prozessadditive, wie z.B. Netz- und Dispergieradditive, beeinflussen maßgeblich die Benetzbarkeit der Partikeloberfläche durch die Flüssigkeit und dadurch die Bulkviskosität der Suspension. Die Viskosität wiederum spielt eine wichtige Rolle bei dem Delaminierungsprozess in einer Rührwerkskugelmühle. Darüber hinaus vermeiden geeignete Dispergieradditive die Reagglomeration bereits delaminierter Talk-Plättchen.

In dieser Studie wurden eine große Anzahl an Netz- und Dispergieradditiven sowie Entschäumer von unterschiedlichen Herstellern in verschiedenen Kombinationen und Konzentrationen eingesetzt. Darüber hinaus wurden mehrere Talkrohwaren von Aihai mit unterschiedlichen Ausgangspartikelgrößen untersucht, welche sich nur wenig in der Mineralogie – also in Bezug auf Begleitminerale – unterscheiden. Der Glühverlust der unterschiedlichen Rohwaren lag zwischen 5,6 % und 6,1 %, was annähernd einem reinen Talk entspricht.

Die Wirkung von Prozessadditiven bei der Talkdelaminierung in der Rührwerkskugelmühle wurde anhand der Partikelgrößencharakterisierung bewertet. Die wässrigen Suspensionen mit 30 Gew.% Talk wurden in einer Laborrührwerkskugelmühle LabStar vom Hersteller Netzsch Feinmahltechnik verarbeitet, wobei auch der Einfluss der Mahlkörpergröße sowie der Umfangsgeschwindigkeit untersucht wurde. Abbildung 3 zeigt exemplarisch die Abnahme der Partikelgröße in Abhängigkeit vom spezifischen Energieeintrag für drei verschiedene Formulierungen.

### Ergebnisse der Partikelgrößencharakterisierung

Die erzielten Ergebnisse zeigen bei geringen spezifischen Energieeinträgen zunächst eine signifikante Partikelgrößenabnahme um 50 % aufgrund der Delaminierung. Bei der Delaminierung werden durch die Scherkräfte im Prozess die Van-der-Waals-Kräfte zwischen den Talkplättchen überwunden. Ziel der Nassvermahlung war eine mittlere Partikelgröße (d50) von 10 bis 15 µm. Die Kombination aus geeignetem Dispergieradditiv mit Entschäumer bei einem Talktyp führte zum Erreichen der Zielfeinheit bereits bei einem spezifischen Energieeintrag von 0,07 kWh/kg (siehe Abb. 3, Formulierung A). Der Vergleich mit weiteren Prozessadditiv-Kombinationen (Formulierungen B und C) bei gleichen Prozessbedingungen zeigt, dass die gewünschte Zielfeinheit erst bei einem um ca. 45 % höheren Energieverbrauch erreicht werden kann. Eine ausgeklügelte Ermittlung und Festlegung der Prozessparameter und der erforderlichen Prozessadditive ist für die energieeffiziente Prozessdurchführung unerlässlich. Dies muss für jeden Talktyp erprobt, gefunden und optimiert werden, da es keine allgemein verwendbare Additivkombination gibt.

## Zwei starke Partner. Eine neue Marke.

Partikelanalyse für trockene Schüttgüter

LAB Innovations  
Birmingham  
30. & 31. Okt.  
Halle 2  
Stand D29

### EML Analysensiebmaschine

3D Siebung in ihrer Bestform  
Messbereich: 20µm - 125 mm



### Luftstrahlsiebmaschine

für die feinsten Pulver  
Messbereich: 10µm - 4 mm



### Dynamische Bildanalyse

für die Partikelgrößen - und formanalyse  
Messbereich: 20µm - 30 mm



www.nexopart.com

**NEXOPART**  
simplicity for your lab

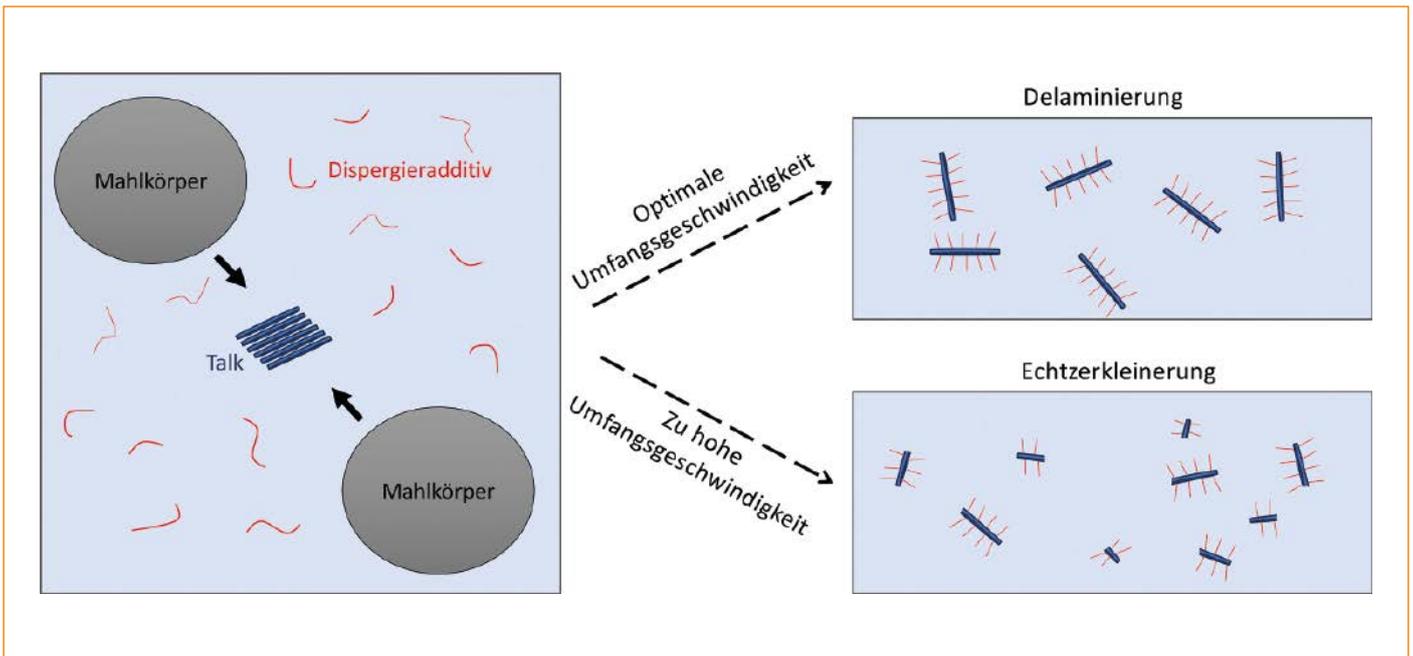


Abb. 2: Schematische Darstellung der Delaminierung bzw. Zerkleinerung von Talk durch die Mahlkörperbeanspruchung

Um den Delaminierungsprozess zu bewerten, wurden die hergestellten Suspensionen anschließend am Leibniz-Institut für Polymerforschung in Dresden sprühtrocknet und die Talkpartikel mittels hochauflösender Rasterelektronenmikroskopie (REM) untersucht (Abb. 1). Dabei konnte nach der Delamination von Aihai-Talktypen ein Aspektverhältnis von mehr als 100:1 bestimmt werden (Tab. 1). Ein derartiges Aspekt-Verhältnis wurde bei bislang angebotenen Produkten basierend auf Chlorit-Talk-Rohwaren nicht gefunden.

Es konnte gezeigt werden, dass eine Evaluierung und Festlegung der Prozessparameter sowie die Auswahl von spezifischen Prozess-

additiven für die energieeffiziente Prozessdurchführung von entscheidender Bedeutung und unerlässlich sind. Im Rahmen dieser Studie wurden die im Labor durchgeführten Versuche zur Delaminierung auch durch ein erfolgreiches Upscaling in Pilot- und industrielle Anlagen durchgeführt. Dabei wurden ebenfalls Talkprodukte mit einem Aspektverhältnis größer 100:1 reproduzierbar hergestellt. Der hier verfolgte Einsatz durch ein angepasstes Zusammenspiel zwischen den Prozessparametern und der Formulierung ermöglichte die erstmalige Herstellung von marktüblichen, reinen Talkprodukten mit einem sehr hohem Aspektverhältnis. Dieser

Ansatz soll nun zur energieeffizienten Delaminierung von weiteren Schichtmaterialien übertragen werden.

**Dr.-Ing. Felipe Wolff Fabris**, Standortleiter, Europäisches Zentrum für Dispersionstechnologien (EZD)

**Dr. Wilhelm Schober**, Geschäftsführender Gesellschafter, Schoconsult (www.schoconsult.com)

**Dr. Andreas Leuteritz**, Forschungsgruppenleiter Nanokomposite und Reaktionstechnik / Forschungsclusterleiter Tailored Systems, Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden

**Dr.-Ing. Ines Kühnert**, stellv. Institutsleitung Institut für Polymerwerkstoffe/ Abteilungsleitung Verarbeitungstechnik, Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden

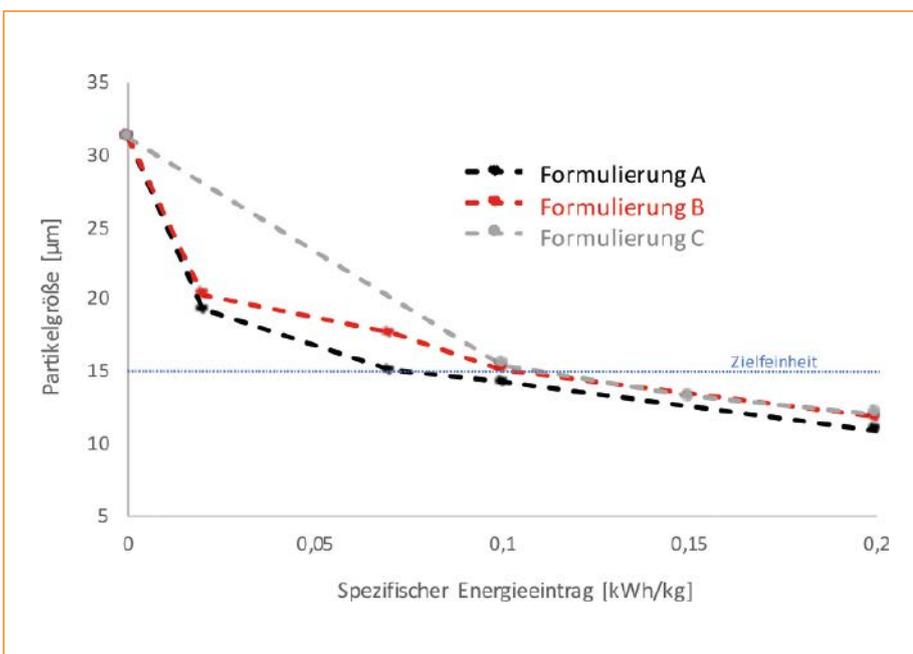


Abb. 3: Einfluss der Formulierung auf die Delaminierung von Talk mittels Rührwerkskugelmühle

Wiley Online Library



Europäisches Zentrum für Dispersionstechnologien (EZD), SKZ – KFE gGmbH, Selb  
 Tel.: +49 9287 99880 - 0  
 f.wolff-fabris@skz.de  
 www.ezd.eu

## Ausstattung für Labor und Industrie

Laborprodukte aus Kunststoff sind im Betrieb und Laboratorium unverzichtbar. Das Sortiment der RCT umfasst Laborbehälter, Laborbesteck, Trichter, Dosierhilfen, Magnetrührstäbchen, Stopfen und Kappen in verschiedenen Materialien und Ausführungen. Für die Handhabung, Lagerung und den Transport von Chemikalien werden Kunststoffflaschen wie Weithals-, Enghals-, Steilbauch- und Hochschulterflaschen angeboten. Diese unterscheiden sich in Materialeigenschaften, Form und Zubehör und bestehen aus LDPE, HDPE, PP, FEP, PC, PFA oder PTFE.

Daneben zählen auch runde oder vierkantige Ballons aus LDPE oder PP sowie verschiedenste Laborkanister, teilweise mit Ablasshähnen oder in antistatischer Ausführung, zum Standardsortiment. In Dosen wie Labordosen, Plastikdosen, Präparatedosen und Vorratsdosen aus den Werkstoffen PS, PP, LDPE sowie PFA lassen sich Feststoffe ebenfalls lagern. Laborartikel wie Reagenzglasröhrchen oder Versandröhrchen runden das Angebot an Behältnissen für den täglichen Laborbedarf ab. Schalen und Tiegel werden als Abdampfschalen und Kristallisationsschalen aus den Werkstoffen PP, PFA und PTFE angeboten. Zu dieser Produkt-Untergruppe gehören auch Gewebekulturplatten, Petrischalen, Zellkulturschalen und Uhrenschalen.

Laborstopfen und Laborkappen aus PP und PTFE sowie Gummistopfen und Gummikappen aus FPM, FKM, NR und Silikon, teilweise FDA-konform, sind ebenfalls erhältlich. Für Filtrationsanwendungen gibt es verschiedene Filtertypen. Halbzeuge wie Folien, Platten,

Rundstäbe, Rohre oder Rundschnüre werden aus harten Kunststoffen oder weichen Elastomeren gefertigt. Auch spezielle Verbundwerkstoffe sind erhältlich.

Alle Ausführungen sind mit einer PTFE-Schicht überzogen, um eine Anhaftung von Chemikalien während des Rührvorgangs möglichst zu verhindern. Als Zubehör sind im Angebot auch Rührfischangeln zur Rückgewinnung der Rührfische enthalten. Ergänzend werden Rührwellen bzw. Laborrührer aus PP als Kleeblattrührer bzw. Propellerrührer mit runden oder eckigen Rührblättern sowie einzelne Rührblätter in halbrunder bzw. Bananenform angeboten.

Ebenfalls der Laborplastik zugerechnet werden Laborstopfen und Laborkappen. Hier hat die RCT Normschliffstopfen aus den Kunststoffen PP und PTFE im Portfolio, aber auch Gummistopfen und Gummikappen aus elastomeren Werkstoffen wie FPM bzw. FKM, NR und Silikon. Teilweise besitzen die Stopfen FDA-Konformität.

In vielen Prozessen der chemischen Industrie müssen feste Partikel aus Flüssigkeiten oder Gasen abgetrennt werden. Angesichts der zahlreichen Filtrationsanwendungen wird eine Vielzahl verschiedener Typen von Filtern angeboten, die sich in Aufbau, Material und Eigenschaften unterscheiden.

Halbzeuge wie Folien, Platten, Rundstäbe, Rohre oder Rundschnüre werden aus harten Kunststoffen oder weichen, gummiartigen Elastomeren gefertigt und angeboten, als Vollmaterial, Moosgummi oder Zellkautschuk. Auch spezielle Verbundwerkstoffe mit Glasge-

webe, Beschichtungen, Glasfaserverstärkung oder Graphitfüllung sind erhältlich.

Die RCT Reichelt Chemietechnik führt ferner ein umfangreiches Sortiment an Klebstoffen und Schmierstoffen. Das Angebot enthält daneben auch Pasten, Reiniger oder Sprays in zahlreichen Variationen.

Dichtungen wie O-Ringe, Milchrohrdichtungen oder Flachdichtungen sind unverzichtbare Komponenten in Anwendungen der Industrie und im Labor. O-Ringe bestehen aus elastomeren Werkstoffen wie etwa EPDM, NBR, Silikon, FFKM oder FKM. Sonderausführungen für thermisch und chemisch anspruchsvolle Anwendungen sind zusätzlich mit einem Mantel aus FEP ausgestattet. Sie sind in verschiedenen Größen und Härtegraden erhältlich. Clampdichtungen werden häufig in Rohrleitungssystemen verwendet, die schnell und einfach demontiert werden müssen. Dichtringe gemäß den BfR-Richtlinien sind speziell für Anwendungen konzipiert, die in Kontakt mit Lebensmitteln kommen. Sie bieten eine hohe Beständigkeit gegen Fette, Öle und andere Lebensmittelbestandteile. Pharmadichtungen wiederum sind speziell für die Anforderungen der Pharmaindustrie entwickelt und erfüllen die strengen FDA-Vorschriften. Diese Dichtungen bestehen aus hochreinen Materialien wie PTFE und Silikon. Flachdichtungen werden als statische Dichtungen eingesetzt und aus Werkstoffen wie NBR, EPDM, FPM, PTFE, Aramid oder Graphit gefertigt. Milchrohrverschraubungsringe aus NBR, EPDM, FPM, Silikon oder PTFE.

[www.rct-online.de](http://www.rct-online.de)

## Ferritische Partikel einfach abtrennen

In vielen Prozessen müssen feinste metallische Partikel abgetrennt werden, ohne die Filtration zu belasten. Mit WTMF-Magnetfiltergehäusen von Wolftechnik erfolgt die Abtrennung besonders einfach. Der Deckel der Gehäuse, die wahlweise mit fünf, sieben oder neun Magnetstäben ausgerüstet werden können, ist mit Hüllrohren versehen. Magnetstäbe werden eingesetzt, wo feinste metallische Partikel aus Flüssigkeiten zuverlässig abgetrennt werden müssen. Die Vorabscheidung ferritischer, also eisenhaltiger Partikel verlängert die Standzeit der eingesetzten Filter deutlich. Die gesamte Filtration wird effizienter. Bei sehr hoher Schmutzfracht und etwas größeren Partikeln kann zusätzlich ein WTZA-Zentrifugalabscheider zur Vorabtrennung die Filtration weiter entlasten. Die Eisenpartikel gelangen mit der Flüssigkeit ins Filtergehäuse. Dort werden sie vom starken Magnetfeld der Stäbe angezogen und bleiben an deren Oberfläche haften.



© Wolftechnik

Bei der Reinigung lassen sich die Partikel wieder vom Magnetstab abstreifen. Die kompakten Magnetfiltergehäuse mit Klappdeckel und Standsockel aus Edelstahlhuss haben variable Eintritts- und Austrittsstutzen und werden individuell in den geforderten Maßen angefertigt.

Durch die spezielle Konstruktion von Standsockel-Boden und horizontalem Auslauf können die Gehäuse komplett restentleert werden. Die herausziehbaren Neodym-Magnetstäbe haben eine Feldstärke von jeweils 1,2 Tesla (12.000 Gauss). Der mit Hüllrohren ausgestattete Deckel bietet den Vorteil, dass die auf den Hüllrohren abgetrennten, ferritischen Partikel nach dem Herausziehen der Magneteinsätze sehr einfach von den Hüllrohren entfernt werden können. Bei einem maximalen Betriebsdruck von 10 bar und einer maximalen Betriebstemperatur von 80 °C eignen sich die Magnetfiltergehäuse zur Standzeitverlängerung vorhandener Filter. Als Vorfilter eingesetzt schützen sie Pumpen, Ventile und Düsen, als Nachfilter separieren sie allerfeinste Eisenteilchen. Zudem können sie als Partikelfilter für Prozessflüssigkeiten bei mechanischen Bearbeitungen eingesetzt werden, z.B. in Spül- und Entfettungsbädern.

[www.wolftechnik.de](http://www.wolftechnik.de)

## Anlagentechnik

Armaturen

# GEMÜ

**GEMÜ Gebr. Müller  
Apparatebau GmbH & Co. KG**  
Fritz-Müller-Straße 6-8  
D-74653 Ingelfingen  
Tel.: +49 (0) 79 40 / 123 0  
E-Mail: [info@gemue.de](mailto:info@gemue.de)  
<http://www.gemu-group.com>

Armaturen

# NOGE

**NOGE TECHNIK GMBH**  
Pappelstr. 2  
85649 Brunnthal-Hofolding  
Tel. 08104/6498048  
Fax. 08104/648779  
E-Mail: [info@noge-technik.de](mailto:info@noge-technik.de)  
<http://www.noge-technik.de>

Dichtungen/Pumpen



**RCT Reichelt  
Chemietechnik GmbH + Co.**  
Englerstraße 18 · D-69126 Heidelberg  
Tel.: 06221/3125-0 · Fax: -10  
[info@rct-online.de](mailto:info@rct-online.de) · [www.rct-online.de](http://www.rct-online.de)  
*Schläuche & Verbinder, Halbzeuge aus  
Elastomeren & Kunststoffen*

Pumpen



**KSB SE & Co. KGaA**  
Johann-Klein-Straße 9  
D-67227 Frankenthal  
Tel.: +49 (6233) 86-0  
Fax: +49 (6233) 86-3401  
<http://www.ksb.com>



**Lutz Pumpen GmbH**  
Erlenstr. 5-7 / Postfach 1462  
97877 Wertheim  
Tel./Fax: 09342/879-0 / 879-404  
[info@lutz-pumpen.de](mailto:info@lutz-pumpen.de)  
<http://www.lutz-pumpen.de>

# JESSBERGER

## JESSBERGER GMBH

Jaegerweg 5 · 85521 Ottobrunn  
Tel. +49 (0) 89-6 66 63 34 00  
Fax +49 (0) 89-6 66 63 34 11  
[info@jesspumpen.de](mailto:info@jesspumpen.de)  
[www.jesspumpen.de](http://www.jesspumpen.de)

Pumpen, Zahnradpumpen

# beinlich

**Beinlich Pumpen GmbH**  
Gewerbstraße 29  
58285 Gevelsberg  
Tel.: 0 23 32 / 55 86 0  
Fax: 0 23 32 / 55 86 31  
[www.beinlich-pumps.com](http://www.beinlich-pumps.com)  
[info@beinlich-pumps.com](mailto:info@beinlich-pumps.com)

*Hochpräzisionsdosier-, Radial-  
kolben- und Förderpumpen,  
Kundenorientierte Subsysteme*

Rohrbogen/Rohrkupplungen



**HS Umformtechnik GmbH**  
Gewerbstraße 1  
D-97947 Grünsfeld-Paimar  
Telefon (0 93 46) 92 99-0 Fax -200  
[kontakt@hs-umformtechnik.de](mailto:kontakt@hs-umformtechnik.de)  
[www.hs-umformtechnik.de](http://www.hs-umformtechnik.de)

Ventile

# GEMÜ

**GEMÜ Gebr. Müller  
Apparatebau GmbH & Co. KG**  
Fritz-Müller-Straße 6-8  
D-74653 Ingelfingen  
Tel.: +49 (0) 79 40 / 123 0  
E-Mail: [info@gemue.de](mailto:info@gemue.de)  
<http://www.gemu-group.com>

Gefahrstoffe

Gefahrstofflagerung

# DENIOS

**DENIOS SE**  
Dehmer Str. 54-66  
32549 Bad Oeyenhausen  
Fachberatung: 0800 753-000-3

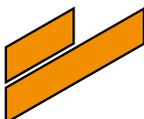
Containment

# DENIOS

**DENIOS SE**  
Dehmer Str. 54-66  
32549 Bad Oeyenhausen  
Fachberatung: 0800 753-000-3

Ingenieurbüros

Biotechnologie



**VOGELBUSCH**  
Biocommodities  
**Vogelbusch Biocommodities GmbH**  
A-1051 Wien, PF 189  
Tel.: +431/54661, Fax: 5452979  
[vienna@vogelbusch.com](mailto:vienna@vogelbusch.com)  
[www.vogelbusch-biocommodities.com](http://www.vogelbusch-biocommodities.com)

*Fermentation, Destillation  
Evaporation, Separation  
Adsorption, Chromatographie*

Mechanische  
Verfahrenstechnik

Koaleszenzabscheider

# ALINO-IS

**Alino Industrieservice GmbH**  
D-41334 Nettetal  
Tel.: +49 (0) 2157 / 8 95 79 91  
[www.alino-is.de](http://www.alino-is.de) · [mail@alino-is.de](mailto:mail@alino-is.de)

# THIELMANN

**THIELMANN ENERGIETECHNIK GmbH**  
Dormannweg 48 | 34123 Kassel  
Tel.: +49 561 50785-0  
E-Mail: [info@gts-thielmann.de](mailto:info@gts-thielmann.de)  
Website: [www.gts-thielmann.de](http://www.gts-thielmann.de)

Tröpfchenabscheider

# ALINO-IS

**Alino Industrieservice GmbH**  
D-41334 Nettetal  
Tel.: +49 (0) 2157 / 8 95 79 91  
[www.alino-is.de](http://www.alino-is.de) · [mail@alino-is.de](mailto:mail@alino-is.de)

# THIELMANN

**THIELMANN ENERGIETECHNIK GmbH**  
Dormannweg 48 | 34123 Kassel  
Tel.: +49 561 50785-0  
E-Mail: [info@gts-thielmann.de](mailto:info@gts-thielmann.de)  
Website: [www.gts-thielmann.de](http://www.gts-thielmann.de)

Vibrationstechnik

**Findeva**  
*pneumatische Vibratoren + Klopfer*  
**ALDAK** VIBRATIONSTECHNIK  
Redcarstr. 18 • 53842 Troisdorf  
Tel. +49 (0)2241/1696-0, Fax -16  
[info@aldak.de](mailto:info@aldak.de) · [www.aldak.de](http://www.aldak.de)

Thermische  
Verfahrenstechnik

Abluftreinigungsanlagen

# envirotec

**ENVIROTEC® GmbH**  
63594 Hasselroth  
06055/88 09-0  
[info@envirotec.de](mailto:info@envirotec.de) · [www.envirotec.de](http://www.envirotec.de)

# Venjakob

**WK Wärmetechnische Anlagen  
Kessel- und Apparatebau  
GmbH & Co. KG**  
Industriestr. 8-10  
D-35582 Wetzlar  
Tel.: +49 (0)641/92238-0 · Fax: -88  
[info@wk-gmbh.com](mailto:info@wk-gmbh.com)  
[www.wk-gmbh.com](http://www.wk-gmbh.com)

Vakuumsysteme

**www.vacuum-guide.com**  
(Ing.-Büro Pierre Strauch)  
*Vakuumpumpen und Anlagen  
Alle Hersteller und Lieferanten*

Verdampfer

# THIELMANN

**THIELMANN ENERGIETECHNIK GmbH**  
Dormannweg 48 | 34123 Kassel  
Tel.: +49 561 50785-0  
E-Mail: [info@gts-thielmann.de](mailto:info@gts-thielmann.de)  
Website: [www.gts-thielmann.de](http://www.gts-thielmann.de)

Wärmekammern

# DENIOS

**DENIOS SE**  
Dehmer Str. 54-66  
32549 Bad Oeyenhausen  
Fachberatung: 0800 753-000-3



**Will & Hahnenstein GmbH**  
D-57562 Herdorf  
Tel.: 02744/9317-0 · Fax: 9317-17  
[info@will-hahnenstein.de](mailto:info@will-hahnenstein.de)  
[www.will-hahnenstein.de](http://www.will-hahnenstein.de)

# Index

ABB	21	Flexicon Europe	40	Maschinenfabrik Gustav Eirich	30	Steute Technologies	9, 40
Afriso-Euro-Index	40	Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB	34	Meorga	5, 6, 11, Beilage	Thielmann	50
Alino	50	Fritzsch Milling and Sizing	44	Mesago Messe Frankfurt	11	Verein Deutscher Ingenieure (VDI)-GVC	8, 11, 12, 24
Asepto Prozesstechnik	33	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh)	11	NAMUR	7, 11	VDMA	18
Beinlich Pumpen	50	GEA Group	38	Nexopart	47	Vega	45, 4, US
Birla Carbon Europe	42	GEMÜ Gebr. Müller	50	Noge Technik	50	Venjakob	50
CarboTech Gruppe	35	Greif-Velox Maschinenfabrik	42	Nova-Institut	28	Verband der Chemischen Industrie (VCI)	8
Chemiepark Marl Evonik Technology & Infrastructure	6	Haus der Technik (HDT)	2, US	Otto Ganter	40	Vogelbusch	50
Dechema	8, 9, 11, 12, 24	HS- Umformtechnik	50	Profibus-Nutzerorganisation	11	Wacker Chemie	8
Denios	50	Ing.- Büro Pierre Strauch	50	Prominent	37	Will & Hahnenstein	50
Dy-pack Verpackungen Gustav Dyckerhoff	42	Jessberger	50	RCT Reichelt Chemietechnik	27, 49, 50, Beilage	WK Wärmetechnische Anlagen	50
Ekato Rühr- und Mischtechnik	20	Kaesar Kompressoren	31	REA Elektronik	20	Kessel- und Apparatebau	50
ElringKlinger Kunststoff-Technik	20	Klinger Germany	22	Rembe		Wolftechnik Filtersysteme	49
E-Lyte Innovations	6	Koelnmesse	11	Safety + Control	Titel, 16, 17, 24, 25	Zeppelin Systems	33
Envirotec	50	KSB	50	Ruwac Industriesauger	20		
Findeva	3, 50	Lutz Pumpen	50	SEW- Eurodrive	7		
				SKZ - KFE	46		

## Impressum

### Herausgeber

GDCh, Dechema e.V., VDI-GVC

### Verlag

Wiley-VCH GmbH  
Boschstraße 12, 69469 Weinheim  
Tel.: +49 6201/606-0,  
Fax: +49 6201/606-100  
citplus@wiley.com, www.gitverlag.com

### Geschäftsführer

Dr. Guido F. Herrmann

### Group Vice President

Harriet Jeckells

### Publishing Director

Steffen Ebert

### Produktmanager

Dr. Michael Reubold  
Tel.: +49 6201/606-745  
michael.reubold@wiley.com

### Chefredakteurin

Dr. Etwina Gandert  
Tel.: +49 6201/606-768  
etwina.gandert@wiley.com

### Redaktion

Dr. Volker Oestreich  
voe-consulting@web.de

### Redaktionsassistentin

Bettina Wagenhals  
Tel.: +49 6201/606-764  
bettina.wagenhals@wiley.com

### Fachbeirat

Prof. Dr. Thomas Hirth,  
Karlsruhe Institute of Technology (KIT),  
Karlsruhe

Prof. Dr.-Ing. Norbert Kockmann,  
TU Dortmund

Dipl.-Ing. Eva-Maria Maus,  
Fachhochschule Nordwestschweiz, Basel

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Peukert,  
Universität Erlangen-Nürnberg

Dr. Christian Poppe,  
Covestro, Leverkusen

Prof. Dr. Ferdi Schüth,  
Max-Planck-Institut für Kohlenforschung,  
Mülheim

Prof. Dr. Roland Ulber,  
TU Kaiserslautern

### Erscheinungsweise 2024

10 Ausgaben im Jahr  
Druckauflage 19.500  
IVW Auflagenmeldung: Q2 2024  
Gesamtverbreitung 45.934  
davon 26.759 E-Paper (tvA)

### Bezugspreise Jahres-Abo 2024

10 Ausgaben 234,40 €, zzgl. MwSt.  
Schüler und Studenten erhalten unter  
Vorlage einer gültigen Bescheinigung  
50 % Rabatt.

Im Beitrag für die Mitgliedschaft bei der  
VDI-Gesellschaft für Chemieingenieurwesen  
und Verfahrenstechnik (GVC) ist der Bezug  
der Mitgliederzeitschrift CITplus enthalten.

CITplus ist für Abonnenten der Chemie  
Ingenieur Technik im Bezugspreis enthalten.  
Anfragen und Bestellungen über den  
Buchhandel oder direkt beim Verlag (s. o.).

### Wiley GIT Leserservice

65341 Eltville  
Tel.: +49 6123/9238-246  
Fax: +49 6123/9238-244  
E-Mail: WileyGIT@vuserice.de  
Unser Service ist für Sie da von Montag  
bis Freitag zwischen 8:00 und 17:00 Uhr

Abbestellung nur bis spätestens 3 Monate  
vor Ablauf des Kalenderjahres.

### Produktion

Wiley-VCH GmbH  
Boschstraße 12  
69469 Weinheim

### Bankkonto

J.P. Morgan AG, Frankfurt  
Konto-Nr.: 61 615 174 43  
BLZ: 501 108 00  
BIC: CHAS DE FX  
IBAN: DE55 5011 0800 6161 5174 43

### Herstellung

Jörg Stenger  
Melanie Radtke (Anzeigen)  
Elli Palzer (Layout/Litho)

### Anzeigen

Zurzeit gilt die Anzeigenpreisliste  
vom 1. Oktober 2024

Stefan Schwartz  
Tel.: +49 6201/606-491  
sschwartz@wiley.com

Thorsten Kritzer  
Tel.: +49 6201/606-730  
tkritzer@wiley.com

Hagen Reichhoff  
Tel.: +49 6201/606-001  
hreichhoff@wiley.com

### Sonderdrucke

Bei Interesse an Sonderdrucken  
wenden Sie sich bitte an  
Stefan Schwartz,  
sschwartz@wiley.com

### Originalarbeiten

Die namentlich gekennzeichneten Beiträge stehen in  
der Verantwortung des Autors. Manuskripte sind an die  
Redaktion zu richten. Hinweise für Autoren können beim  
Verlag angefordert werden. Für unaufgefordert einge-  
sandte Manuskripte übernehmen wir keine Haftung!  
Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung  
der Redaktion und mit Quellenangaben gestattet.  
Dem Verlag ist das ausschließliche, räumliche und  
inhaltlich eingeschränkte Recht eingeräumt, das Werk/  
den redaktionellen Beitrag in unveränderter oder  
bearbeiteter Form für alle Zwecke beliebig oft selbst zu  
nutzen oder Unternehmen, zu denen gesellschafts-  
rechtliche Beteiligungen bestehen, sowie Dritten zur  
Nutzung zu übertragen. Dieses Nutzungsrecht bezieht  
sich sowohl auf Print- wie elektronische Medien unter  
Einschluss des Internet wie auch auf Datenbanken/  
Datenträger aller Art.

Alle in dieser Ausgabe genannten und/oder gezeigten  
Namen, Bezeichnungen oder Zeichen können Marken  
ihrer jeweiligen Eigentümer sein.

Unverlangt zur Rezension eingegangene Bücher  
werden nicht zurückgesandt.

### Druck

westermann DRUCK | pva

Printed in Germany | ISSN 1436-2597



WILEY-VCH

# Klein, preiswert und einfach 80 GHz-Radar- Füllstandsensoren



## Radar-Füllstandsensoren für Flüssigkeiten und Schüttgüter

Radar-Füllstandsensoren messen berührungslos den Füllstand von Flüssigkeiten und Schüttgütern z. B. in der Wasseraufbereitung, in Behältern mit Laugen, Säuren oder Hilfsstoffen, in kleinen Schüttgutsilos oder in Kunststofftanks von außen. Unbeeinflusst von Behältereinbauten und Umgebungsbedingungen liefern Radarsensoren von VEGA dank der sehr guten Signalfokussierung sichere und genaue Messergebnisse.

### Smartphone, Tablet und PC

Inbetriebnahme und Diagnose

### Bauform

Integrierte Vor-Ort-Anzeige und 3-Tasten-Bedienung, axialer oder seitlicher Kabelabgang

**-40 ... +80 °C**

Prozesstemperatur

**±2 bis ±5 mm**

Messgenauigkeit



VEGAPULS Serie 20 und 30

**Ex ia**



Zündschutzart

**80 GHz**

Sendefrequenz

**ATEX, FDA, WHG**

Zulassungen

**-1 ... +3 bar**

Prozessdruck

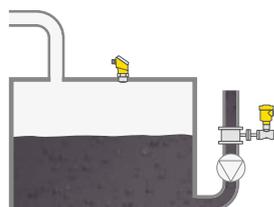
**bis 30 m**

Messbereich

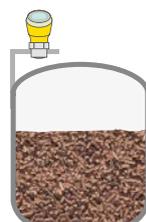


offene Halden  
und Container

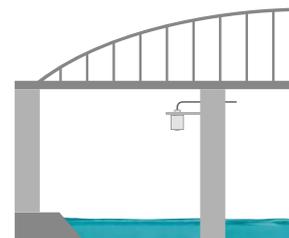
Lagerbehälter für Schüttgüter  
und Flüssigkeiten



von außen messen



hohe Schutzart IP 68



Wollen Sie unsere Sensoren kennenlernen?

[www.vega.com](http://www.vega.com)

**VEGA** HOME  
OF VALUES