

CIT plus

3

26. Jahrgang · März · 2023

Das Praxismagazin für **Verfahrens- und Chemieingenieure**

CITplus, das Magazin für die Mitglieder von VDI-GVC und Dechema

Sonderteil Schüttguttechnik

Sonderteil Pharmaproduktion

Batterie-Recyclingtechnologien im Überblick Marktchancen für das Recycling von Li-Ionen-Batterien

Gemeinsamkeiten stärken

Neuaufstellung des Dechema- und VDI-GVC-Netzwerkes **S. 14**

Fluidiksysteme regeln Betriebsmedien

Wirtschaftlicher Betrieb pharmazeutischer Mahlanlagen **S. 36**

Cloudlösung mit Mehrwert

Verknüpfte Datenbanken in der Prozessindustrie **S. 42**

WILEY  VCH



Virtuelles Event

Digitalisierung in der Chemieindustrie

Dienstag,
21. März 2023
10:00 – 13:15 Uhr

- Stand & Entwicklung der Digitalisierung der chemischen Industrie
- Wacker Digital: Transformation eines traditionellen Chemieunternehmens zu einem datenbasierten Konzern
- Panel Talk: Zukünftiger Grad der Automatisierung chemischer Wertschöpfung
- Chemie 4.0 – Disruption oder schrittweiser Wandel?

Breakout Sessions:

- Schneller, günstiger, effizienter: Digitalisierung der Logistik
- Statistische Datenanalyse für die Prozess- und Produktentwicklung

Referenten:



Nadine Baumgartl,
Head IT Marketing & Competence Management, Wacker Chemie



Christian Büniger,
Senior Economist Digitalisierung, VCI



Nina Collienne,
RWTH Aachen



Nicole Kirschner,
Solution Advisory Manager Digital Supply Chain, SAP Deutschland



Jörg Krey,
Head of Engineering & CDO Digital Operations, Wacker Chemie



Andreas Poss,
Director Business Development Chemicals & Life Sciences SAP Deutschland



Michael Strack,
Head of Engineering Department, Yncoris



Carsten Suntrop,
CMC²



Florian Vogt,
JMP Systems Engineer for Chemical Industry Applications, JMP

Sponsoren:



Partner:



Anmeldung:



Auf der Rennstrecke

Auch wenn ich schon einiges an technischem Fortschritt erfahren und daran Freude habe, erlebe ich die letzten Jahre wie auf einer Rennstrecke. Die Geschwindigkeit, mit der technologische Entwicklungen voranschreiten, ist so enorm, dass ich ins Staunen gerate. Ich staune über die Bedeutung meines Smartphones, ohne dass ich mein Leben kaum organisieren könnte und ich staune über die rasanten Entwicklungen für eine neue Mobilität, für eine klimaneutrale, industrielle Produktion und für mehr Ressourceneffizienz.

Das Staunen geht hin und wieder in ein Unbehagen über. Doch dieses Gefühl ist wohl mehr als menschlich. Schon 1930 schrieb J. M. Keynes in seinem Aufsatz „Economic possibilities of our grandchildren“*, dass wir nicht an den rheumatischen Beschwerden des Alters leiden, sondern an den zunehmenden Schmerzen überstürzter Veränderungen, an den Schmerzen der Umstellung von einer Wirtschaftsperiode zur anderen. Hinter diesem Unbehagen steckt einerseits die Tatsache, dass wir als Menschen eben keine Maschinen sind und Veränderungen eher ausbremsen. Andererseits sehen wir, dass der enorme technische Fortschritt auch Unwägbarkeiten mit sich bringt und Fragen aufwirft. Zum Beispiel die Fragen: Schaffen wir es wirklich, die industrielle Produktion schnell genug klimaneutral aufzustellen und wird das Ziel auch international angegangen? Wie werden wir die Mobilität elektrifizieren und stehen für Batterien ausreichend und fair gewonnene Rohstoffe zur Verfügung? Im Fokusthema Batterieproduktion in dieser Ausgabe geben wir einen Ausblick darauf, wie bspw. der Knappheit von Lithium in Europa mit neuen Recyclingverfahren begegnet werden kann und welche Marktchancen sich daraus ergeben. Sind wir schnell genug, diese und andere Chancen zu ergreifen?

Ich hoffe, dass wir in der Lage sind, zügig regulative Hürden abzubauen und technische Innovationen in die Praxis umzusetzen. Dazu braucht es eine technologieoffene Gesellschaft, mutige Geschäftsführer und es braucht eine Politik, die weniger diskutiert, sondern handelt, damit wir im Rennen bleiben und nicht auf einem der hinteren Plätzen landen.

Viele Grüße
Etwina Gandert



etwina.gandert@wiley.com

*Nation and Athenaeum, 1930. Wiederabdruck in Bd. IX der Collected Writings of John Maynard Keynes, London, Basingstoke 1972, S. 321.)



Etwina Gandert
Chefredakteurin



Safety is for life.™

REMBE®
Druckentlastung
und
Explosionsschutz.



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

© REMBE® | All rights reserved

Wiley Online Library



Entdecken Sie den Newsletter

CITplus IN SIGHT





16 Batterierecycling-Technologien im Überblick Statusbericht und Marktchancen für das Recycling von Lithium-Ionen-Batterien

Die zunehmende Verwendung von Lithium-Ionen-Batterien in unserem täglichen Leben und das rasche Wachstum der Elektrofahrzeugindustrie stellen eine große Herausforderung für die Abfallwirtschaft dar. Gleichzeitig können Batterieabfälle auch eine interessante Geschäftsmöglichkeit bieten. Sie stellen eine wertvolle Sekundärquelle von LIB-Materialien dar und können durch deren Nutzung die starke Abhängigkeit von Rohstofflieferanten zumindest in Teilen reduzieren.

Karlsruher Institut für Technologie,
Eggenstein-Leopoldshafen

Dr. Oleksandr Dolotko

oleksandr.dolotko@kit.edu · sdolotko@yahoo.com

Tel.: +49-721-608-28512 · www.kit.edu

36



KOMPAKT

- 6 Forschung + Entwicklung
- 7 Termine
- 8 Wirtschaft + Produktion
- 9, 12 Personalia

REPORT

- 10 Ohne Chemie ist alles nichts
Innovative Ideen für VDI-Wettbewerbe ChemCar und ChemPlant 2023 gesucht
L. Eimlinger, K. Adolf, E. Bahne, H. Hülsmann, A. Großmann, Studierende des Karlsruher Instituts für Technologie KIT
- 14 Die Gemeinsamkeiten stärken
Neuaufstellung des Dechema- und VDI-GVC-Netzwerks
L. Woppowa VDI, K. Rübberdt, Dechema

FOKUSTHEMA BATTERIEPRODUKTION

- 16 Batterierecycling-Technologien im Überblick
Statusbericht und Marktchancen für das Recycling von Lithium-Ionen-Batterien
O. Dolotko, M. Knapp, H. Ehrenberg, IAM-ESS, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
- 20 Mehr Effizienz beim Lithium-Recycling
Elektrolyse-Membranverfahren für das Recycling von Lithium-Ionen-Batterien
E. Gorman, Evonik
- 23 Bereit für die Gigafabriken von morgen
Neues Mischkonzept verkürzt Prozesszeiten bei der Herstellung von Lithium-Ionen-Elektroden-Slurries
D. Manke, Ystral
- 26 Sicherer Umgang mit Gefahrstoffen
Anforderungen an Tankanlagen für flüssige Rohstoffe wie Elektrolyte und NMP
M. Zang, Göhler Anlagentechnik

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

SONDERTEIL SCHÜTTGUTTECHNIK

- 29 Sauber und sicher
Innentitel
- 30 Staubfreies Absacken von
Carbon Black
Ultraleichte Pulver mit Vakuumtechnologie
sauber und effizient für die Batteriefertigung
verpacken
S. Pohl, Greif-Velox
- 32 Kombinierte CO-Detektion und
Feuchtemessung
Vorbeugender Explosionsschutz
für den Trocknungsprozess
A. Kemling, M. Kendik, Rembe Safety+Control
- 34 Mehr Kapazität im Schüttgutlager der
Duisburger Hafenniederlassung
Automatisierte Silologistik für Schüttgüter
O. Mauermann, SSB Wägetechnik
- 35 Produkt
von Coperion

SONDERTEIL PHARMAPRODUKTION

- 36 Kompakte Fluidiksysteme
regeln Betriebsmedien
Wirtschaftlicher Betrieb von
pharmazeutischen Mahlanlagen
J. Renninger, Bürkert Fluid Control Systems
- 40 Modular und Ex-geschützt
Flexible Bedienstationen für die
Zonen 1 und 2 sowie Class I Div 2
H. Friedrich, R. Stahl
- 38, 39 Produkte
von Brabender, Bürkert, Beumer, Flexco,
KSB und Mettler-Toledo

Beilagen

Bitte beachten Sie die Beilagen von
Easyfairs, Endress+Hauser,
Meorga und RCT Reichelt

Wiley Online Library



MESS-, STEUER-, REGEL-,
AUTOMATISIERUNGSTECHNIK

- 42 Verknüpfte Datenbanken
in der Prozessindustrie
Mir einer sicheren Cloud-Lösung einen
zählbaren Mehrwert schaffen
S. Ochsenreither, Endress+Hauser Deutschland
- 45 Neue Automatisierungstechnik
in Brownfield-Anlagen
Anwendungsspezifische Systemverkabelung
für den Umstieg auf eine moderne
Steuerungstechnik
B. Scholläh, Phoenix Contact Electronics
- 44, 47 Produkte
von Vega und Ege

PRODUKTFORUM EX-SCHUTZ

- 48 Produktforum
Produkte von Bühler, CEA, Pepperl+Fuchs und Rico
- 49 Bezugsquellenverzeichnis
- 51 Index | Impressum

Willkommen im Wissenszeitalter



Wiley pflegt seine 200-jährige Tradition durch Partnerschaften mit Universitäten, Unternehmen, Forschungseinrichtungen, 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.

WILEY-VCH



Fachmesse für
Prozess- und Fabrikautomation

- Messtechnik
 - Steuerungstechnik
 - Regeltechnik
 - Automatisierungstechnik
 - Prozessleitsysteme
- + 36 begleitende Fachvorträge

Der Eintritt zur Messe und die Teilnahme an den Fachvorträgen ist für die Besucher kostenlos.

Wirtschaftsregion Rheinland

Leverkusen

26.04.2023

8.00 bis 16.00 Uhr

Ostermann-Arena
Bismarckstr. 125
51373 Leverkusen



BESUCHER-
REGISTRIERUNG 
erforderlich für Einlass-Code

MEORGA Messen:

- Leverkusen 26.04.2023
- Hamburg 21.06.2023
- Ludwigshafen 13.09.2023
- Landshut 18.10.2023

www.meorga.de

MEORGA GmbH - Sportplatzstr. 27 - 66809 Nalbach
Telefon 06838 8960035 - info@meorga.de



Die **Meldungen mit DOI** (Digital Object Identifier) auf dieser Seite beruhen auf wissenschaftlichen Originalarbeiten, die in voller Länge in der **Chemie Ingenieur Technik**, Wiley-VCH, Weinheim, erscheinen.

Der Aufruf eines Artikels erfolgt im Webbrowser unter der Adresse <http://dx.doi.org/> mit nachfolgendem DOI.

Wiley Online Library



Methanhydrate im Modell

Methanhydrate sind feste Einschlussverbindungen von Methan in Wasser. Sie können in Erdgasleitungen auftreten, kommen als Tiefsee-Lagerstätten vor und spielen eine wichtige Rolle bei auftauenden Permafrostböden. Methanhydrate haben eine der höchsten Energiedichten aller natürlich vorkommenden Formen von Methan. In einer Studie wurde jetzt demonstriert, wie die Materialeigenschaften von Methanhydrat leichter als mit ab-initio-Me-

thoden berechnet werden können. Außerdem wurde mithilfe der vergleichsweise schnellen Self-Consistent-Charge Density-Functional Tight-Binding (SCC-DFTB)-Methode gezeigt, wie die Materialeigenschaften von der Besetzung der Käfige abhängen.

Tommy Lorenz, Technische Universität Dresden
tommy.lorenz@tu-dresden.de
DOI: 10.1002/cite.202200160

Vorhersage mit neuronalen Netzen

Für viele herausfordernde Gastrennungen könnten Polymermembranen eine vielversprechende Lösung sein. Mithilfe von Computer-Aided Molecular Design lässt sich der enorme molekulare Raum der Heteropolymere durchsuchen, um einen Satz wahrscheinlicher Kandidaten für Wiederholeinheiten zu entwickeln, die zu Polymeren mit den jeweils benötigten spezifischen physikalischen Eigenschaften führen. Dafür sind Algorithmen nötig, die

die Eigenschaften sehr rasch, aber ausreichend genau vorherzusagen. In einer Studie wurden künstliche neuronale Netze erfolgreich eingesetzt, um die physikalischen Eigenschaften von Polymeren vorherzusagen.

Kyle V. Camarda, University of Kansas, KS/USA
camarda@ku.edu
DOI: 10.1002/cite.202200102

Geruchsvorhersage

Der wahrgenommene Geruch eines Moleküls hängt eng mit dessen Struktur zusammen – die Details unseres Geruchssinns sind jedoch noch kaum verstanden. In einer Studie wurde jetzt eine neuartige Methodik auf der Basis von Maschinenlernen entwickelt, um Düfte anhand ihrer molekularen Struktur vorherzusagen. Die Entwicklung eines Vorhersagemodells erfolgte anhand topologischer Indices. Mithilfe von Rough-set-basiertem Maschinenlernen wurden regelbasierte

Modelle generiert, die die Topologie von Duftmolekülen und Verdünnungen mit ihren entsprechenden Geruchscharakteristika verbinden.

Nishanth G. Chemmangattuvalappil, The University of Nottingham Malaysia, Selangor D.E., Malaysia
nishanth.c@nottingham.edu.my
DOI: 10.1002/cite.202200093

Kühlmittelreduzierung angestrebt

R290 ist eines der vielversprechendsten Kältemittel für Wärmepumpen und Kühlprozesse im Temperaturbereich zwischen -15 und +70 °C mit nahezu vernachlässigbarem Treibhauspotenzial und attraktiven thermodynamischen Eigenschaften. R290 ist jedoch leicht entzündlich. Um Sicherheitsrisiken zu verringern, sollten Systeme mit verringerter Kältemittelladung entwickelt werden. Während computergestützter Design-Werkzeuge die Wärmekapazität, Temperaturen und Druck-

abfälle genau genug vorherzusagen, ist die Vorhersage der benötigten Kühlmittelmenge nur unzureichend. In einer Studie wurde eine Evaluierungsmethode zur Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit für Kühlmittelkreisläufe mit weniger als 500 g R290 entwickelt.

Lena Schnabel, Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, Freiburg
lena.schnabel@ise.fraunhofer.de
DOI: 10.1002/cite.202200150

Lösungsmittel-Design

Lösungsmittel sind der Schlüssel zu vielen chemischen und energetischen Umwandlungsprozessen und sollten als Teil des Prozessdesigns ausgewählt werden, um die Wechselwirkungen zwischen molekularen Eigenschaften und Prozessleistung bei der Prozessoptimierung zu berücksichtigen. In einer Studie wurde das computergestützte molekulare Design von Lösungsmitteln mit dem Design von wärmeintegrierten Prozessen verbunden. Das Fließbild des Prozesses wird durch thermodynamisch genaue Shortcut-Prozessmodelle abge-

bildet und der Prozess unter Berücksichtigung der Wärmeintegration für jeden Lösungsmittelkandidaten optimiert. Alle thermodynamischen Eigenschaften wurden mithilfe von Quantenchemie vorhergesagt. In zwei Fallstudien – Extraktiv-Destillation und integriertes Carbon-Capture and Utilization – verbesserten die designten Lösungsmittel die Prozessleistung.

André Bardow, ETH Zürich, Schweiz
abardow@ethz.ch
DOI: 10.1002/cite.202200098

Ein guter Kompromiss

In subkritischen Dampf-Kompressions-Wärmepumpen mit geschlossenem Kreislauf wird ein Arbeitsfluid bei niedrigem Druck mit Niedertemperaturabwärme verdampft und anschließend auf ein höheres Druckniveau verdichtet. Bei diesem höheren Druck kondensiert die Arbeitsflüssigkeit bei einer höheren Temperatur und liefert nutzbare Hochtemperaturwärme. Die Auswahl eines geeigneten Arbeitsmediums ist von grundlegender Bedeutung für die Leistung. Eine Multi-Kriterien-Studie zum optimalen Arbeitsmedium für

Hochtemperatur-Wärmepumpen wurde hinsichtlich Leistungskoeffizient (COP) und volumetrischer Heizleistung (VHC) durchgeführt. Dabei wurden einstufige und zweistufige Wärmepumpenzyklen betrachtet. Cyclobutan und verschiedene Buten-Isomere wurden als Arbeitsflüssigkeiten identifiziert, die einen guten Kompromiss zwischen COP und VHC bieten.

Jonas Mairhofer, BASF SE, Ludwigshafen
jonas.mairhofer@basf.com
DOI: 10.1002/cite.202200106

März 2023

Planung und Bau verfahrenstechnischer Anlagen	13. Mrz.	Nürtingen bei Stgt.	VDI Wissensforum, www.vdi-wissensforum.de
Digitalisierung in der Prozessindustrie	20. Mrz.	Berlin	VDI Wissensforum, www.vdi-wissensforum.de
Kolloidale Nanomaterialien	20.–22. Mrz.	Aachen	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de , www.gdch.de
Störungs- und Notfallmanagement: Arbeitssicherheit und Anlagensicherheit	21.–22. Mrz.	Frankfurt/Main	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de , www.gdch.de
Regulatory Affairs: Grundlagen der Chemikalien-, Pflanzenschutzmittel-, Biozid- und Pharmazeutikzulassung in der EU	24. Mrz.	Frankfurt/Main	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de , www.gdch.de
Lagerung von Gefahrstoffen	27. Mrz.	Nürnberg	VDI Wissensforum, www.vdi-wissensforum.de
Drying Fundamentals and Applications	27.–30. Mrz.	Magdeburg	Dechema, monika.liepold@gvt.org.de , www.dechema.de
Grundlagen Pumpentechnik	28. Mrz.	Berlin	VDI Wissensforum, www.vdi-wissensforum.de
Moderne HPLC-MS-Methoden in der Lebensmittel- und Futtermittelanalytik	28. Mrz.	Münster	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de , www.gdch.de
European Coating Show	28.–30. Mrz.	Nürnberg	www.european-coatings.com
Pumps&Valves	29.–30. Mrz.	Dortmund	www.pumpsvalves-dortmund.de
Solids	29.–30. Mrz.	Dortmund	www.solids-dortmund.de
Recycling-Technik Dortmund	29.–30. Mrz.	Dortmund	www.recycling-technik.com
Effektive Gefährdungsbeurteilung an Arbeitsmitteln und Arbeitsstätten	30. Mrz.	Frankfurt/Main	VDI Wissensforum, www.vdi-wissensforum.de

April 2023

HAZOP (PAAG) und LOPA	11. Apr.	online	VDI Wissensforum, www.vdi-wissensforum.de
ComVac	17.–21. Apr.	Hannover	www.hannovermesse.de
Hannover Messe 2023	17.–21. Apr.	Hannover	www.hannovermesse.de
Begleitheizungen und Isolierungen für verfahrenstechnische Anlagen	18. Apr.	Freising	VDI Wissensforum, www.vdi-wissensforum.de
Strategisches Management	19.–28. Apr.	online	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de , www.gdch.de
Grundlagen der Vakuumtechnik für praktische Anwendungen	20. Apr.	Wien	VDI Wissensforum, www.vdi-wissensforum.de
Sichere, dichte Rohrleitungen nach DGRL, BetrSichV und BlmSchG	24. Apr.	Hamburg	VDI Wissensforum, www.vdi-wissensforum.de
Automatisiertes Datenmanagement in der Prozessindustrie	25. Apr.	Stuttgart	VDI Wissensforum, www.vdi-wissensforum.de
Engineering verfahrenstechnischer Anlagen	25. Apr.	Nürtingen bei Stgt.	VDI Wissensforum, www.vdi-wissensforum.de
Instandhaltungsmanagement	25. Apr.	Hamburg	VDI Wissensforum, www.vdi-wissensforum.de
GMP-Intensivtraining: Hintergründe und Essentials der GMP (Gute Herstellungspraxis) auf deutscher, europäischer und amerikanischer Ebene – mit Praxisteil	25.–26. Apr.	online	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de , www.gdch.de
Anwenderkurs kosmetische und pharmazeutische Emulsionen	25. Apr.–3. Mai	online	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de , www.gdch.de
MSR-Spezialmesse Rheinland	26. Apr.	Leverkusen	info@meorga.de , www.meorga.de
Störungs- und Notfallmanagement: Feuerwehr und Stabsarbeit	26.–27. Apr.	Frankfurt/Main	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de , www.gdch.de
Effizientes und gesetzeskonformes Baustellenmanagement im Anlagenbau	27. Apr.	Potsdam	VDI Wissensforum, www.vdi-wissensforum.de





Hima Gruppe übernimmt Sella Controls

Die Hima Gruppe aus Brühl hat zum 1. Februar 2023 den britischen Systemintegrator Sella Controls übernommen. Vertreter beider Unternehmen haben den Vertrag am 31. Januar in Manchester, UK, unterzeichnet. Mit der Transaktion werden beide Unternehmen ihre Wachstumsstrategien fortsetzen und das Lösungsangebot für den Bahnbereich und die Prozessindustrie ausbauen. „Mit Sella Controls verbindet uns eine lange und gute Zusammenarbeit und wir teilen gleiche Werte und Vorstellungen. Mit dem Kauf von Sella Controls werden wir die Hima Gruppe weiter international ausbauen und unsere globale Wettbewerbsfähigkeit langfristig stärken“, sagte Steffen Philipp, Shareholder Hima Group. Hima und Sella Controls werden ihren Fokus auf sicherheitsgerichtete Automatisierung, Steuerungslösungen und die Digitalisierung der funktionalen Sicherheit beibehalten. „Im Rahmen unserer Wachstumsstrategie ist der Zukauf von Sella Controls ein wichtiger Meilenstein. Durch die Bündelung unserer Kompetenzen werden wir unsere Position als führender Anbieter sicherheitsgerichteter Lösungen für die Prozessindustrie und Bahntechnik weiter ausbauen“, so Jörg de la Motte, CEO Hima Group.

www.hima.com

Wiley Online Library



Mit digital optimierten Prozessen in eine nachhaltigere Zukunft

Am 29. und 30. März 2023 öffnet die Messe Dortmund für den gemeinsamen Auftritt von Solids, Recycling-Technik und Pumps & Valves ihre Tore. Die übergreifenden Key-Themen der diesjährigen Veranstaltung – Digitalisierung, Nachhaltigkeit und Prozessoptimierung – greifen nahtlos ineinander. Fundierte Expertenvorträge und ausgewählte Themen informieren das Fachpublikum über aktuelle Trends und Lösungen. Ein besonderes Highlight hält das Rahmenprogramm der Recycling-Technik bereit: Ein Vortragspanel zur 2023 in Kraft tretenden Mantelverordnung liefert der Branche dringend benötigte Informationen zur neuen Gesetzeslage. Besucher profitieren von den Synergieeffekten der drei parallel stattfindenden Fachmessen. Der gemeinsame Nenner: der Umgang mit Granulaten, Pulvern, Schüttgütern und Flüssigkeiten. Die Aussteller beantworten Fragen zu allen relevanten Themen – von der Verarbeitung, über die Wiederaufbereitung bis hin zur Rückführung der Rohstoffe in den Kreislauf. „Vor dem Hintergrund zunehmender Rohstoffknappheit, stärkerer Umweltbelastung und steigender Energiekosten bleibt der Druck auf die Industrie hoch. Der



Ruf nach nachhaltigen, stärker kreislaforientierten und energieeffizienten Produkten wird lauter und die Firmen sind gefordert, schnell die Grundlagen dafür zu schaffen“, betont Anna Lena Sandmann von Easyfairs Deutschland. In vier Hallen werden Innovationen und verfahrenstechnischen Lösungen für eine konsequente und nachhaltige Kreislaufwirtschaft vorgestellt. Über die Ausstellung hinaus bieten die drei Technologiemesen Fachbesuchern auch dieses Jahr wieder ein hochkarätig besetztes Rahmenprogramm. In zahlreichen Fachvorträgen beleuchten Experten aus Industrie und Forschung aktuelle Themen der Branchen. Neu ist in diesem Jahr das Impulscenter in Halle 5. Die neue Vortragsbühne richtet sich an Fachbesucher, die neue Impulse und Denkanstöße für Ihren Arbeitsalltag suchen. Neben Fachvorträgen bereichern auch branchenfremde Keynote Speaker aus der Fußballwelt oder der Unternehmensberatung das Programm. Themen wie Leadership-Management oder Industrietrends wie die Prozessoptimierung, Digitalisierung und Nachhaltigkeit erhalten so besonderen Einzug an den beiden Messetagen.

Roadmap der Deutschen Katalyseforschung erschienen

Die neu erschienene Roadmap der Deutschen Katalyseforschung stellt die Rolle der Katalyse für diese Themenfelder vor. Die Nachhaltigkeitsziele „Bezahlbare und saubere Energie“ und „Nachhaltiger Konsum und Produktion“ stehen in unmittelbarem Zusammenhang mit katalytischen Technologien wie der elektrokatalytischen Wasserspaltung zur Herstellung von Wasserstoff mit Sonnen- und Windenergie oder der nachhaltigen Synthese von Kraftstoffen aus Kohlendioxid oder von Funktionschemikalien aus nachwachsenden Rohstoffen. Auch die Ziele geschlossener stofflicher Kreisläufe oder einer kohlenstoffneutralen chemischen Industrie lassen sich ohne Katalyse nicht erreichen. Aber auch die Welternährung, Gesundheit, sauberes Wasser sowie klimaneutrales Handeln sind Themenfelder, in denen Katalyse essenziell ist und in der Zukunft zunehmende Bedeutung erhalten wird. „Mit der Roadmap legen wir den Grundstein für die Nutzung der Katalyse in all ihren Facetten und Anwendungsbereichen für eine nachhaltige Wirtschaftsentwicklung“, so Roger Gläser, Universität Leipzig, Leiter des Kernteams der Roadmap und Vorsitzender der GeCatS (German Catalysis Society)-Kommission.

www.dechema.de

MSR-Spezialmessen starten in Leverkusen

Ihre jährliche Messereihe startet Meorga am 26. April 2023 in der Ostermann-Arena in Leverkusen mit der Fachmesse für Mess-, Steuerungs- und Regeltechnik, Prozessleitsysteme und Automatisierungstechnik. Hier zeigen ca. 130 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. 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. Die erforderliche Besucherregistrierung erfolgt über unsere Internetseite. Hier wird dann der Besucherausweis mit QR-Code zur Verfügung gestellt, der zum kostenfreien Eintritt berechtigt.

<https://meorga.de/anmeldung.php>

Generationswechsel bei Endress+Hauser

Anfang 2024 kommt es zu Veränderungen an der Spitze der Endress+Hauser Gruppe: Klaus Endress wird als Präsident des Verwaltungsrats aufhören. Ihm soll CEO Matthias Altendorf nachfolgen. Neuer Chef der Firmengruppe wird Peter Selders, der bislang das Kompetenzzentrum für Füllstands- und Druckmesstechnik leitet. Als zweiter Vertreter der Familie im Verwaltungsrat wird Steven Endress nachrücken, bisher Geschäftsführer von Endress+Hauser Großbritannien. Klaus Endress (Jahrgang 1948) prägt seit fast 45 Jahren die Entwicklung von Endress+Hauser. Er ist 1979 in das von seinem Vater gegründete Unternehmen eingetreten und hatte 1995 von ihm die Leitung der Gruppe übernommen. 2014 übergab er die operative Verantwortung Matthias Altendorf und wurde Präsident des Verwaltungsrats. Bis heute trägt vieles im Unternehmen seine Handschrift. Zugleich arbeitete er in den vergangenen Jahren auf einen reibungslosen Generationswechsel in der Gesellschafterfamilie hin. Neuer Präsident des Verwaltungsrats soll zum 1. Januar 2024 Matthias Altendorf werden. Die Nachfolge als CEO wird Peter Selders antreten. Der promovierte Physiker ist 53 Jahre alt, arbeitet seit 2004 bei Endress+Hauser und leitet seit 2019 das Kompetenzzentrum für Füllstands- und Druckmesstechnik mit Sitz in Maulburg. „Als Chef von Endress+Hauser Level+Pressure hat er bewiesen, dass er Menschen führen und begeistern kann, dass er den Spirit of Endress+Hauser in sich trägt und dass er fähig ist, eine große Organisation erfolgreich weiterzuentwickeln“, sagt Klaus Endress. Die Familie soll, wie bisher, durch zwei Mitglieder im Verwaltungsrat vertreten sein. Als zweiter Vertreter neben Sandra Genge wird deshalb zum 1. Januar 2024 Steven Endress dort einziehen. Der 44-jährige Enkel des Firmengründers arbeitet seit 2012 bei



Klaus Endress

Endress+Hauser und ist seit 2016 Geschäftsführer in Großbritannien.



Peter Selders

Die Nachfolge von Peter Selders an der Spitze des Kompetenzzentrums

für Füllstands- und Druckmesstechnik wird Dirk Mörmann (49) antreten, bisher Hauptbereichsleiter Technik und Mitglied der Geschäftsleitung. Die Geschicke von Endress+Hauser Großbritannien wird bereits ab 1. Mai 2023 Iain Cropper (51) lenken. Als Mitglied der Geschäftsleitung verantwortet er dort bisher das operative Geschäft.

www.endress.com

Driving the world

SEW
EURODRIVE

Energiesparen mit IE5-Lösungen



Modularität macht den Unterschied – auch beim Energiesparen

Die neuen Synchronmotoren der Baureihe DR2C.. (normativ IE5) reduzieren den Energiebedarf. Modularität ist die Basis des Baukastensystems von SEW-EURODRIVE: mit oder ohne Getriebe und zentralen oder dezentralen Umrichtern. So entsteht, Komponente für Komponente, kombiniert mit Drehzahlregelung oder zeitlichem Anlagenmanagement eine energie-effizientere Anlage. Je nach Lastprofil wird der Energiebedarf um 10 %, 20 % oder mehr verringert.

- platzsparend – nur so viel Bauvolumen wie nötig, aber stark überlastfähig
- besser – in der Gesamteffizienz wertvoller als gesetzlich für Komponenten vorgeschrieben
- vielfältig – nur wenige Varianten ermöglichen viele Wege zum Energiesparen
- passend – Betreiber, Ausrüster und Hersteller zusammen maximieren die Energie-Ersparnis



www.sew-eurodrive.de/synchronmotoren-dr2c

Wiley Online Library



Students-
Tournament
chemPLANT

Das ChemPlant-Finale 2022 in Aachen mit den drei Siegerteams aus Karlsruhe, Dortmund und Aachen.



Ohne Chemie ist alles nichts

Innovative Ideen für VDI-Wettbewerbe ChemCar und ChemPlant 2023 gesucht


Keywords

- **ChemCar**
- **ChemPlant**
- **Innovationen**
- **Ingenieur-Nachwuchs**

Schon Justus von Liebig engagierte sich für die Ausbildung junger Chemiker und hätte als Entwickler des wasserlöslichen Phosphatdüngers seine Freude am 5. ChemPlant-Wettbewerb gehabt. Diesen gewannen 2022 die Studierenden des Karlsruher Instituts für Technologie KIT mit ihrem Konzept für das Recycling von Phosphor. Auch dieses Jahr dürfen Studierende ihre Ideen wieder in funktionierenden Konzepten präsentieren. Die kreativen Teams können sich ab sofort für den 18. ChemCar-Wettbewerb 2023 und den 6. ChemPlant-Wettbewerb bewerben und ihre Ideen einreichen. Highlight der Wettbewerbe sind die Finals, die 2023 im Rahmen des Europäischen Kongresses ECCE/ECAB in Berlin stattfinden werden.

Die kreativen jungen Verfahreningenieure (kjVI) der VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (GVC) organisieren den ChemPlant-Wettbewerb seit 2018 jährlich mit wechselnden Aufgabenstellungen. Ziel ist es, Studierende dafür zu begeistern, industrielle Prozesse zu planen und neue Anlagen zu konzipieren. Auch auf den ersten Blick verrückt scheinende Ideen sind ausdrücklich erwünscht. Im letzten Jahr überzeugte das Siegerteam „KaPURE – Phosphate Fertilizer from Urine“ mit Teamchefin Linda Elmlinger sowie Katharina Adolf, Andre Großmann, Hanna Hülsmann und Eric Bahne Jury und Publikum mit ihrem Recycling-Konzept für Phosphor, einem unverzichtbaren chemischen Element, das weltweit zunehmend knapp wird, siehe auch CIT 2022/11.

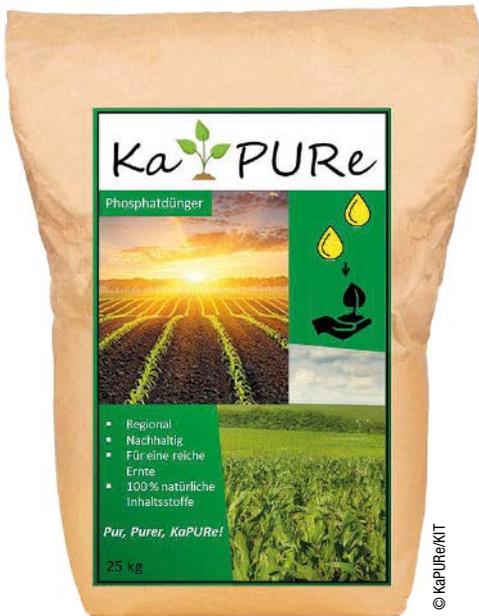
Das Konzept auf Basis von Urin

Eine der Sekundärquellen für Phosphor ist Urin, der unabhängig von geografischen Gegebenheiten verfügbar ist und ganzjährig mit gleichmäßigem Phosphatgehalt anfällt. Das KaPURE-Verfahren (Karlsruher Phosphat-aus-Urin-Recycling) verwendet den Urin von Menschen und Rindern zur Rückgewinnung von Phosphat aus den bisher ungenutzten Abfallströmen. Der für die Düngerproduktion eingesetzte Rohstoff Urin besteht zu 95–99 Massenprozent aus Wasser. Menschlicher Urin enthält 1,65 g/L Phosphat, Rinderurin hingegen 0,92 g/L. Zudem sind Harnstoff, verschiedene Mineralien, Salze, Hormone und Enzyme enthalten. Basierend auf einer Abschätzung der maximal sammelbaren Menge menschlichen

Urins während Großveranstaltungen wie Festivals oder Stadionbesuchen sind für die Jahresproduktion von 60.000 t Phosphatdünger 21,0 Mio. m³ menschlichen Urins, vermischt mit Toilettenabwasser, und 111,1 Mio. m³ Rindergülle nötig.

Das KaPURE-Verfahren

Das KaPURE-Verfahren besteht aus einem dezentralen und einem zentralen Verfahrensabschnitt. In mehreren dezentralen, über Deutschland verteilten Kläranlagen finden die Sammlung und ein erster Aufarbeitungsschritt der Rindergülle sowie des menschlichen Urins mithilfe von einfach skalierbaren KaPURE-Modulen statt. Das Ziel des dezentralen Verarbeitungsschritts ist die Reduktion der zu



KaPURE-Dünger – ein innovatives Markenprodukt der Zukunft.

ChemCar 2023

Die kreativen jungen Verfahreningenieure kjVI der VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (GVC) führen seit 2006 den ChemCar-Wettbewerb durch, bei dem Modellfahrzeuge ins Rennen gehen, die von (bio)-chemischen Reaktionen angetrieben werden. Die Studierenden-Teams können mit ihrer innovativen Idee, aber auch mit einem überzeugenden Sicherheitskonzept und einer guten Präsentation beim Posterwettbewerb punkten.

- Anmeldeschluss : 31.03.2023
 - Konzepteinreichung : 02.04.2023
 - Nominierung der Teams : 18.04.2023:
 - Abgabe der Sicherheitskonzepte : 01.06.2023
 - Finale im Rahmen der ECCE/ECAB Berlin : 19.–21.09.2023
- www.vdi.de/chemcar

ChemPlant-Wettbewerb 2023

Die kreativen jungen Verfahreningenieure kjVI der VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (GVC) führen den ChemPlant-Wettbewerb jährlich mit wechselnden Aufgabenstellungen durch. Ziel ist es, Studierende dafür zu begeistern, industrielle Prozesse zu planen und neue Anlagen zu konzipieren. „Thinking out of the Box“ ist das Motto – auch auf den ersten Blick verrückt scheinende Ideen sind ausdrücklich erwünscht.

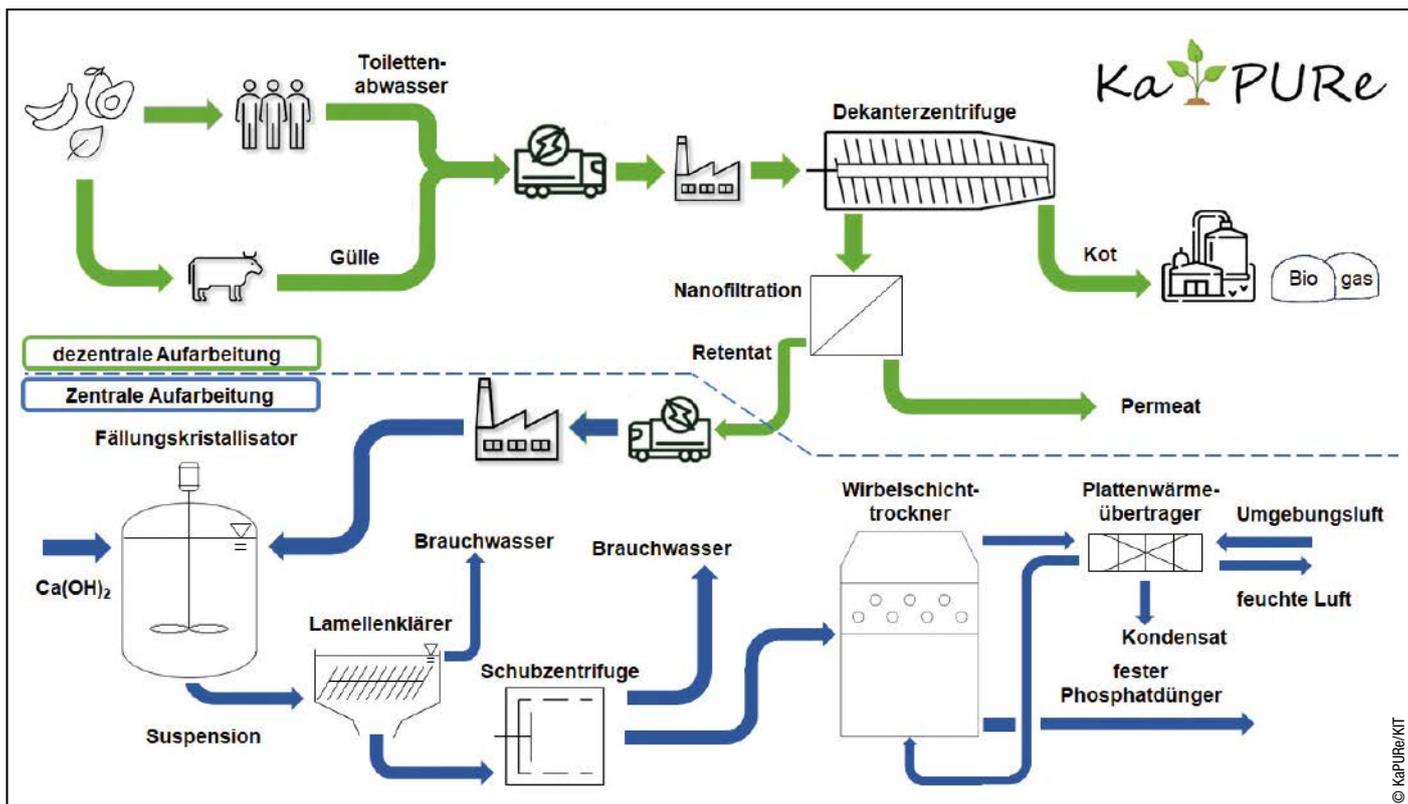
- Anmeldeschluss : 10.04.2023
 - Veröffentlichung der Aufgabe : 12.04.2023
 - Konzepteinreichung : 12.05.2023
 - Abgabe der Ergebnisse : 10.07.2023
 - Finale im Rahmen der ECCE/ECAB Berlin : 19.–21.09.2023
- www.vdi.de/chemplant

transportierenden Flüssigkeitsmenge durch Separation und Aufkonzentrierung des Urins. Die Reduktion erfolgt mit Hilfe einer Dekanterzentrifuge zur Flüssig-Fest-Trennung der Gülle. Diese trennt die Gülle in eine Schlammfraktion und eine flüssige Fraktion, aus der die Wertschöpfung des Phosphats erfolgt und die wenig Feststoffrückstände enthalten muss.

Die abgetrennte Schlammfraktion kann bei der Erzeugung von Biogas in Biogasanlagen zum Einsatz kommen oder rückvermischt in die Kläranlage eingeleitet werden. Die aus der Dekanterzentrifuge austretende, flüssige Fraktion besteht hauptsächlich aus Urin und macht mit 82 Massenprozent der eingesetzten Frischmasse den Großteil der Gülle aus. Die flüs-

sige Fraktion enthält nach der Separation einen geringen Anteil Feststoff, der durch Mikrofiltration mit einer Keramikmembran abgetrennt wird. Die Aufkonzentrierung des Phosphats erfolgt mit Hilfe einer polymeren Nanofiltrationsmembran, die nur einwertige Ionen passieren lässt. Dadurch reichert sich das zweiwertige Phosphat-Ion im Retentat an. Aufgrund

Verfahrensfließschema des KaPURE-Konzepts zur Produktion von 60 000 t Phosphat pro Jahr.



des Ausfallens schwerlöslicher Salze wie Calciumsulfat-Dihydrat ist die Aufkonzentrierung der Phosphatkonzentration auf die vierfache Konzentration beschränkt. Beim Transport des aufkonzentrierten Urins zu den zentralen Anlagen kommen für Strecken unter 100 km E-Lkws zum Einsatz. Für größere Distanzen wird das Zwischenprodukt über den Güterverkehr transportiert.

In den zentralen Anlagen wird aus dem aufkonzentrierten Urin durch eine Fällung mit Calciumhydroxid der Phosphatdünger gewonnen. Im Fällungsreaktor wird Calciumhydroxid als Feststoff zum aufkonzentrierten Urin zugegeben, wodurch Calciumsulfat-Dihydrat und Calciumhydrogenphosphat-Dihydrat ausfallen. Anschließend tritt eine Suspension bestehend aus Urin und gefällten Partikeln aus, die in Feststoff und Flüssigkeit getrennt wird. Da die Suspension einen zu geringen Feststoffgehalt aufweist, um den Aufbau eines Filterkuchens in einer Schubzentrifuge zu gewährleisten, wird sie in einem Lamellenschräglklärer voreingedickt. Die voreingedickte Suspension wird in einer Schubzentrifuge in Feststoff und partikelfreies Permeat getrennt. Für die anschließende Trocknung des KaPU-Re-Phosphatdüngers ist ein Wirbelschicht-trockner vorgesehen.

Der KaPURE-Dünger

Der verkaufsfertige Phosphatdünger setzt sich aus Calciumhydrogenphosphat-Dihydrat und Calciumsulfat-Dihydrat mit einer geringeren Restfeuchtigkeit zusammen. Das enthaltene Fällungsprodukt Calciumhydrogenphosphat-Dihydrat zeigt eine herausragende Düngewirkung mit einer Pflanzenverfügbarkeit des Phosphats von 93 %.

Potenzial des KaPURE-Verfahrens:

- 95 % Verwertungsquote des eingesetzten Phosphats
- Urin als geographisch unabhängige und unproblematische Rohstoffquelle
- Nachhaltige Produktion im Sinne der Kreislaufwirtschaft
- Modularer Aufbau ermöglicht eine flexible Anpassung der Anlagenkapazität

Vision für die Anwendung in der Praxis

Eine unabhängige Grundversorgung mit essenziellen Rohstoffen wird immer wichtiger. Das KaPURE-Verfahren und das zugehörige Produkt sind nachhaltig, ressourcen- und umweltschonend. Durch den modularen Aufbau ist es möglich, das Verfahren an den regionalen Düngerbedarf flexibel anzupassen und anfallende Abfallströme im Sinne der Kreislaufwirtschaft zu nutzen.

Danksagung

Die Autoren danken Frau Prof. Dr. habil. rer. nat. S. Enders und M. Sc. P. Graefe für die tatkräftige Unterstützung während des Projekts. Ein weiterer Dank gilt dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) für die Übernahme der Reisekosten.

Der ChemPLANT-Wettbewerb 2022 wurde finanziell unterstützt von BASF, Bayer, Covestro, Evonik und Merck.

Die Autoren

Linda Emlinger, Katharina Adolf, Eric Bahne, Hanna Hülsmann, Andre Großmann,
Studierende des Karlsruher Instituts für Technologie KIT

Wiley Online Library



VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (GVC)
Dr. Ljuba Woppowa · Tel.: +49 211 6214 - 266
gvc@vdi.de · www.vdi.de/gvc

PERSONALIA

Oliver Klaeffling wird Geschäftsführer von Analytik Jena

Die Endress+Hauser Gruppe hat die Leitung des auf Laboranalyse spezialisierten Tochterunternehmens zum 1. Februar 2023 an Oliver Klaeffling übergeben. Ulrich Krauss war seit 2015 Mitglied des Management-Teams der Analytik Jena und hatte 2016 die Geschäftsführung übernommen. Oliver Klaeffling (53) hat an der Technischen Universität Berlin Wirtschaftsingenieurwesen im Bereich Technische Chemie studiert. Seit 2004 arbeitete er für den Pharmakonzern Merck auf verschiedenen Positionen in Deutschland und den USA. Zuletzt war er Leiter des Merck Innovation Center in Darmstadt. Unterstützt wird Oliver Klaeffling vom bisherigen fünfköpfigen Geschäftsleitungs-Team. Analytik Jena spielt für Endress+Hauser eine wichtige Rolle beim strategischen Ziel, Kunden vom Labor bis in die Produktion zu begleiten. Derzeit investiert die Firmengruppe 50 Mio. EUR in einen modernen Firmencampus in Jena-Göschwitz; in Ilmenau soll für 27 Mio. EUR ein neues Produktionsgebäude entstehen.



© Endress+Hauser

www.analytik-jena.de

Geschäftsführung der Siemens Digital Industries Software neu besetzt

Siemens Digital Industries Software verkündet zwei wichtige Stellenbesetzungen in der DACH-Region: Klaus Löckel, der im April 2022 die Leitung der DACH-Region und die Geschäftsführung von Siemens Digital Industries Software in Deutschland übernommen hat, erhält Unterstützung von Christopher-Alexander Unkauf, seit Oktober 2022 Geschäftsführer für Österreich und Schweiz. Mit diesem neuen Managementteam bringt Siemens Digital Industries Software die Einführung des Siemens Xcelerator-Portfolios an Software und Services in der Region voran. Vor seiner Zeit bei Siemens, war Klaus Löckel Executive Vice President Business Development bei Hexagon Manufacturing Intelligence. Löckel hat einen Master of Science in Luft- und Raumfahrttechnik von der Universität Stuttgart, Deutschland. Christopher-Alexander Unkauf hat seine 17-jährige Karriere bei Siemens in Zug und München verbracht. Vor seiner neuen Aufgabe als Geschäftsführer in Österreich und der Schweiz bei Siemens Digital Industries Software war Christopher Unkauf Head of Finance für die DACH-Region sowie CFO für Siemens Digital Industries Software in Österreich, der Schweiz und verantwortlich für 15 weitere Länder in Mitteleuropa. Beide werden die enge Zusammenarbeit mit Kunden aus der diskreten Fertigungsindustrie wie Automobil, Transport und Industriemaschinen weiter ausbauen. Darüber hinaus werden sie sich auf die Digitalisierung der Pharma-, Biotech- und Prozessindustrie in der DACH-Region fokussieren.

www.siemens.com

Lockern, Lösen, Entleeren

Findeva Klopfer und Vibratoren für den harten Einsatz.



Innen:

Hochqualitatives Material, präzise Bearbeitung, und 50-jährige Erfahrung ergeben Produkte, die keinen Vergleich zu scheuen brauchen.



Aussen:

Alle Oberflächen sind extrem widerstandsfähig dank High-Tech-Beschichtung oder hart-anodisierter Alu-Legierung.



www.findeva.com

Findeva AG, pneumatische Vibratoren für die Industrie

Loostrasse 2, CH-8461 Oerlingen, Schweiz. Tel. +41 (0)52 305 47 57
www.findeva.com. Mail: info@findeva.com / Deutschland: www.aldak.de Mail: alsbach@aldak.de

Die Gemeinsamkeiten stärken

Neuaufstellung des Dechema- und VDI-GVC-Netzwerks

Die gemeinsame Arbeit von Dechema und VDI erhält einen neuen Rahmen, denn die Gremienlandschaft wird neu aufgestellt. Die Umstrukturierung soll die Netzwerkarbeit der Gremien verbessern und dabei unterstützen, Querschnittsthemen schneller und effizienter zu bearbeiten. Im Interview mit CITplus erläutern Dr. Kathrin Rübberdt, Bereichsleiterin Wissenschaft & Industrie der Dechema, und Dr. Ljuba Woppowa, Geschäftsführerin der VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen, die Hintergründe und geben einen Ausblick auf die neue Form der Zusammenarbeit.

CITplus: Frau Dr. Woppowa, Frau Dr. Rübberdt, mit dem neuen Jahr stellt sich auch die Gremienlandschaft von VDI und Dechema neu dar. Was steckt hinter den Veränderungen?

Dr. Kathrin Rübberdt: Tatsächlich war die Neuaufstellung der Gremienlandschaft, die wir im letzten Jahr entwickelt haben, die grundlegendste Veränderung seit der Gründung von ProcessNet. Dafür gab es mehrere Gründe. Insgesamt umfassten ProcessNet und das Dechema-BioTechNet rund 120 Gremien mit sehr unterschiedlichen Historien und Arbeitsweisen. Nicht nur für Außenstehende war es extrem schwierig, herauszufinden, wer sich mit was beschäftigt und wo man sich wie beteiligen kann. Oft wussten die Gremien zu wenig voneinander, um Initiativen von vornherein gemeinsam zu starten und einen Überblick zu haben, wo welche Expertise bereits vorhanden ist.

Dr. Ljuba Woppowa: Wir haben im ProcessNet-Lenkungsausschuss schon seit längerem intensiv darüber diskutiert, wie wir die Arbeit in ProcessNet verbessern können. 2020 haben wir dazu auch eine Mitgliederumfrage durchgeführt. Wichtige Punkte, die von unseren Mitgliedern hinterfragt wurden, waren zum Beispiel: Wie können wir schneller auf aktuelle Themen reagieren? Wie erreichen wir mehr Sichtbarkeit in der Community, aber auch bei Forschungsförderern und Politik? Und wie können wir vor allem den Nachwuchs – unser wertvollstes Gut (siehe CIT2022/12) – besser aktiv einbinden? All diese Fragen haben wir bei der Neuaufstellung berücksichtigt und gemeinsam mit vielen engagierten Personen geeignete Konzepte erarbeitet.



Dr. Ljuba Woppowa, Geschäftsführerin der VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen



Dr. Kathrin Rübberdt, Bereichsleiterin Wissenschaft & Industrie, Dechema

Was zeichnet die neue Struktur aus?

K. Rübberdt: Die neue Struktur trennt schärfer zwischen verschiedenen Aktivitäten anhand ausgewählter Kriterien: Wo können wir als Geschäftsstelle einen echten Mehrwert bieten, wo werden wir wirklich gebraucht, und wie können wir möglichst viele Synergien erzielen, um vor allem nach außen mit einer Stimme zu sprechen? Dementsprechend unterscheiden wir zukünftig zwischen drei Ebenen. In den Fachgruppen liegt der Fokus auf dem wissenschaftlichen Austausch innerhalb von fachlich ausgerichteten Communities. Diese kennen sich in der Regel untereinander und brauchen keine Hilfestellung bei der Vernetzung und der inhaltlichen Arbeit, sondern eine professionelle orga-

nisatorische Unterstützung. Sie bleiben in ihrer ganzen fachlichen Vielfalt erhalten. In den neuen Fachsektionen kommen Communities zusammen, die einerseits eine gewisse fachliche Breite abbilden und verschiedene Perspektiven verknüpfen, andererseits eine gemeinsame thematische Basis und „Sprache“ haben. Unser Ziel ist es, diese noch aktiver zu vernetzen, Themen zu identifizieren und die Impulse aufzugreifen, die aus den Fachgruppen oder von anderer Stelle kommen. Auf dieser Ebene unterstützen wir inhaltlich und organisatorisch, damit aus den Diskussionen konkrete Ergebnisse werden, die wir dann auch entsprechend breit und professionell kommunizieren.

L. Woppowa: Besonders wichtig ist die dritte Ebene, auf der wissenschaftlich, gesellschaftlich oder politisch relevante Querschnittsthemen erstmals sichtbar werden. Das war ein besonders wichtiges Ergebnis der Diskussionen in den Gremien von ProcessNet. Wir haben schon immer „große“ übergreifende Themen wie Circular Economy oder Digitalisierung behandelt, aber wir haben in der bisherigen Struktur sehr lang gebraucht, um diese aufzusetzen und zu bearbeiten. Dies soll zukünftig deutlich schneller und transparenter ablaufen. Wenn mindestens zwei Fachsektionen ein relevantes Thema identifizieren und mit Fachleuten und Know-how unterstützen, organisieren wir ein Kick-off, und dann wird das Thema mit klar definierten Zielen, Zeitplänen und auch entsprechenden Ressourcen der Geschäftsstelle begleitet.

Im Zuge der Neustrukturierung verzichten Sie auf die Marke ProcessNet. Warum?

K. Rübberdt: ProcessNet war für die Entwicklung der engen Zusammenarbeit zwischen VDI und Dechema sehr wichtig. Über ein Jahrzehnt wurde diese Zusammenarbeit aufgebaut und vertieft und hat sich für die Beteiligten zu einer Selbstverständlichkeit entwickelt. Gleichzeitig war immer wichtig, dass sowohl die Dechema als auch der VDI mit ihren jeweiligen Spezifika und auch ihrem Bekanntheitsgrad sichtbar bleiben. ProcessNet war ein Markenname, der aber insbesondere in der Außendarstellung erklärungsbedürftig war. Wir hatten uns daher von Beginn an mit dem Zusatz „Gemeinsame Initiative von Dechema und VDI“ beholfen. Mittlerweile ist die Identifikation mit der gemeinsamen Arbeit so groß, dass wir die Kooperation zukünftig unter den Namen beider „Mutter“-Organisationen Dechema und VDI fortsetzen wollen.

L. Woppowa: Zukünftig wird es fünf gemeinsame Dechema/VDI-Fachsektionen geben; auch darüber hinaus wird die Abstimmung zwischen Dechema und VDI eng sein, denn bei vielen Themen sind auch weitere VDI-Fachgesellschaften und Dechema-Fachsektionen mit ihren Expertisen wichtig. Wir freuen uns auf die gemeinsame Zukunft.

In Ihren beiden Organisationen gab es in den letzten Jahren erhebliche strukturelle Veränderungen. Wie wirkt sich das auf die praktische Arbeit in den Gremien aus?

K. Rübberdt: Natürlich spielen bei der Neustrukturierung auch finanzielle Aspekte eine Rolle; die Coronapandemie und die ausgefallenen Veranstaltungen haben uns hart getroffen. Es ging bei der Neuaufstellung aber nicht nur ums Sparen, sondern darum, die Ressourcen, die wir haben, wirklich zielführend einzusetzen. Diese Intention stand hinter dem gesamten Prozess. Im Ergebnis können wir sagen, dass wir die eigentlichen Ziele der Gremien – Vernetzung, aktive Bearbeitung von Themen, Stimme der angewandten Forschung sein – weiterhin sehr gut fördern können, vielleicht sogar teilweise besser als vorher. Besonders haben wir hier die Vernetzung und den Austausch im Blick, bei denen es in der Vergangenheit noch Luft nach oben gab. Aber auch die Sichtbarkeit der Gremien, sowohl der Fachgruppen als auch der Fachsektionen, soll durch die neue Struktur gestärkt werden. Es stimmt aber auch, dass gerade in den Fachgruppen das Ehrenamt mehr Aufgaben übernimmt und der eine oder andere lieb gewonnene Komfort verlorengeht. Wir sind uns dessen bewusst und bedauern das sehr, wir denken aber, dass wir unseren wichtigen Aufgaben nur so auch zukünftig gerecht werden können.

L. Woppowa: Im VDI haben wir nicht zum ersten Mal eine Neustrukturierung vorgenommen – immer auch mit dem Ziel, sich modern aufzustellen und den Mitgliedern attraktive Angebote sowie eine hohe Identifikations- und Gestaltungsmöglichkeit zu bieten. Mit den VDI-Fokusthemen greifen wir seit Jahren politisch und wissenschaftlich relevante Themen auf. Aktuell dreht sich bei uns alles um die wichtigen globalen Fragen: Energiewende, 1,5-Grad-Ziel, Klimawandel, Klimaanpassung. Dies sind Themen, die die Chemie und Verfahrenstechnik direkt und fundamental betreffen und die wir auch auf dem Deutschen Ingenuerntag am 25.5. aufgreifen. Dank unserer ehrenamtlich engagierten Fachleute und der fachlich breit aufgestellten Community in den 12 VDI-Fachgesellschaften können wir auf einen immens großen Wissensschatz zurückgreifen. Außerdem hilft uns unsere bald 140-jährige Erfah-

rung in der Konsensfindung im Richtlinienprozess, die komplexen wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Aufgaben zu bearbeiten. Das Zusammenführen unterschiedlicher fachlicher Einschätzungen und Ansichten ist eine unserer großen Stärken, die wir zukünftig noch weiter ausbauen werden. Dazu gehört auch ein enger Austausch und die Kooperation mit den Kolleginnen und Kollegen der Dechema. Denn übergreifende Teamarbeit, Teilen von Wissen, Interdisziplinarität und Netzwerk waren noch nie so wichtig wie heute.

Wo sehen Sie in den nächsten Jahren die wichtigsten Aufgaben für VDI und Dechema?

K. Rübberdt: Gesellschaft, Politik und Wissenschaft stehen vor riesigen Aufgaben, wenn wir die Energiewende, den Klimaschutz, die Ernährung der Weltbevölkerung, die geopolitischen Herausforderungen für die Lieferketten und vieles mehr meistern wollen. Wir können dazu beitragen, und zwar gerade dadurch, dass wir über Fachgrenzen hinausschauen. Das müssen wir in den nächsten Jahren weiter fördern und unsere Vorschläge auch in Gesellschaft und Politik hineinbringen.

L. Woppowa: Und um das zu erreichen, brauchen wir kluge Köpfe, die sich diesen Aufgaben widmen. Die Entwicklungen in den MINT-Studiengängen sind besorgniserregend. Es genügt nicht, junge Menschen für Wissenschaft und Technik zu begeistern; wir müssen auch die Bildungs- und Entwicklungsmöglichkeiten schaffen, damit junge Menschen in den Ingenieur- und Naturwissenschaften bestmöglich vorbereitet sind, um ihre Ideen in Anwendungen zu überführen. Diese große Aufgabe können wir nur gemeinsam mit Industrie, Hochschulen, Behörde und anderen Verbänden lösen. Letztlich ist dies der Weg, um die Energiewende zu erreichen, dem Klimawandel zu begegnen, aber auch den Fachkräftemangel zu beheben und die internationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie und der Hochschul-landschaft zu stärken.

Wiley Online Library



DECHEMA e.V., Frankfurt am Main
Dr. Kathrin Rübberdt · Tel.: +49 69 7564 - 277
kathrin.ruebberdt@dechema.de · www.dechema.de

**VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und
Chemieingenieurwesen (GVC)**
Dr. Ljuba Woppowa · Tel.: +49 211 6214 - 266
gvc@vdi.de · www.vdi.de/gvc

Batterierecycling-Technologien im Überblick

Statusbericht und Marktchancen für das Recycling von Lithium-Ionen-Batterien



Keywords

- **Lithium-Ionen-Batterie**
- **Lithium-Recycling**
- **Pyrometallurgie, Hydrometallurgie**
- **Marktchancen für Batterieabfälle**

FOKUS

Die zunehmende Verwendung von Lithium-Ionen-Batterien in unserem täglichen Leben und das rasche Wachstum der Elektrofahrzeugindustrie stellen eine große Herausforderung für die Abfallwirtschaft dar. Gleichzeitig können Batterieabfälle auch eine interessante Geschäftsmöglichkeit bieten. Sie stellen eine wertvolle Sekundärquelle von LIB-Materialien dar und können durch deren Nutzung die starke Abhängigkeit von Rohstofflieferanten zumindest in Teilen reduzieren.

Existierende Recyclingtechnologien wie Pyrometallurgie, Hydrometallurgie oder direktes Recycling werden durch Kooperationen zwischen Forschung und Industrie ständig weiterentwickelt. In diesem Artikel werden aktuelle Ansätze zum LIB-Recycling skizziert und die Beteiligung des KIT bei der Entwicklung geeigneter Technologien im Rahmen von drei Verbundprojekten (LiBInfinity, RHINOCEROS und LICORNE) beschrieben.

Die Entwicklung der Lithiumionenbatterie begann in den 1970er Jahren und hat im Jahr 2019 mit der Verleihung des Nobelpreises einen Höhepunkt erlebt. Sie kann als eine der bemerkenswertesten Erfolgsgeschichten moderner Technologieentwicklung angesehen werden. Die hohe Energie- und Leistungsdichte, die Zyklusstabilität und das geringe Gewicht machen LIBs zu einer idealen Energiespeicherkomponente für tragbare Elektro-

nik und Elektromobilitätsanwendungen. Allerdings führt die zunehmende Verwendung von LIBs zu einem Anstieg der Abfallmengen in Form von Produktionsschrott und End-of-Life (EoL) Batterien. Es wird prognostiziert, dass die Zahl der recyclingfähigen LIBs zwischen 2020 und 2040 um das 700-fache ansteigen wird. Kritische Rohstoffe wie Lithium, Graphit und Kobalt sowie strategische Metalle wie Nickel und Mangan machen mehr als 50% der Batteriekosten aus. Das wirtschaftliche und umweltfreundliche Recycling dieser Komponenten stellt sowohl eine Herausforderung für die Wissenschaft als auch eine attraktive Chance für die Industrie, insbesondere den Abfallwirtschaftssektor, dar.

Handelsübliche LIBs bestehen in der Regel aus einer Graphitanode, aufgebracht auf einer Kupferfolie als Stromabnehmer, und einer Metalloxidkathode auf Aluminiumfolie (Abb. 1).

Anode und Kathode sind durch einen Separator aus Polymermaterial getrennt und dadurch vor Kurzschlüssen geschützt. Alle Komponenten sind mit einem nichtwässrigen flüssigen Elektrolyten aus Lithiumsalzen und einer Mischung aus organischen Lösungsmitteln und verschiedenen Zusätzen getränkt.

Im Gegensatz zur Standard-Graphitanode kann die Kathode aus sehr unterschiedlichen Übergangsmetalloxiden verschiedenster Zusammensetzung bestehen. Diese Zusammensetzung hat unmittelbaren Einfluss auf Kosten, Sicherheit, Leistung und anderer Parameter der Batterie und muss beim Recycling entsprechend berücksichtigt werden.

Recyclingtechnologie steht noch am Anfang

Trotz großer Fortschritte und intensiver Suche steht die Recyclingtechnologie noch sehr am

Anfang. Viele Unternehmen sind dabei, ihre Prozesse zu optimieren, um Umweltbelastungen zu verringern, die Ausbeute an Recyclingmaterial zu erhöhen, die Prozesse großtechnisch anwendbar zu machen und den wirtschaftlichen Wert zu steigern.

Die wichtigsten Technologien lassen sich in drei Kategorien unterteilen:

- direktes Recycling,
- Pyrometallurgie,
- Hydrometallurgie.

In einigen Fällen werden auch pyrometallurgische und hydrometallurgische Verfahren kombiniert. Wie in Abb. 2 dargestellt, beginnt der industrielle Recyclingprozess in der Regel mit Sortierung, Entladung, Deaktivierung und mechanischer Zerlegung der Batterien und anschließender magnetischer Trennung der Materialien. Manche Unternehmen beschränken sich dabei auf die Herstellung sogenannter Schwarzmasse (black mass), die dann zur pyro- oder hydrometallurgischen Gewinnung der Wertstoffe weitergereicht wird. Diese Schwarzmasse enthält die Metalloxide der Kathode, das Graphit der Anode und die Stromableiter. Sowohl Kunststoffe und Stahl des Batteriegehäuses als auch Elektrolyt und Separator wurden bereits vorher abgetrennt.

Beim direkten Recycling bleiben Struktur und Eigenschaften der Elektrode größtenteils intakt, wodurch mehrere energieintensive und kostspielige Verarbeitungsschritte vermieden werden. Gleichzeitig ist in diesem Verfahren die Menge an recyceltem Lithium und an Übergangsmetallen maximal (Abb. 3). Derzeit wird das direkte Recycling hauptsächlich für Produktionsabfälle bei der Herstellung von LCO und LFP-Kathodenmaterialien eingesetzt. Bei EoL-Batterien ist allerdings der Automatisierungsgrad der Elektrodentrennung, die Gewinnung von Elektrodenmaterialien und deren Regeneration in Umfang und Volumen noch sehr begrenzt (Abb. 3), sodass direktes Recycling nicht wirklich in Betracht kommt.

Deutlich einfacher in der Anwendung ist das pyrometallurgische Recycling. Bei dieser Art der Metallrückgewinnung wird ein Hochtemperaturofen verwendet, um die Metalloxide durch „Schmelzen“ zu Legierungen aus Co, Cu, Fe und Ni zu reduzieren. Vorteilhaft ist dieses Verfahren bei vollkommen unsortiertem Eingangsmaterial. Da der Schmelzprozess auch für die metallischen Stromkollektoren funktioniert, hat die Technik den entscheidenden Vorteil, dass sie auf ganze Zellen oder Module angewendet werden kann, ohne dass ein erster Passivier- und Sortierschritt erforderlich ist. Durch den Schmelzprozess können jedoch nur Ni, Co und Cu als Übergangsmetall-Legierungen zurückgewonnen werden. Lithium- und Gra-

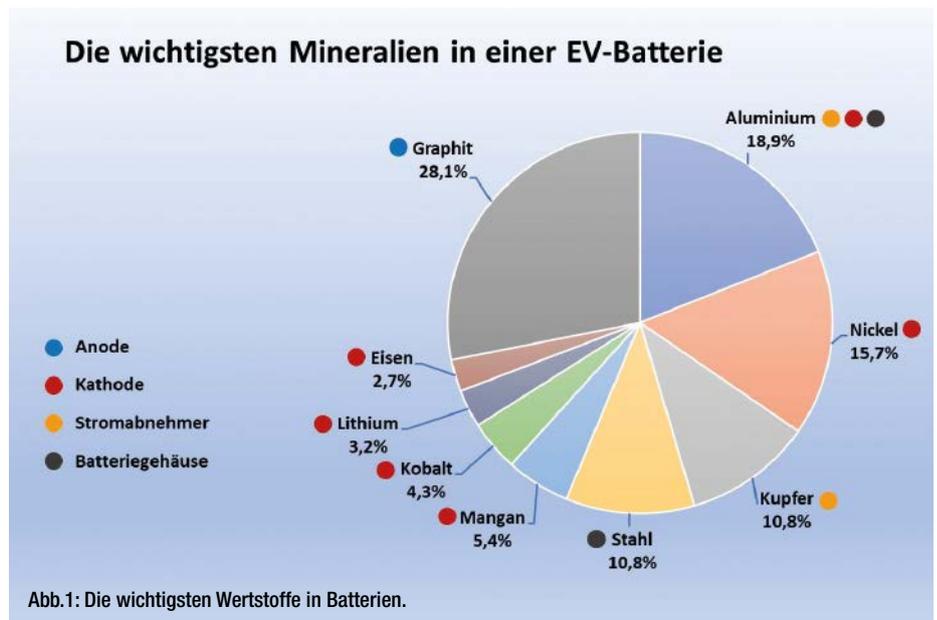


Abb.1: Die wichtigsten Wertstoffe in Batterien.

phitbestandteile gehen in der Schlacke und in den gasförmigen Abgasen verloren (Abb. 2). Die werthaltigen Metalle können dann durch hydrometallurgische Verfahren aus den Legierungen und teilweise auch aus der Schlacke abgetrennt werden. Ein weiterer großer Nachteil der Pyrometallurgie ist, neben Materialverlust und Erzeugung giftiger Abgase, der große Energieverbrauch (Abb. 3). Trotz dieser Nachteile bleibt die Pyrometallurgie das bislang am häufigsten verwendete Verfahren zur Extraktion hochwertiger Übergangsmetalle wie Kobalt und Nickel.

Rückgewinnung von Lithium

Wegen der steigenden Nachfrage auch nach den sekundären Wertstoffen haben viele Unternehmen mittlerweile ein hydrometallurgisches Verfahren zur Rückgewinnung sowohl von Lithium als auch hochreiner Übergangsmetalle etabliert. Bei dieser Methode werden wässrige Lösungen verwendet, um die gewünschten Metalle aus dem Kathodenmaterial auszulaugen. Traditionell sind dies starke anorganische Säuren wie Salzsäure (HCl), Schwefelsäure (H₂SO₄), Salpetersäure (HNO₃) und Phosphorsäure (H₃PO₄). Die wichtigsten Prozessgrößen sind Temperatur, Säure- und Reduktionsmittelkonzentration, Reaktionszeit und Feststoff/Flüssigkeit Verhältnis. Das bei weitem häufigste Reagenz ist H₂SO₄, das mit einem Zusatz von Wasserstoffperoxid (H₂O₂) kombiniert wird. Dabei wirkt H₂O₂ als Reduktionsmittel und wandelt das unlösliche Co(III) in der Oxidationsstufe +3 in das lösliche Co(II) um: $2LiCoO_2 + 3H_2SO_4 + H_2O_2 \rightarrow 2CoSO_4 + Li_2SO_4 + O_2 \uparrow + 4H_2O$

Der Einsatz der Säuren führt zur chemischen Lösung der Wertmetalle. Anschließend kann in einer mehrstufigen Ausfällung jede Kathodenkomponente einzeln extrahiert wer-

den. Am Ende dieses Prozesses erhält man sowohl Salze der Übergangsmetalle als auch Lithiumsalze in geeigneter Qualität für eine neuere Elektrodenherstellung.

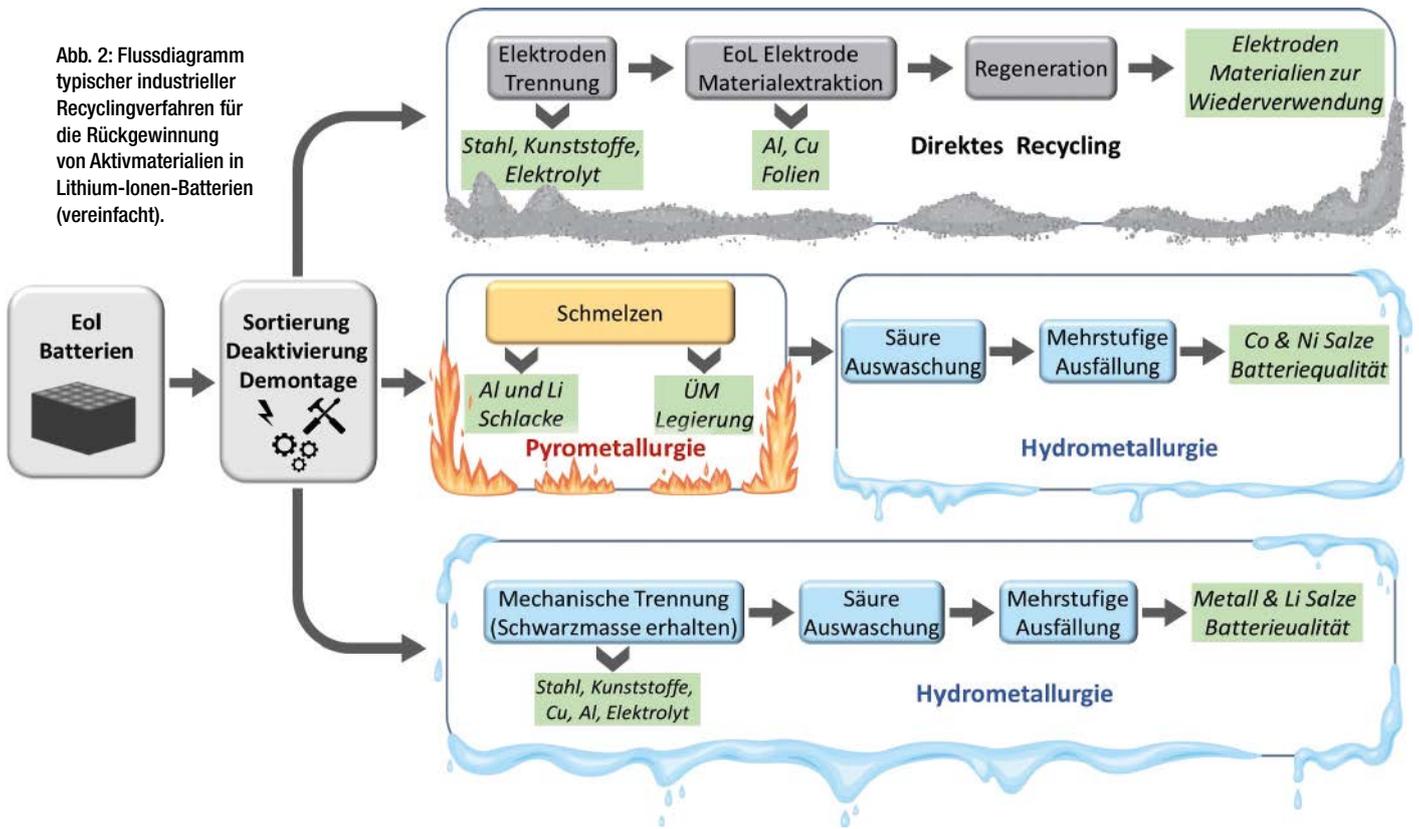
Der Hauptvorteil hydrometallurgischer Verfahren liegt im reduzierten Energieverbrauch durch niedrige Prozesstemperaturen, eine hohe Effizienz bei der Rückgewinnung aller werthaltigen Metalle und eine gute Anwendbarkeit auf unterschiedlichste Elektrodenmaterialien. Eine wesentliche Herausforderung bei der Hydrometallurgie ist jedoch die starke Abhängigkeit von der Vorbehandlung der Materialien, insbesondere der Notwendigkeit, das Kathodenpulver für die Auslaugung vorher abzutrennen. Die Verarbeitungsbedingungen und -kosten können je nach den in den Vorbehandlungsschritten eingesetzten Technologien enorm variieren.

Die vom EU-Umweltrat im Rahmen der EU-Batterieverordnung vorgeschlagenen Ziele sollen eine nachhaltigere Nutzung von Batterien entlang der gesamten Wertschöpfungskette in der EU sicherstellen. Dies führt zu erheblichen Investitionen in neue Recyclingkapazitäten und -technologien unter Einbeziehung gemeinsamer Anstrengungen von Industrie und Forschung. Infolgedessen haben sich bereits zahlreiche F&E-Konsortien gebildet, in denen Partner aus EU-Ländern ihre Anstrengungen zur Verbesserung bestehender und zur Entwicklung neuer Technologien zum Batterierecycling bündeln.

Entwicklung des LIB-Recyclings am KIT

Das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) ist an drei Konsortien zum Batterierecycling maßgeblich beteiligt. Das LiBinfinity-Projekt konzentriert sich auf ein ganzheitliches Konzept für das Recycling von LIBs unter Verwendung energiearmer mechano-hydrometallurgischer

Abb. 2: Flussdiagramm typischer industrieller Recyclingverfahren für die Rückgewinnung von Aktivmaterialien in Lithium-Ionen-Batterien (vereinfacht).



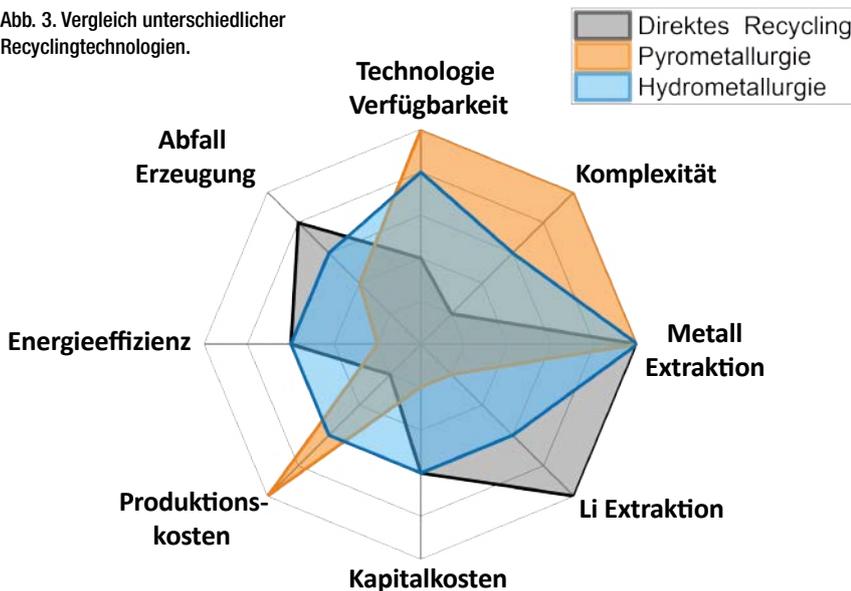
Prozesse mit verbesserten Recyclingraten. Sieben Partner aus Forschung und Industrie werden diese Konzepte von der Logistik bis hin zur Wiederverwendung des recycelten Materials im Lebenszyklus der Batterie entwickeln. Die im Rahmen dieses Projekts entwickelten Methoden sollen dann vom Labor- in einen industrierelevanten Maßstab übertragen werden. Zu den Partnern von LiBinfinity gehören das KIT, Mercedes-Benz, Daimler Truck, Primobius, SMG Group, LICULAR, die TU Clausthal und die TU Berlin. Die Aufgabe des KIT in diesem Konsortium ist die Analyse der recy-

celten Materialien im Hinblick auf ihre Eignung für die Herstellung neuer Batterien. Die wichtigste Komponente werden Kathodenmaterialien sein, da diese die Effizienz, Zuverlässigkeit, Lebensdauer und Kosten von Batterien weitgehend bestimmen. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) fördert LiBinfinity für vier Jahre, beginnend im Juli 2022, mit knapp 17 Mio. EUR. Davon gehen rund 1.2 Mio. EUR an das KIT.

Ein weiteres Konsortium wurde im September 2022 für vier Jahre im Rahmen des neuen Horizon Europe Program mit dem Titel

„Rhinceros“ gegründet (GA No 101069685) und wird von der Europäischen Climate, Infrastructure and Environment Executive Agency (CINEA) mit 8,9 Mio. EUR finanziert. Die Bemühungen von 16 Partnern aus neun verschiedenen Ländern konzentrieren sich auf die Entwicklung und Verbesserung wirtschaftlich und ökologisch tragfähiger Verfahren für die Wiederverwendung, Wiederverwertung, Aufbereitung und das Recycling von EoL-LIBs und deren Demonstration in einem industriell relevanten Umfeld. Mit Partnern wie Technalia (ES), Accurec (DE), Hydrometal (BE), Eco Recycling (IT), Arkema (FR), TES Recupyl (FR), Watt4Ever (BE), Leitat (ES), VITO (BE), KIT (DE), Technische Universität Chalmers (SE), Universität Agder (NO), Sapienza Universität Rom (IT), PNO (BE), Levertonhelm (UK) und Ford (TR), wird Rhinceros Prozesse entwickeln, die mit einem intelligenten Sortier- und Demontagesystem und dem Wiederaufbau von noch funktionsfähigen Batterien für Second-Life-Anwendungen beginnen. Falls die Wiederverwendung von LIBs nicht mehr möglich sein sollte, wird ein Recyclingweg für alle Komponenten verfolgt, der den Materialkreislauf schließen soll. Durch Produktqualifizierung soll Rhinceros die direkte Herstellung von Hochleistungselektrodenmaterialien zu wettbewerbsfähigen Kosten aus dem Batterierecycling demonstrieren. Mit Mitteln in Höhe von 400.000 EUR wird das Institut für Angewandte Materialien – Energiespeichersysteme (IAM-ESS) am KIT ein neu entwickeltes und patentiertes reaktives Mahlverfahren (High-

Abb. 3: Vergleich unterschiedlicher Recyclingtechnologien.



Energy-Ball-Milling) zur Gewinnung von Lithium aus Schwarzsasse einsetzen. Dieser innovative Ansatz wird die Effizienz bei der Rückgewinnung wertvoller Materialien aus LIB-Abfällen und deren Umwandlung in Feststoffe in Batteriequalität deutlich erhöhen. Diese Methode hat sich bereits im Labormaßstab als wirksam erwiesen und soll nun in größerem Maßstab angewandt und auf ihre wirtschaftliche Durchführbarkeit geprüft werden.

Gewinnung von Lithium aus Erzen und Solen

Im Verbundprojekt LiCORNE (GA No 101069644) bearbeitet das IAM-ESS zwei weitere Themen mit Recyclingbezug. Das von CINEA mit 6,8 Mio. EUR finanzierte Projekt startete im Oktober 2022 für vier Jahre und zielt darauf ab, eine erste vollständige Li-Lieferkette in Europa zu etablieren. An diesem Konsortium sind insgesamt 16 Partnern aus zehn Ländern beteiligt: Technalia (ES), ECM Lithium (AT), EnBW (DE), ÉS Géothermie (FR), VITO (BE), SINTEF (NO), Fraunhofer ICT (DE), Nationale Technische Universität Athen (GR), Delft University of Technology (NL), KIT (DE), AdMiRIS (GR), PNO (BE), UMICORE (BE), SQM (CL) und Levertonhelm (UK). Während der vier Jahre sollen die Grundlagen für eine Erhöhung der europäischen Kapazitäten zur Verarbeitung

und Veredelung von Li gelegt werden. Das Lithium soll hierfür aus Erzen, Solen, Abraum und nicht spezifikationsgerechten Batteriekathodenmaterialien in Batteriequalität gewonnen werden. Mit Mitteln in Höhe von 630.000 EUR wird das KIT sowohl Arbeitspakete für die elektrochemische Extraktion von Li aus kontinentalen und geothermischen Solen und desorbierten Li-Lösungen bearbeiten als auch die mechanisch-chemische Extraktion von Lithium aus Produktionsresten von Batterien untersuchen. Die bei der Batterieproduktion anfallenden Reste in Form von nicht spezifikationsgerechten Batteriekathodenmaterialien sind eine bedeutende Quelle von Wertstoffen, die mittelfristig recycelt werden müssen und können je nach Prozessentwicklung des Unternehmens bis zu 30 % der Produktion ausmachen.

Große Marktchancen für das Batterierecycling

Verglichen mit der weltweiten Produktion von LIBs gibt es derzeit nur eine geringe Zahl von Unternehmen, die sich um das Recycling von Produktionsresten oder Altbatterien kümmert. Glaubt man den Vorhersagen über die Anzahl der in den Verkehr gebrachten Batterien, wird deren Recycling in wenigen Jahren einen erheblichen Marktanteil ausmachen. Während sich die industrielle Umsetzung der LIB-Recy-

clingtechnologie noch in einem relativ frühen Stadium befindet, werden von Forschungseinrichtungen, wie z.B. dem KIT, ständig neue technische Entdeckungen und Verbesserungen gemacht und immer mehr Recyclingunternehmen nehmen die Herausforderung einer wirtschaftlichen Umsetzung an. Die gemeinsamen Anstrengungen von Wissenschaft und Industrie unterstützen die schnell wachsende Recyclingindustrie, um Ressourcen zu schonen und letztlich für globale Nachhaltigkeit zu sorgen.

Die Autoren

Dr. Oleksandr Dolotko, wissenschaftlicher Mitarbeiter IAM-ESS,

Dr. Michael Knapp, stellvertretender Direktor IAM-ESS, **Prof. Dr. Helmut Ehrenberg**, Institutsleiter, Institut für Angewandte Materialien (IAM-ESS), Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Wiley Online Library



Karlsruher Institut für Technologie, Eggenstein-Leopoldshafen
 Dr. Oleksandr Dolotko
 oleksandr.dolotko@kit.edu · sdolotko@yahoo.com
 Tel.: +49-721-608-28512 · www.kit.edu

Bilder: © KIT

Ystral
110% MIXING SOLUTIONS

THE IDEAL MIXTURE

SAVE ENERGY AND COSTS

Find out how you can save energy and your costs through more effective process engineering at the ECS and on our website:

EUROPEAN COATINGS SHOW 2023
ADHESIVES - SEALANTS - CONSTRUCTION CHEMICALS

28-30/03/2023 Nürnberg, hall 4, stand 553

Reduce energy demand up to **90%**

ystral.com/energy



Mehr Effizienz beim Lithium-Recycling

Elektrolyse-Membranverfahren für das Recycling von Lithium-Ionen-Batterien



Keywords

- Lithium-Ionen-Batterie
- Lithium-Recycling
- Elektrolyse, Wasserstoff
- Membranverfahren

Vor rund zehn Jahren waren in Deutschland nicht einmal 5.000 Pkw mit reinem Elektroantrieb angemeldet, im Herbst 2022 fuhren bereits mehr als 840.000. Nicht nur in Deutschland, sondern auch international nimmt die Zahl batterieelektrisch angetriebener Fahrzeuge zu. Obwohl Lithium bereits für Millionen von Antriebsbatterien unverzichtbar ist, endet es nach Gebrauch derzeit noch zu 95 % im Müll. Konventionelle Aufarbeitungsmöglichkeiten sind kostenintensiv und aufwendig. Forscher bei Evonik wollen das Recycling einfacher, wirtschaftlicher und umweltschonender machen. Sie setzen auf einen elektrochemischen Prozess mit einer Keramikmembran. Diese Alternative hat im Versuchsmaßstab bereits erfolgreich erste Tests durchlaufen. Die Fachleute sind zuversichtlich, dass sie das Verfahren in wenigen Jahren bis zur Marktreife entwickeln werden.

Gigantische Abbaustätten für Lithium sind auch ein weithin sichtbares Zeichen der weltweiten Verkehrswende – weg von Verbrennungsmotoren und hin zu Elektroantrieben mit wiederaufladbaren Batterien, in denen Lithium steckt. Bis zu 10 kg davon sind in jedem E-Auto im Einsatz. Die Nachfrage nach dem Metall dürfte in den kommenden Jahren noch enorm wachsen. Branchenexperten verweisen konkret auf Lithiumcarbonat und Lithiumhydroxid als maßgebliche Rohstoffe für die Herstellung von Lithium-Ionen-Batterien. So lag der Bedarf 2018 weltweit bei 59.000 t Lithiumcarbonat-Äquiva-

lenten. 2025 wird dieser Wert 650.000 t betragen, also mehr als das Elfache, so eine Schätzung aus der Branche. Lithium wird zwar auch für andere Anwendungen benötigt, etwa für die Produktion von Keramik oder Schmierstoffen. Doch als der entscheidende Treiber für die Nachfrage gilt die Elektromobilität.

Für die Industrie ist es eine Herausforderung, die notwendigen Mengen allein mit den herkömmlichen Fördermethoden zu gewinnen. Eine große Chance, künftig an Lithium zu kommen, liegt daher im Recycling. So könnte eine umfangreiche Wiederverwertung von

Lithium aus Altbatterien auch dazu beitragen, den rasant wachsenden Bedarf teilweise zu decken. Zugleich ließen sich Umweltbelastungen senken und Batterien sinnvoll entsorgen.

Bisherige Prozesse basieren auf Laugung

Konventionelle Prozesse zur Wiedergewinnung von Metallen aus Altbatterien basieren entweder auf Schmelzverfahren (pyrometallurgisch), auf Laugungsverfahren (hydrometallurgisch) oder auf einer Kombination von beidem. Für die Rückgewinnung von Cobalt und Nickel haben sich diese Verfahren bewährt. Auch kon-

ventionelle Aufarbeitungsmöglichkeiten für Lithium haben hydrometallurgische Verfahren als Basis. Sie sind jedoch kostenintensiv, benötigen viel Energie und Wasser, eine Reihe von Zwischenschritten und zusätzliche Chemikalien – gute Gründe also, um nach besseren Alternativen zu suchen.

Elektrochemisches Verfahren zur Lithium-Rückgewinnung

An den Standorten Hanau und Marl arbeitet Evonik derzeit an einem Verfahren, das hochreines Lithium aus einer sich ständig neu füllenden Quelle schöpft, nämlich den ausgedienten Altbatterien. Fachleute des Spezialchemieunternehmens entwickeln eine Lithium-Ionen-selektive Keramikmembran. Sie ist Kernstück eines elektrochemischen Verfahrens. Lithiumsalze sollen sich damit zielgenau und effizient aus Batterieabfällen zurückgewinnen lassen – unter möglichst geringem Einsatz von Energie und Chemikalien. Ausgangsstoff dabei ist Schwarzmasse – also das, was von ausgedienten Lithium-Ionen-Akkus übrigbleibt, nachdem Kunststoffteile entfernt sind und der Rest zu Pulver zermahlen ist.

Das Schwarzmasse-Pulver enthält ein Gemisch aus Lithium, Cobalt, Nickel und Mangan. Bei der Aufbereitung dieser Schwarzmasse entstehen lithiumhaltige Laugungsflüssigkeiten. Das Forscherteam arbeitet diese Recyclingflüssigkeiten mit Hilfe einer Lithium-Ionen-selektiven keramischen Membran elektrochemisch auf. Die Membran ist dabei „wählerisch“: Von der Seite mit der Recyclingflüssigkeit und einer positiv geladenen Anode gibt sie nur den positiv geladenen Lithiumkationen den Weg auf die andere Seite mit der negativ geladenen Kathode frei. Dort bilden die Lithiumionen mit Hydroxid hochreines Lithiumhydroxid. Es hat fast 100 % Reinheitsgrad und eignet sich damit als Rohstoff für die Batterieherstellung.

Wirtschaftlich lohnendes Recyclingmodell

Die Wiederverwertung von Lithium und anderen Batterie-Inhaltsstoffen wie Kobalt und Nickel wird derzeit auch wirtschaftlich immer attraktiver. Für Kobalt z.B. hat sich der Preis in den vergangenen zwei Jahren zwischenzeitlich mehr als verdoppelt. Der Preis für Lithiumcarbonat ist dagegen langsam und kontinuierlich bis Anfang 2021 gefallen – hat sich seitdem allerdings zwischenzeitlich in etwa verzehnfacht. Damit erreichten wesentliche Bestandteile einer Lithium-Ionen-Batterie Kostenregionen, die eine Wiederverwendung nicht nur ökologisch, sondern auch ökonomisch lohnenswert erscheinen lassen.

EU-Vorgaben für die Rückgewinnung

Zugleich bauen viele Länder regulatorischen Druck auf. In der Europäischen Union z.B. müssen in etwa vier Jahren künftig mindestens 35 % des in Altbatterien enthaltenen Lithiums zurückgewonnen werden. Ab



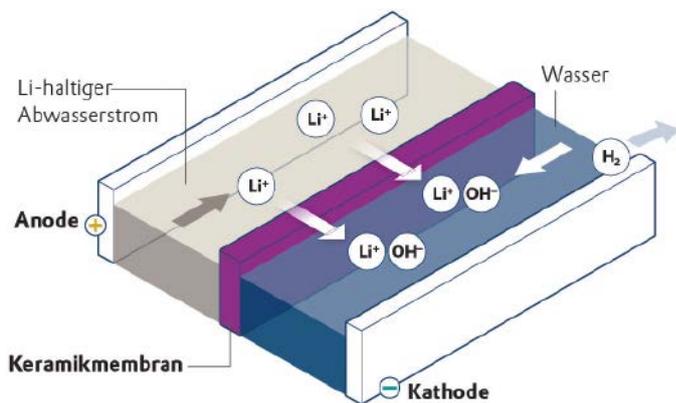
Der schnellste Weg zur perfekten Elektrodenmischung

Mit Eirich in die Zukunft der Batterie:
Einfaches scale-up, hocheffizienter Prozess, saubere Turnkey-Lösungen und kontinuierliche Versorgung von Coatern. Eirich macht Ihre Batterien besser - heute und morgen!

eirich.de



Vermessung der Keramikmembran im Evonik-Labor.



CITplus-Wissen

Ein lithiumhaltiger Abwasserstrom aus der Recyclinganlage fließt zwischen der Anode und der von Evonik entwickelten Keramikmembran. Die Lithiumionen mit positiver Ladung werden von der negativen Kathode angezogen und wandern zur Membran. Sie enthält ebenfalls Lithiumionen (Li^+), sodass diese aus dem Abwasserstrom von einer lokalisierten Stelle in der Membran zur nächsten springen können. Mittels dieses „Hopping-Mechanismus“ gibt die Membran immer genau so viele Lithiumionen in Richtung der Kathode ab, wie sie aus der Richtung der Anode aufnimmt. Zugleich reagiert das Wasser mit den Elektronen an der Kathode zu Wasserstoff (H_2) und Hydroxid (OH^-), das mit den Lithiumionen zu Lithiumhydroxid reagiert – dem gewünschten Produkt.

2030 muss der Anteil auf 70 % steigen. Bei der Verarbeitung setzt die EU ebenfalls Mindeststandards. So müssen ab 2030 neue Batterien wenigstens 12 % recyceltes Kobalt, 20 % wiederverwendetes Nickel und 4 % aufgearbeitetes Lithium enthalten. China verpflichtete bereits 2018 die heimischen Autofabriken, Lösungen für Batterien zu finden, die ihren ersten Lebenszyklus hinter sich haben.

Um künftig die Quoten der EU zu erreichen, sind schnell zusätzliche Recycling-Kapazitäten erforderlich. 2023 fallen in der Europäischen Union Altbatterien mit einem Gewicht von voraussichtlich 100.000 t für das Recycling an. Ein Blick auf die Zahl der bereits verkauften Elektrofahrzeuge lässt die Schätzung zu, dass es 2025 in der EU bereits 300.000 t und weltweit etwa 1 Mio. t sein dürften. Überall steigen die Anstrengungen, Lithium aus verbrauchten Batterien zurückzugewinnen. Ein zusätzlicher Grund hierfür ist, dass der Transport frisch gewonnener Lithiumsalze aus entfernten Regionen wie Südamerika oder Australien energieintensiv ist und damit die CO_2 -Bilanz belastet. Wenn Lithium in Altbatterien bereits in der eigenen Region vorhanden ist, liegt es daher buchstäblich nahe, diesen Stoff durch Recycling erneut zu nutzen.

Forscher drehen an der Effizienzschraube

Übliche Prozesse zur Aufarbeitung von Lithium stoßen allerdings schnell an Grenzen, wenn es um die Effizienz geht. Deshalb wird das Metall gegenwärtig nur in geringen Mengen zurückgewonnen. Bei bislang gängigen Verfahren, um Lithium aus Batterieresten zurückzugewinnen, kommen oft nicht ohne einen aufwändigen Fällungsprozess aus. Anwender erhöhen dazu in einem wässrigen Abfallstrom die Konzentration der Lithiumsalze. Danach erfolgt

eine Ausfällung mit Natriumcarbonat. Das auf diese Weise entstehende Lithiumcarbonat benötigt noch eine Reinigung und wird dann durch Zugabe von Calciumhydroxid zu Lithiumhydroxid umgesetzt. Damit erst ist der Rohstoff für die Produktion von Lithium-Ionen-Akkus gewonnen. Die beschriebene Komplexität verursacht Nachteile und erscheint für Batterierecycler auch wirtschaftlich wenig attraktiv.

Neue Elektrolysezelle mit Lithium-selektiver Membran

Die Forscher bei Evonik gehen einen anderen Weg. Sie wollen Lithium mit nur einem Schritt und in einem kontinuierlichen Vorgang zurückgewinnen – einfacher und nachhaltiger also. Dazu setzt das Expertenteam auf einen elektrochemischen Prozess zur Aufreinigung der Lithiumsalze aus den wässrigen Abfallströmen. Ein Kernelement dafür ist eine neuartige Elektrolysezelle. Das Besondere an ihr ist eine Lithium-selektive Keramikmembran zwischen Anode und Kathode. Der wässrige Abfallstrom aus der Recyclinganlage fließt durch eine schmale Kammer zwischen der positiv geladenen Anode und der Membran. Dabei werden die enthaltenen Lithium-Ionen mit positiver Ladung von der negativ geladenen Kathode angezogen und wandern zur Membran. Diese enthält selbst Lithium-Ionen, so dass die Lithium-Ionen aus dem Abfallstrom von einer lokalisierten Stelle in der Membran zur nächsten springen können. Mittels dieses „Hopping-Mechanismus“ gibt die Membran immer genau so viele Lithium-Ionen in Richtung Kathode ab, wie sie aus Richtung Anode aufnimmt. Zugleich reagiert Wasser mit den Elektronen an der Kathode zu Wasserstoff (H_2) und Hydroxid (OH^-), welches schließlich mit den Lithium-Ionen zu Lithiumhydroxid reagiert – dem gewünschten

Produkt also. Es ist so rein, dass es ohne weitere Aufbereitung die hohen Anforderungen an „Battery Grade“-Material erfüllt – also sofort für die Batterieproduktion nutzbar ist.

Marktreife in wenigen Jahren erwartet

Auch wenn die Ergebnisse im Labor schon sehr vielversprechend aussehen und Evonik bereits einen ersten größeren Elektrolyseur gebaut hat: Noch geht es um ein Forschungsprojekt und noch ist eine Reihe von Fragen zu beantworten, bevor es um eine Umsetzung in industriellem Maßstab gehen könnte. Schon jetzt zeichnet sich aber ab, dass der Prozess besser handhabbar, wesentlich effizienter und nachhaltiger sein wird als bisherige Verfahren. Das Forscherteam ist zuversichtlich, dass es das Keramik-Membran-Verfahren in wenigen Jahren bis zur Marktreife entwickelt hat.



Die Autorin
Dr. Elisabeth Gorman,
 verantwortlich für die
 Marktentwicklung von
 Lithium-Recycling, Creavis –
 strategische Innovationseinheit
 und Business Incubator, Evonik

Wiley Online Library



Creavis – strategische Innovationseinheit und Business Incubator, Evonik, Marl
 Tel.: +49 2365 49-4666
 info-creavis@evonik.com · www.creavis.com

Bereit für die Gigafabriken von morgen

Neues Mischkonzept verkürzt Prozesszeiten bei der Herstellung von Lithium-Ionen-Elektroden-Slurries



Keywords

- **Batteriematerialien**
- **Elektroden-Slurry**
- **Mischtechnik**

Der stark steigende Absatz von Elektrofahrzeugen und ein beispielloser Nachfrageschub nach Lithium-Ionen-Batterien erfordern eine auf hohe Kapazitäten ausgelegte Batteriefertigung. Eine neue Technologie zur Herstellung von Lithium-Ionen-Elektroden-Slurries saugt Pulverstoffe staubfrei unter Vakuum in einen Flüssigkeitsstrom ein und ermöglicht dadurch eine Dispergierung der Pulverpartikel innerhalb von Millisekunden. Im Produktionsmaßstab erzielt die neue Lösung eine mehr als 10-fach höhere Produktivität im Vergleich zu gängigen Planetenmischern.

Ein Planetenmischer erfordert eine hohe Viskosität (mehrere Millionen Centipoise), um die für die Dispergierung erforderliche Scherspannung zu erzeugen. Da die Schergeschwindigkeit durch die Drehgeschwindigkeit der Mischerschaufeln bestimmt wird, ist die mögliche Scherspannung umso höher, je höher die Viskosität ist (Newtonsches Axiom zur Viskosität von Flüssigkeiten: Scherspannung = Viskosität * Schergeschwindigkeit). Bei sehr hohen Viskositäten benötigen die für die Bewegung erforderlichen Motoren jedoch ein hohes Drehmoment und eine hohe Leistung. Da jeweils nur ein Bruchteil der Leistung für die Dispergierung zur Verfügung steht, wird der Großteil der Leistung in einem ineffizienten Prozess verschwendet. Um diese Scherspannung aufrechtzuerhalten, muss das Lösungsmittel ganz oder größtenteils zurückgehalten werden, was zu Verschleiß und Metallkontamination durch harte Kathodenpulver führt. Das Bindemittel wird normalerweise bei erhöhter Temperatur mit einem High Speed Dissolver (Abb. 1), einer ineffizienten Pulverbenezungstechnologie, vorgelöst, abgekühlt,

gefiltert und langsam zu den bereits trocken gemischten aktiven und leitfähigen Materialien hinzugefügt. Dieser Schritt erfolgt im Planetenmischer, in dem auch HSDs installiert sind, wobei die Viskosität mit zunehmender Bindemittelmenge abnimmt. Planetenrührer und HSDs müssen in einem solchen Prozess die Durchmischung und Dispergierung gemeinsam bewältigen.

Die Herstellung von Batterie-Slurries mit diesen konventionellen Technologien ist energieintensiv, langsam und mit einem enormen Platzbedarf verbunden. Zwar erreichen industrielle Planetenmischer zur Herstellung von Elektroden-Slurries mittlerweile Batchgrößen von etwa 3.000 l. Die Mischzeit beträgt dabei jedoch mehr als drei Stunden, zu denen noch ein bis drei Stunden für die Reinigung zwischen den einzelnen Chargen hinzukommen. Die Bedie-

nung des extrem stark steigenden Bedarfs an Speicherbatterien – Schätzungen gehen in den kommenden Jahren von einem Wachstum um den Faktor 30 aus – wird über eine lineare Skalierung traditioneller Chargen-Mischtechnologie kaum realisierbar sein.

Dispergierung innerhalb von Millisekunden

Vor diesem Hintergrund hat der Misch- und Dispergiertechnik-Spezialist Ystral die Mischplattform Ystral Batt-TDS entwickelt, die eine Herstellung von Batterie-Slurries mit einem deutlich geringeren Zeit-, Energie- und Platzbedarf ermöglicht.

Das Batt-TDS-Mischkonzept (Abb. 2) für Elektroden-Slurry besteht aus einem Kreislaufprozess mit einem Inline-Mischer, der Pulverstoffe staubfrei in einen Flüssigkeitsstrom einsaugt und dispergiert sowie einem 3D-Mischer,

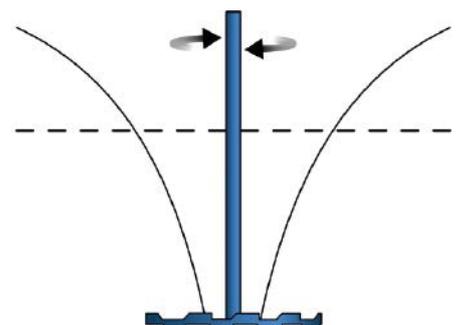
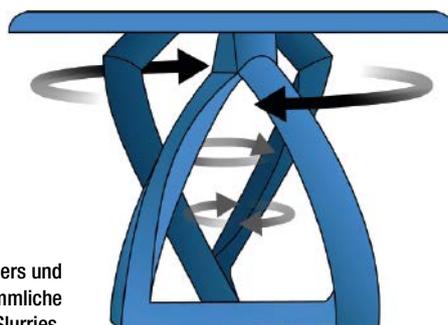


Abb. 1: Darstellung eines Planetenmischers und eines High Speed Dissolvers (HSD), herkömmliche Mischmaschinen für Elektroden-Slurries.



Abb. 2: Batt-TDS-Mischkonzept für Elektroden-Slurry, das sowohl einen Inline-Mischer für Pulvereinzug und -dispersion in einem Flüssigkeitsstrom als auch einen 3D-Mischer mit niedriger Scherrate im Behälter für die Chargenhomogenisierung enthält.

der im Behälter bei geringem Energieverbrauch und mit niedriger Scherrate eine schnelle Chargenhomogenisierung erzielt.

Die Dispersion im Inline-Mischer erfolgt dabei unter Vakuum. Statt einer hohen Viskosität arbeitet der Inline-Mischer mit einer deutlich höheren Schergeschwindigkeit und erreicht so eine hohe Scherspannung, die umgekehrt proportional zum Sub-mm-Spalt zwischen einem sich drehenden Rotor und dem Stator ist. In diesem Dispergierbereich entstehen starke Geschwindigkeitsgefälle, die der Schergeschwindigkeit entsprechen. Die spezifische Leistung kann um das 10.000-fache erhöht und die Scherspannung auf wenige Millisekunden Dispergierzeit im aktiven Mischbereich konzentriert sein – statt Stunden wie beim herkömmlichen Mischen.

Breites Prozessfenster innerhalb einer einzigen Maschineninstallation

Der Inline-Mischer der Batt-TDS-Mischplattform ist speziell auf die Anforderungen bei der Herstellung von Batterie-Slurries zugeschnitten, da Rotor-Stator-Systeme in der Regel auf Viskositäten beschränkt sind, die geringer sind als die, die für Elektroden-Slurries relevant sind. Mit einem großen Stator-Durchmesser ist der Inline-Mischer so konstruiert, dass er die hohen Viskositäten aufnehmen und die Expositionszeit bei hoher Scherung steuern kann, indem die Schergeschwindigkeit von den kontrollierten Pulver- und Flüssigkeitsdurchsätzen entkoppelt wird.

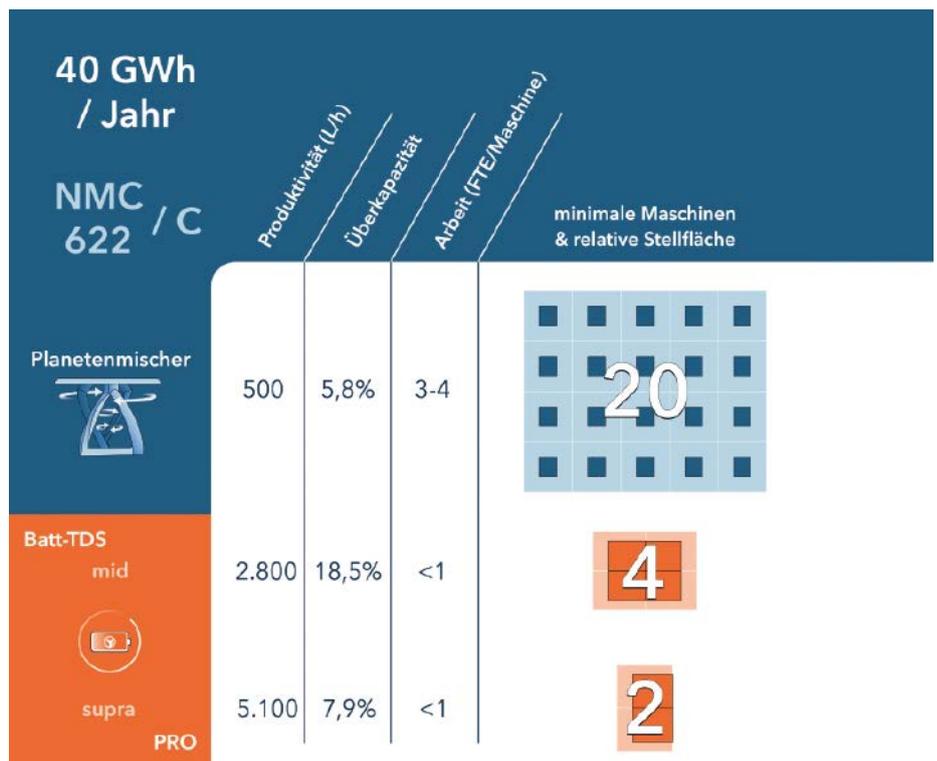
Abb. 3: Produktivität und Platzbedarf von Planetenmischern sowie der Ystral Batt-TDS-Pro-Systeme mid und supra bei der Herstellung von Elektroden-Slurries im Maßstab der derzeit geplanten Fabriken, dargestellt für NMC 622/Graphitbatterien.

Mit der Fähigkeit, bei Bedarf Scherspannungen unabhängig von der Viskosität zu erzeugen, ermöglicht die sanfte, aber effiziente Trennung von Agglomeraten die Dispersion von Pulvern nahezu in Echtzeit in einem breiten Viskositätsbereich, wobei die Viskositäten auch geringer sein können als die, die für die effektive Dispersion in einem Planetenmischer erforderlich sind. Ein entscheidender Vorteil dieses Konzepts besteht darin, dass die Schergeschwindigkeit auf die Prozessanforderungen eines einzelnen Pulvers zugeschnitten werden kann, sodass ein scherspannungs- und ener-

gieoptimierter Prozess in einer bestimmten Abfolge möglich ist, ohne dass für jeden Pulvertyp unterschiedliche Geräte eingesetzt werden müssen.

Vom F&E- zum Produktionsmaßstab

Die Mischplattform Batt-TDS ist in vier Baugrößen verfügbar – von einer 12-Liter-Einheit für schnelle Formulierung und Prozessscreening (Batt-TDS Navi) bis zum Produktionssystem für großskalige Fertigungsprozesse für Kathoden- oder Anoden-Slurries mit einer Chargengröße von 10.000 l (Batt-TDS Pro supra). Ergebnisse



aus dem Versuchsmaßstab können dabei problemlos in den Produktionsmaßstab übertragen werden (Scale-up).

Im Produktionsmaßstab erreicht die neue Technologie eine mehr als zehnfach höhere Produktivität im Vergleich zu herkömmlichen Technologien und eine doppelt so hohe Produktivität im Vergleich zu verfügbaren Extrudern. Abb. 3 zeigt einen Vergleich herkömmlicher Planetenmischer und der Batt-TDS-Pro-Systeme mid und supra zur Herstellung von Elektroden-Slurries im Maßstab der derzeit geplanten Fabriken (40 GWh/Jahr), dargestellt für NMC 622/Graphitbatterien. Da große Fabriken für Kathodenprozesse klimatisiert werden müssen, bedeutet die Möglichkeit, eine große Menge an Slurry auf kleinem Raum zu produzieren, nicht zuletzt auch ein erhebliches Einsparpotenzial hinsichtlich des Energieverbrauchs und der Kosten für Gebäude, in denen die Maschinen untergebracht sind.

Erhöhung der langfristigen Zyklusleistung um 27 %

Vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT) durchgeführte Tests haben gezeigt, dass Batt-TDS-Zellen eine bessere leitende Morphologie und dadurch einen geringeren inneren Widerstand bei steigendem Durchlauf aufweisen als

herkömmlich hergestellte Zellen. Hierfür wurden NMC-622-Kathoden aus Slurries beschichtet, die separat in 12- bis 15-Liter-Chargen mit einer Batt-TDS-Navi sowie zum Vergleich mit einem Planetenmischer (Inoue-TX-15-Tri-mix) hergestellt wurden. Zellen, die vom KIT mit Batt-TDS-Kathoden-Slurry und einer identischen Anode hergestellt wurden, wiesen eine 27-prozentige Steigerung der langfristigen Zyklusleistung gegenüber den im Planetenmischer gemischten Materialien auf. Eine Metallkontamination durch Eisen (ICP-OES, Nachweisgrenze: 8-ppm Fe) wurde im NMC-Slurry des flüssigkeitsgeschmierten Batt-TDS-Prozesses nicht festgestellt.

Kooperation mit Fraunhofer FFB im Projekt Forschungsfertigung Batteriezelle

Voraussichtlich ab Ende des Jahres werden Batteriehersteller im Rahmen des Projekts „Forschungsfertigung Batteriezelle (FFB)“ in Münster Tests auf einer F&E-Anlage mit dem Dispergiersystem Ystral Batt-TDS Navi durchführen können. Der Maschinen- und Anlagenbauer unterstützt das Projekt mit einer Misch- und Dispergieranlage in der derzeit im Bau befindlichen „FFB PreFab“, die der Erprobung von Fertigungsprozessen sowie neuer Rezepturen für die Batteriezellproduktion dienen soll



Der Autor
David Manke, Chief Technology Officer und Geschäftsführer, Ystral



Wiley Online Library

ystral gmbh maschinenbau + processtechnik,
Ballrechten-Dottingen
Tel.: +49 7634 5603 - 900 · ystral@ystral.com
<https://ystral.com/maschinen/inline-dispergierer/batt-tds>

Karlsruher Institut für Technologie (KIT) –
Forschungsgruppe Elektrodenentwicklung
www.iam.kit.edu/ess/1237.php

Fraunhofer-Einrichtung Forschungsfertigung
Batteriezelle FFB
www.forschungsfertigung-batteriezelle.fraunhofer.de

Bilder: © Ystral



Fiesling*



* ganz spezieller Rohstoff
[abrasiv oder toxisch]

Je komplizierter die Rohstoffe,
desto mehr sind wir in unserem Element!

We Love Ingredients.

[Unkompliziert können wir auch ...]

Rohstoffe automatisch umwandeln | lagern | dosieren | fördern | wiegen | sieben

SOLIDS Dortmund, 29. - 30.03.2023, Stand M04-5



www.azo.com



Sicherer Umgang mit Gefahrstoffen

Anforderungen an Tankanlagen für flüssige Rohstoffe wie Elektrolyte und NMP



Keywords

- *Lithium-Ionen-Batterien*
- *Elektrolyte, NMP, Gefahrstoffe*
- *Tanklager, Sicherheitstechnik*

Im Herstellungsprozess von Lithium-Ionen-Batterien werden gefährliche Flüssigkeiten in großen Mengen benötigt. An die Bevorratung und Verteilung werden daher besondere Anforderungen gestellt. Das betrifft zum einen die vorschriftengerechten Rahmenbedingungen, wie auch die verfahrenstechnische Handhabung. Eine wesentliche Rolle spielt die Sicherheitstechnik.

Die Herstellung von Batteriespeichern von der Zelle bis hin zum fertigen Modul durchläuft zahlreiche Produktionsschritte. Flüssige Medien spielen vor allem in den folgenden Prozessschritten eine Rolle:

- Mischen der Aktivmaterialien (Elektrodenfertigung),
- Trocknen der Elektroden (Elektrodenfertigung),
- Elektrolytbefüllung (Zell-Assemblierung),
- Potting (Packfertigung).

Während der Herstellung der Beschichtungsmaterialien für die Elektroden werden den Aktivmaterialien in speziellen Misch- und Dispergieranlagen Lösungsmittel zugegeben. In der Regel wird NMP (1-Methyl-2-pyrrolidon battery grade) dafür eingesetzt. Dabei handelt es sich um eine fortpflanzungsgefährdende, gesund-

heitsschädliche und reizende Flüssigkeit. Aufgrund der Gefährdungseigenschaften wurde dessen Verwendung von der Europäischen Kommission beschränkt und mit einem Substitutionsgebot verhängt. Bislang haben sich aber noch keine geeigneten Alternativen am Markt durchgesetzt. Somit müssen bei der Verwendung besondere Maßnahmen und bewährte Vorgehensweisen zur Begrenzung und Überwachung der Gefährdungen bei der Anwendung berücksichtigt werden. Die Leitlinien der ECHA (European Chemicals Agency) zur Einhaltung der Beschränkung 71 der REACH-Verordnung gehen näher darauf ein.

Eben dieses NMP fällt beim Trockenprozess der Elektroden als Lösemitteldampf wieder an und wird in speziellen Kondensations- und Destillationsanlagen mit einer Quote von über 95 % zurückgewonnen und dem Misch-

prozess wieder zur Verfügung gestellt. Anfallendes Abwasser und flüssige Rückstände müssen fachgerecht gelagert und für die Entsorgung bzw. Wiederverwendung bereitgestellt werden.

Am Ende des Assemblierungsschrittes werden die Zellen mit Elektrolyten befüllt, um den Ladungsaustausch in der Batterie sicherzustellen. Bei den Elektrolyten handelt es sich in der Regel um kundenspezifische Formulierungen, bei dem Leitsalze in Lösemittel wie EMC (Ethylmethylcarbonat) oder DMC (Dimethylcarbonat) gelöst werden. Elektrolyte sind ebenfalls wassergefährdende und entzündliche Flüssigkeiten. Um eine Lagerstabilität zu gewährleisten, müssen die Elektrolyte in bestimmten Temperaturbereichen genutzt und mit Inertgas überlagert werden. Die Lösemittel selbst müssen für Spülvorgänge in Reinform bereitgestellt

und die Spülmengen in geeigneten Behältern gesammelt werden.

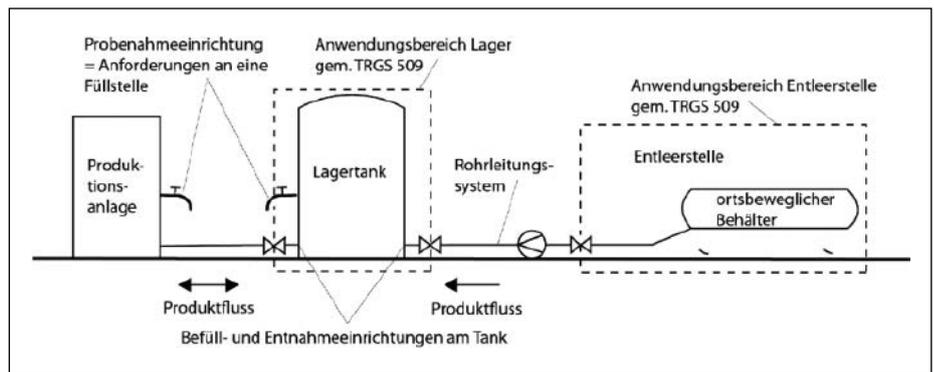
Packfertigung der Zellen

Bei der Packfertigung werden die Gehäuse mit den Zellen teilweise oder vollständig mit einer Masse gefüllt oder eingebettet, um sie stoß- und schwingungsfest zu machen sowie eine Abdichtung gegen Feuchtigkeit, Lösungsmittel und ätzende Stoffe zu schaffen. Diesen Vorgang nennt man „Potting“. Vergussmassen werden auch zur elektrischen Isolierung, Flammhemmung und Wärmeableitung verwendet. Die gängigsten Arten von Vergussmassen sind Polyurethan, Acryl, Epoxidharz und Silikon. Jede dieser chemischen Verbindungen hat jedoch ihre eigenen physikalischen und gefährlichen Eigenschaften. Gerade beim Umgang und der Lagerung mit Polyurethan sind besondere Maßnahmen zu berücksichtigen.

Die Göhler Anlagentechnik aus Hösbach/Nordbayern beschäftigt sich seit über 70 Jahren mit der Planung, dem Bau sowie der Wartung und Service von verfahrenstechnischen Anlagen, speziell Tankanlagen für gefährliche Medien. Mit über 300 Mitarbeitern an mehreren Standorten in Deutschland. Auch in dem relativ jungen Markt der Batteriefertigung im Großmaßstab verfügt Göhler über sehr gute Referenzen. Durch die Marktkenntnisse sowohl in der Automobilbranche als auch im Chemiehandel und der chemischen Industrie können Automobilkonzerne, die nun Batterien fertigen wollen, von den Erfahrungen des Anlagenbauers in den beiden Branchen profitieren.

Planung der Lager

Damit die benötigten Medien für den unterbrechungsfreien Produktionsbetrieb zur Verfügung gestellt werden können, ist der Betreiber auf eine ausreichende Bevorratung angewiesen. Dabei werden zahlreiche Anforderungen und Rahmenbedingungen an die Lagerung gestellt. Den gesetzlichen Rahmen bildet im Wesentlichen die TRGS 509 (Lagern von flüs-



Auszug aus TRGS 509 (Begriffsbestimmungen).

sigen und festen Gefahrstoffen in ortsfesten Behältern sowie Füll- und Entleerstellen für ortsbewegliche Behälter) und die TRGS 510 (Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern). Zudem sind weitere Vorschriften einzuhalten.

Einige Beispiele hierfür sind:

- BlmSchVO,
- WHG mit AwSV,
- Druckgeräterichtlinie,
- Atex-Vorschriften.

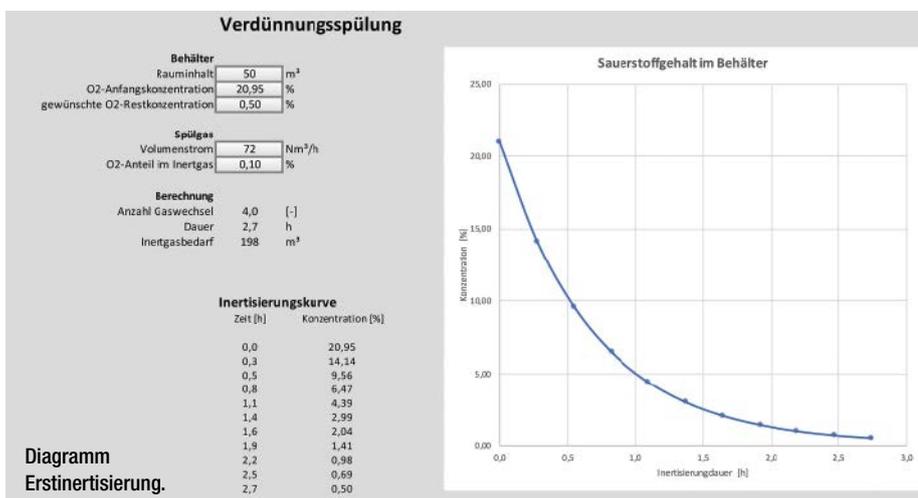
Um diese Vielzahl der Regularien sowie Produkt- und Kundenanforderungen zu berücksichtigen, ist eine detaillierte Planung notwendig. Dabei spielt das Umsetzen der auftragsspezifischen Anforderungen eine wichtige Rolle, was einer gründlichen Bedarfsanalyse erfordert. Der Nutzen für den Auftraggeber steht an erster Stelle. Neben den Lagervolumina, den Abgabeleistungen und den Druck- und Temperaturvorgaben sind auch die Schnittstellen der Tankanlagen zu klären:

- Wie sind die Umgebungsbedingungen (z.B. Innen/ Außenaufstellung, wie auch Erdbeben)?
- Mit welchen Gebinden werden die Medien angeliefert (Kupplungstypen, Entladungspumpe oder Stickstoffentladung, Mengen, Mengenerfassung...)?

- Welche Produkthanforderungen (z.B. Temperaturierung, Inertisierung, Restsauerstoff/ Restfeuchte) gelten?
- Stehen die Daten an den Übergabepunkten (Volumenstrom, Druck, Temperatur) zur Verfügung?
- Welche Schnittstellen zu Fremdanlagen (z.B. E-Fill-Maschinen, Mixing, NMP-Recovery, Destillationsanlage, Schäummaschine) werden benötigt?
- Welche elektrischen Schnittstellen und Datenanbindung sind erforderlich? Ist eine Rückverfolgbarkeit gefordert?
- Wie werden die Ver- und Entsorgungseinrichtungen (Abluft/Heizung/Kühlung, Stickstoff, Druckluft, Entwässerung) gelegt?
- Wie hoch sind CAPEX/ OPEX?

Die Göhler-Experten erarbeiten die benötigten Parameter. Mit diesen Vorgaben kann die Anlage im Detail geplant und konstruiert werden. Neben der Spezifikation für Tanks und Pumpen ist auch die Auslegung der Sicherheitsarmaturen wie Flammendurchschlagsicherungen für eine sichere Tankanlage ausschlaggebend. Die Einstufung von PL-/ SIL-Kategorien, die sich aus einer Risikoanalyse und einer gemeinsamen HAZOP mit dem Anwender ergeben, sind grundlegend für die weitere Ausführungsplanung. Die Auslegung der Sensorik und Überwachungsanlagen wie Sauerstoffmessgeräte und Gaswarnanlagen runden das Thema ab – und dies alles ist in der geforderten ATEX-Kategorie. Seitens des Anlagenbetreibers sind noch weitere Punkte wie Brand- und Blitzschutz zu thematisieren. Schließlich wird eine mängelfreie Abnahme durch die ZÜS (zugelassene Überwachungsstelle) erwartet. Auch das Inertisierungssystem bedarf einer sorgfältigen Auslegung, um die geforderte Produktqualität oder die Inertisierungsstufe nach TRGS einzuhalten. Dazu gehört auch die Berechnung der Erstinertisierung als Verdünnungsspülung, um den maximal zulässigen Restsauerstoffgehalt zu gewährleisten.

Bei den Lagermedien handelt es sich oftmals um wassergefährdende Stoffe. Eine WHG-kon-



Tab. 1: exemplarische Mediendaten

	Wassergefährdungsklasse	Lagerklasse	Flammpunkt	Dichte	Viskosität	Schmelzpunkt
NMP (BG)	1	6.1 C	91 °C	1,028 g/cm ³	1,661 mPas	-23,6 °C
Elektrolyt	3	3	16 °C	1,07 g/cm ³	0,6 mPas	4 °C
Polyurethan (Polyol / Isocyanat)	1/ 2	10–13/3	-6/>200 °C	1,04/1,21 g/cm ³	1.380/440 mPas	Ca. 20/< 10 °C

forme Be- und Entladefläche mit geeignetem Havariesystem und der zugehörigen Berechnung nach TRWS 779 ist daher unvermeidlich. Je nach Behälterbauart (ein- oder doppelwandig) sind Auffangwannen mit geeigneter Beschaffenheit in Massivbauweise erforderlich.

Mechanische und elektrische Realisierung der Anlage

Mit Abschluss der Planung wird die nächste Projektphase eingeleitet: die mechanische und elektrische Realisierung der Anlage. Mit einem großen Vormontageanteil im Herstellerwerk kann der Aufwand auf der Baustelle reduziert werden. Alle für den Anlagenbau erforderlichen Gewerke müssen Hand in Hand reibungslos ineinandergreifen: von der Tankaufstellung über den Stahl- und Rohrleitungsbau, die Temperierung und Isolierung bis hin zur elektrischen Verkabelung. Hohe Sicherheitsanforderungen bei der Ausführung der Arbeiten sind heute selbstverständlich. Die Gesundheit der Mitarbeiter und Umweltschutz sind unabding-

bar. Eine sorgfältige Verarbeitung der Materialien wird ebenso zwingend vorausgesetzt. Schließlich dürfen keine metallischen Partikel im Medium sein, damit es innerhalb der Batteriezelle nicht zu einem Kurzschluss kommt. Weshalb auch spezielle Filter in der verfahrenstechnischen Ausführung berücksichtigt sind. Die Inbetriebnahme mit mehrmaligem Spülen der Anlage und Beprobung ist deshalb von großer Bedeutung und für den Auftraggeber und Anwender essenziell. Die Qualitätsansprüche an die Fachkräfte und die Anlage sind hoch!

Vor der Abnahme werden dem Anwender und den Abnahmebehörden die notwendigen Dokumentationsunterlagen zur Verfügung gestellt. Diese umfassen häufig einige Meter Papierordner. Darunter ist ein Dokument besonders wichtig: Die CE-Konformitätsbescheinigung nach Maschinenrichtlinie und den angewandten Regelwerken. Ohne diese Bescheinigung darf die Anlage nicht in Betrieb gehen!

Derzeit sind in Deutschland und Europa einige Zellfabriken in Planung und Geschwindigkeit bei der Markteinführung der fertigen Batterie ist extrem wichtiger Faktor. Die Umsetzung eines Tanklagerprojektes bedarf einer frühzeitigen Einbindung der Planer und Anlagenbauer mit ausreichend Kapazitäten und Fachpersonal.

Wartung und Service

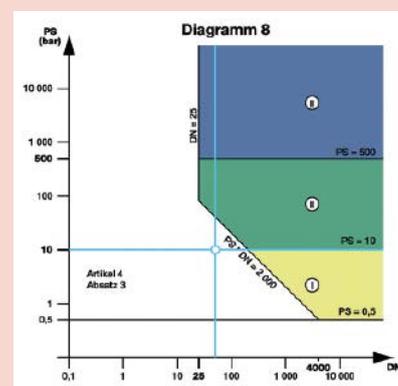
Nach erfolgter Abnahme und Übergabe ist für den Fachbetrieb aber noch nicht Schluss. Die neue Tankanlage muss regelmäßig nach WHG, TRGS und Betriebssicherheitsverordnung und den Herstellervorgaben gewartet werden, besonders die sicherheitstechnischen Komponenten. Nur durch eine sorgfältige Wartung und Instandhaltung kann eine lange Lebensdauer der Anlage sowie ein störungsfreier Anlagenbetrieb gewährleistet werden.

Gute und frühzeitige Beratung und Planung

Die Herstellung von Tankanlagen zur Versorgung der Batterieproduktion stellt hohe Anforderungen an die Planung, den Bau und die Wartung. Der Betreiber der Anlagen ist daher gut beraten, sich frühzeitig mit Fachfirmen mit entsprechender Expertise in Verbindung zu setzen. Durch die gefährlichen Medien sind viele

CITplus-Tipp

Für die Einstufung von Druckbehältern und Rohrleitungen nach Druckgeräterichtlinie eignet sich übrigens besonders gut das Göhler-DGRL-Tool auf www.goehler.de.



Vorschriften bei der Umsetzung zu berücksichtigen. Nur durch langjährige Erfahrung und einem hohen Wissensstand kann ein hohes Sicherheits- und Qualitätsniveau gewährleistet werden und bietet dem Produzenten eine rechtskonforme Planung, Realisierung und einen sicheren Betrieb.

Bilder © Göhler



Der Autor
Martin Zang,
Technischer Leiter,
Göhler Anlagentechnik



Beispiel einer vormontierten Filterstation.

Wiley Online Library



GÖHLER GMBH UND CO. KG Anlagentechnik,
Hörsbach
Tel.: +49 6021 4200 - 202 · www.goehler.de

CIT plus

Das Praxismagazin für Verfahrens- und Chemieingenieure

Sauber und sicher

Schüttgüter kommen in nahezu allen Branchen vor und stellen hohe Anforderungen an die Prozesstechnik. Ob Lebensmittel-, Chemie- oder Kunststoffindustrie, die Pharmabranche, die Recyclingwirtschaft oder seit einigen Jahren die Hersteller von Batteriematerialien – überall müssen technische Lösungen für das sichere Handling der Schüttgüter gefunden werden. In den Sonderteilen Schüttguttechnik und Pharmaproduktion lesen Beispiele dafür. Noch mehr neue Entwicklungen werden Ihnen auf der Solids Ende März in Dortmund präsentiert.

Solids, Recycling-Technik und Pumps & Valves

Termin: 29.-30. Mrz. 2023

Ort: Messe Dortmund, Hallen 4, 5, 6 und 7, Rheinlanddamm 200, 44139 Dortmund

Öffnungszeiten:

29. Mrz. 9:00 – 17:00 Uhr,
30. Mrz. 9:00 – 16:00 Uhr

Veranstalter:

Easyfairs Deutschland, München

Ticket:

kostenfreies Messticket unter
www.solids-dortmund.de/ihr-messticket
mit dem Code 1611

Internet:

www.solids-dortmund.de
www.recycling-technik.com
www.pumpsvalves-dortmund.de

Weitere Themen

Sonderteil Schüttguttechnik

- Staubfreies Absacken von Carbon Black **S. 30**
- Kombinierte CO-Detektion und Feuchtemessung **S. 32**
- Automatisierte Silologistik für Schüttgüter **S. 34**

Sonderteil Pharmaproduktion

- Kompakte Fluidiksysteme regeln Betriebsmedien **S. 36**
- Modular und Ex-geschützt **S. 40**



Staubfreies Absacken von Carbon Black

Ultraleichte Pulver mit Vakuumtechnologie sauber und effizient für die Batteriefertigung verpacken



Keywords

- **Batteriematerialien**
- **Carbon Black, Ruß**
- **Vakuumtechnologie, Absacken**
- **Verpackung, Handling, Logistik**

Für die Herstellung von Primär- als auch Sekundärbatterien wird Carbon Black benötigt, welches aufgrund seiner Beschaffenheit bisher nur schwer abzusacken ist und damit hohe Logistik- und Qualitätskosten verursacht. Die Vakuumtechnologie des Verpackungsmaschinenherstellers Greif-Velox löst diese Probleme und sorgt dafür, dass der wertvolle Rohstoff für Batteriehersteller effizienter und staubfrei in größeren Mengen verfügbar gemacht werden kann.

Umweltfreundlicher, effizienter, leiser: Der Elektromobilität und den damit verbundenen neuen Antrieben gehört die Zukunft. Bis 2030 soll laut Fraunhofer-Institut der Marktanteil an Elektro-Fahrzeugen auf 75 % steigen. Dies lässt die globale Nachfrage nach einer der Schlüsseltechnologien der E-Mobilität stark ansteigen: den Lithium-Ionen-Batterien. Sie enthalten neben Lithium, Kobalt und Graphit einen weiteren essenziellen Stoff: leitfähigen Industrieruß oder Carbon Black. Als Additiv in der Kathode bildet der Ruß ein leitfähiges Netzwerk, das die Funktionsfähigkeit des Sekundärbatterien sicherstellt. Mit der Nachfrage nach E-Autos und effizienten Energiespeichern steigt daher auch die Nachfrage nach Carbon Black bzw. nach seinen hochwertigen Unterformen Lamp Black (Flammruß) sowie Acetylene Black (Acetylenruß).

Hohe Anforderungen beim Handling von leitfähigem Industrieruß

Als ultrafeines Pulver mit einem Korndurchmesser von 60 bis 110 nm bzw. einem geringem Schüttgewicht und hohem Lufthaltevermögen ist leitfähiger Industrieruß für Hersteller besonders schwer abzusacken und transportfähig zu verpacken. Bei herkömmlichen Verfahren sorgen Verstaubungen für hohe Reinigungskosten, Mitarbeiter werden durch die Emissionen gefährdet. Unförmige Säcke mit Lufteinschluss führen zudem zu hohen Logistik- und Transportkosten.

Absackung in komplett geschlossener Vakuumkammer

Die Entwickler von Greif-Velox reagierten auf diese Probleme mit der Entwicklung des Vakuumverfahrens Velovac. Dieses funktioniert im Gegensatz zu herkömmlichen Verfahren ohne Vakuumwalzen, sodass Anwender weder Zeit noch Kosten in die Wartung und Kalibrierung dieser Anlagenkomponenten investieren müssen. Die Säcke können direkt ohne aufwendiges Anfahren und Aufbau eines Filterkuchens befüllt werden. Denn die Absackung ultraleichter Stoffe erfolgt in einer komplett geschlossenen Vakuumkammer. In dieser wird ein atmosphärischer Unterdruck erzeugt, der das Produkt in einen Ventilsack oder einen FIBC saugt.

Höchstmögliche Sicherheit für Mitarbeiter

So gelangen bei der Absackung keine Partikel nach außen, was üblicherweise eine größere Herausforderung ist: Die Absackung von Leichtstoffen wie Carbon Black und seinen verschiedenen Unterformen ist mit herkömmlichen Verfahren eine sehr dreckige Angelegenheit. Bei der Befüllung mit Pumpenpackern werden die Säcke mit einer Presse nachträglich mechanisch verdichtet, wobei etwa jeder 100. Sack aufgrund mangelhafter Verarbeitung undicht wird und platzt. Die Folge sind höhere Kosten und ein höherer Zeitaufwand durch den Stillstand der Maschine sowie ein hoher Reinigungsaufwand; zusätzlich droht eine



Bei herkömmlichen Absackverfahren von Carbon Black sind Mitarbeiter gefährlichen Stäuben ausgesetzt und müssen Vollschutz tragen.

Gefährdung der Mitarbeiter durch gesundheitsschädliche Stäube. Bei der Absackung in der geschlossenen Vakuumkammer werden Mitarbeiter vor Staub geschützt und Produktverlust verhindert sowie die Anlage nicht kontaminiert. Zusätzlich sorgen Automatisierungen für eine Verbesserung der Arbeitsbedingungen: Während die Mitarbeiter bei herkömmlichen Absackverfahren für Carbon Black unter Vollschutz die Säcke vorsichtig entnehmen mussten, erledigt nun ein Roboter diese Arbeit präzise in einer höheren Geschwindigkeit.

Hochreines Produkt für die Herstellung von Lithium-Ionen-Akkus

Für zusätzliche Sicherheit benachrichtigen Staubdetektoren im Inneren der Kammer den Anwender, wenn während des Absackprozesses ein Sack undicht wird, und stoppen den Abfüllvorgang entsprechend, bevor der Sack zu platzen droht. Sollten beim Abfüllvorgang Partikel außerhalb des Gebindes gelangen, werden diese durch die Absaugvorrichtung aufgenommen und ohne Verlust dem Produktfluss wieder zugeführt. Zusätzlich trennt eine Abschnidevorrichtung in der Anlage automatisch Ventilüberhänge ab, auf denen sich möglicherweise noch Produktrest befinden könnte, damit weder Sack noch Palette kontaminiert werden. Eine Ultraschallverschweiß-Einheit sorgt für eine reißfeste Verschweißung, die ebenfalls die Transportsicherheit erhöht.

Aus dem Einsatz der verschiedenen Techniken resultiert ein für die Batterieproduktion erforderliches, hochreines Produkt. Denn metallische Verunreinigungen und Feuchtigkeit können zu unerwünschten Nebenreaktionen führen und die Leistung und Haltbarkeit der Batterie negativ beeinflussen.

Senkung der Transport- und Logistikkosten sowie CO₂-Emissionen durch maximale Verdichtung

Das Vakuumverfahren führt darüber hinaus zu einer Verdichtung des Produkts bei der Absackung. Leitfähiger Industrieruß hat nach der Produktion eine Massenkonzentration von 30 g/L. Beim Absacken in der Vakuumkammer wird er um das Vierfache, d.h. auf 120 g/L verdichtet. Diese Verdichtung führt zu einheitlich geformten, gut stapelbaren Säcken

ohne Lufteinschluss und damit zu einem einheitlichen Palettenbild. So wird verhindert, dass Säcke beim Transport verrutschen und beschädigt werden. Carbon-Black-Produzenten können durch den Einsatz der Vakuumtechnologie das Versandvolumen um mehr als die Hälfte reduzieren, sodass für den Transport weniger als halb so viele Container eingesetzt werden müssen. Entsprechend verringert sich auch der CO₂-Fußabdruck beim Transport.

Reduzierung von Verpackungsmaterial

Auf die höhere Nachfrage nach Carbon Black und der damit verbundenen Herstelleranforderung, ultraleichte Pulver auch in größere Gebinde abfüllen zu können, hat das Entwicklerteam von Greif-Velox ebenfalls reagiert. Mittels Vakuumverfahren kann der Velovac XL leitfähigen Industrieruß jetzt auch in FIBCs staubfrei und effizient absacken. Diese Entwicklung hat positive Auswirkungen auf Lagerung und Transport: Während das Fassungsvermögen für Industrieruß bei Ventilsäcken bei 7,5 kg liegt, fasst ein FIBC 200 bis 230 kg – was einer bis zu 66-fach höheren Menge entspricht. Endkunden können größere Säcke schneller bearbeiten und entleeren und benötigen bis zu 30 % weniger Verpackungsmaterial.

Reduzierung des CO₂-Fußabdrucks in der Batterieproduktion

Der optimierte Abfüll- und Verpackungsprozess von Carbon Black mittels Vakuumverfahren stellt sicher, dass ein hochwertiger Stoff wie Carbon Black gerade in Zeiten von Lieferengpässen und logistischen Herausforderungen schneller, qualitativ hochwertig verpackt in größeren Mengen beim Endkunden verfügbar gemacht wird. Das Verfahren reduziert den CO₂-Fußabdruck für die Batterieproduktion und unterstützt damit die Elektromobilitätswende nachhaltig.



Der Autor
Sebastian Pohl,
Director Sales & Marketing,
Greif-Velox

Wiley Online Library



Greif-Velox Maschinenfabrik GmbH, Lübeck
Tel.: +49 451 530 - 30
info@greif-velox.com · www.greif-velox.com

Bilder © Greif-Velox

Goehler
Anlagentechnik

INNOVATIVE INGENIEURSKUNST
HANDWERK IM HERZEN

Ihr Spezialist für
Planung, Bau und Instandhaltung
von Anlagen für die Versorgung mit
gefährlichen Medien

Hauptsitz
Siemensstraße 5-7 • 63768 Hösbach • +49 6021 42000 • info@goehler.de

Standorte
Bremen • Hamburg • Düsseldorf • München • Nürnberg • Stuttgart • Zeitz

Kombinierte CO-Detektion und Feuchtemessung

Vorbeugender Explosionsschutz für den Trocknungsprozess



Keywords

- **Explosionsschutz**
- **Stäube, Trocknung**
- **Feuchtemessung**
- **CO-Konzentration**

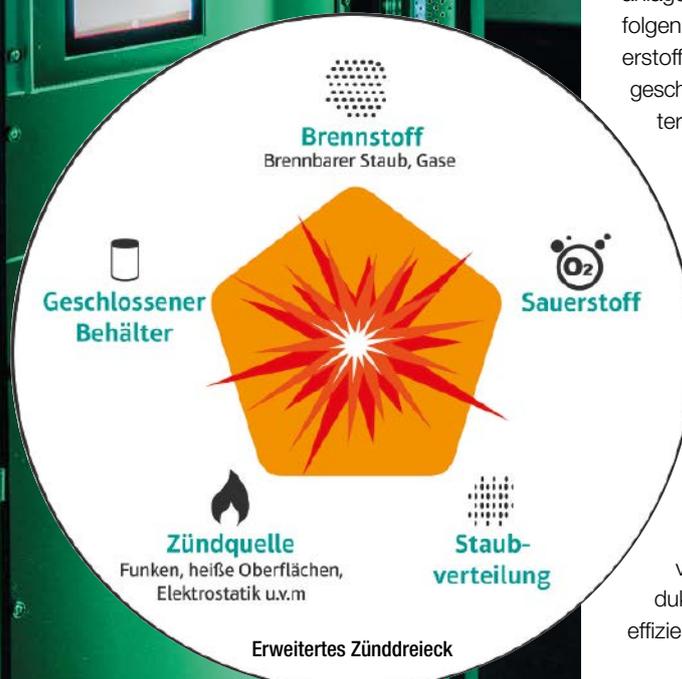
Trocknungsprozesse unterliegen einem hohen Risiko für eine Staubexplosion und der vorbeugende Explosionsschutz hat einen hohen Stellenwert. Bei der gefährlichen Selbstentzündung von zu starken Materialanbackungen entstehen Glimmnester. Als Indikator für einen reibungslosen und sicheren Prozess dienen die Luftfeuchtigkeit und ein Nebenprodukt von Selbstentzündungen – Kohlenmonoxid (CO). Das Messsystem CO.Pilot von Rembe misst beide Parameter in Echtzeit und trägt damit zum Explosionsschutz und zu einem optimierten Trocknungsprozess bei.

Das Thema Explosionsschutz ist für Anlagenbetreiber und Maschinenhersteller allgegenwärtig, sobald es um die Bearbeitung oder den Transport von brennbaren und/oder 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 Feststoffen und Stäube zu minimieren, werden im Folgenden die jeweiligen Staub-Charakteristiken 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: Brennstoff, Sauerstoff, Staubverteilung, Zündquelle und ein geschlossener Behälter (Siehe Abb. des erweiterten Zünddreiecks).

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.

Gefahrenzone Trockner

Gerade Trocknungsprozesse sind in vielen Industrien angesiedelt, um Produkte für eine vereinfachte Lagerung, einen effizienteren Transport und eine längere Halt-



barkeit vorzubereiten. Der Feuchtigkeitsentzug und die hohen Temperaturen sorgen jedoch für ein gesteigertes Brand- und Explosionsrisiko. Kommt es in solchen, meist groß ausgelegten, Trocknungsanlagen zu einem Brand und/oder zu einer Explosion, ist die Situation nicht nur für Maschinen und Betrieb, sondern auch für die Mitarbeiter vor Ort höchst riskant.

Betreiber von Sprühtrocknern in Lebensmittelanwendungen kämpfen mit einer speziellen Art von Zündquelle – nämlich Glimmnester durch Selbstentzündung bei zu starken Materialanbackungen. Durch eine nicht optimale Trocknung des Materials und der anfangs hohen Feuchtigkeit im Produkt, kommt es zu Anbackungen, welche von außen durch immer mehr feuchtes Material isoliert werden. Die hohen Temperaturen sorgen für ein stetiges Erhitzen der Anbackungen bis hin zu einer biologischen Reaktion zwischen Eiweiß, Kohlenhydrat und Wasser – auch Maillard Reaktion genannt. Bei der Maillard Reaktion entsteht weitere Hitze, welche aufgrund der isolierenden Schicht der Verklumpung nicht abgeführt werden kann. Der Vorgang steigert sich, bis es schlussendlich zur Selbstentzündung kommt.

Solche Anbackungen können sowohl an den Düsen der Sprühtrockner als auch an der Innenwand entstehen. Kommt es zu einer Fehlfunktion der Düse können Tropfen hinab in das Fließbett fallen und dort weitere Verklumpungen erzeugen. Wird das Stadium eines Glimmnests erreicht, kann dieses die explosionsfähige Atmosphäre im inneren des Trockners oder der nachgeschalteten Maschinen zünden.

Gefährliche Anlagenzuständen vorbeugen

Alles beginnt mit dem Faktor Mensch, demnach also entsprechend geschultem Personal für den jeweiligen Prozess. Ebenso bedarf es einer optimalen Prozesssteuerung, um Ver-

klumpungen gar zu vermeiden. Doch ohne präzise und zuverlässige Informationen aus Messungen ist dies selbst für Spezialisten kaum möglich. Als Indikator für einen reibungslosen und somit sicheren Prozess dienen heutzutage die Luftfeuchtigkeit und ein Beiprodukt von Selbstentzündungen – Kohlenmonoxid (CO). Problematisch ist jedoch, dass kombinierte Messsysteme nicht klar zwischen diesen beiden Indikatoren unterscheiden können und somit die Messung ungenau wird. Der Rembe CO.Pilot macht genau diese Erfassung möglich.

Durch einen permanenten Abgleich gemessenen Daten mit einer Datenbank von hinterlegten Referenzgasen, die als Fingerabdrücke der selektierten Gase dienen, ist eine einmalige Echtzeitkontrolle und somit eine permanente Überprüfung auf Messgenauigkeit möglich. Gleichzeitig wird mit Hilfe der Echtzeit-Finger-Print-Analyse, die bei handelsüblichen Gasanalysatoren anzutreffende Querempfindlichkeit zu anderen im Messspektrum liegenden Gasen, ausgeschlossen.

Zur zuverlässigen Messung des Betriebszustands, werden Proben im sehr hohen Vakuum aus allen relevanten Zu- und Abluftkanälen des Trockners gesaugt. Aus den daraus absolut gemessenen Werten der einzelnen Messpunkte, bildet das Gerät den Delta-CO-Wert. Dieser Wert ist die mathematische Differenz aus dem CO-Gehalt der Abluft zum CO-Gehalt der Zuluft. Somit werden nur Ereignisse erkannt, die tatsächlich im Prozess entstehen. Störfaktoren, welche dem Prozess von außen zugetragen werden, können hiermit ausgeblendet werden.

Der speziell entwickelte Auswertalgorithmus ermöglicht einen Abgleich der gemessenen Zu- und Abgasluftwerte in Echtzeit und erlaubt es – als erstes System am Markt – die Alarmgrenzen und Gaslaufzeiten der einzel-

nen Messstellen ohne Verzögerungen, an die verschiedenen Luftdurchsätze des Trockners anzupassen. Die Verhältnisse der verschiedenen Zulüfte und das Gleitzeitverhalten werden über die Software ausgeglichen und entsprechend in der SPS berechnet. Wird also ein Anstieg der Kohlenmonoxidkonzentration durch eine Selbstentzündung im Prozess erkannt, kann unverzüglich mit Gegenmaßnahmen eingegriffen werden.

Doch was bedeutet das im Detail?

Durch die spezielle Beprobung fällt eine aufwendige und fehleranfällige Gasaufbereitung weg, sodass der CO.Pilot weniger stör anfällig und wartungsfreier ist. Das Messverfahren ermöglicht es, auf wiederkehrende Kalibrierungen zu verzichten. Aufgrund der präzisen Messtechnik und den daraus reproduzierbaren Ergebnissen können Fehlalarme und Stillstände vermieden werden. Kombiniert mit der Feuchtigkeitsmessung kann der Trocknungsprozess optimal gesteuert werden, wodurch die Energieeffizienz der Anlage erheblich erhöht wird.

Die Autoren

Alexander Kemmling, Sales Executive Explosion Prevention, Key Accounts D-A-CH, Rembe Safety+Control

Marcus Kendik, Senior Consultant Explosion Prevention, Global Sales Explosion Safety, Rembe Safety+Control

Wiley Online Library



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

Bilder © Rembe

Extruder zur kontinuierlichen Aufbereitung von Batteriemassen

Zwei Coperion ZSK Mc18 Doppelschneckenextruder sind Teil der geplanten Hochleistungs-Batteriezellen-Produktionsstätte der Cellforce Group – einem Joint Venture von Porsche und Customcells Holding. Im Rahmen des anspruchsvollen Fertigungsprozesses sollen die beiden Extruder sowie hochgenaue K-Tron-Dosierer zur kontinuierlichen Herstellung der Batteriemassen eingesetzt werden. Mit ihrer hohen Flexibilität ermöglichen die beiden Extrusionslinien die Produktion unterschiedlicher Formulierungen. Dank des kontinuierlichen Prozessaufbaus sind diese bei gleichbleibend hoher Produktqualität reproduzierbar. Die guten Mischeigenschaften sorgen für eine besonders hohe Homogenität

der speziellen, für diese Hochleistungs-batteriezellen entwickelten Rezeptur mit hohem Siliziumanteil. Der hohe Automatisierungsgrad reduziert die Betriebskosten im Vergleich zu arbeits- und personalintensiveren diskontinuierlichen Verfahren und ermöglicht eine reproduzierbare, gleichbleibend hohe Produktqualität. Dank der modularen Bauweise können die Geräte einfach an neue Rezepturen angepasst werden. Ein wichtiger Aspekt im Prozess und für den Betrieb der Anlage ist zudem das sorgfältig ausgeführte Containmen. Aus diesem Grund sind der Extruder und die hochgenauen Dosierer staubdicht ausgeführt und erfüllen die Anforderungen an die Reinhaltung.

www.coperion.com



© Coperion

Mehr Kapazität im Schüttgutlager der Duisburger Hafenniederlassung

Automatisierte Silologistik für Schüttgüter



Keywords

- **Schüttgut-Silo**
- **automatisierte Logistik**
- **Absackung, Verpackung**

Das Familienunternehmen Karl Schmidt Spedition ist Dienstleister für Schüttgutlogistik. Zusammen mit SSB Wägetechnik haben die Anlagenbauer im Duisburger Hafen ein Logistikzentrum für Schüttgüter aus der Chemieindustrie errichtet. Die Erweiterung der Anlage, die im Januar 2023 abgeschlossen wurde, umfasst 40 Silos. Die Schüttgutanlage arbeitet automatisiert von der Verladung bis zur Absackung und Kennzeichnung.

Im Duisburger Hafen entsteht ein modernes Logistik Zentrum für Schüttgüter der Petro-Chemie. Der Standort ist für die Kunststoffindustrie von großer Bedeutung. Produkte werden aus Containern in Silos gefüllt, gelagert und nach Bedarf in Lkws verladen oder in Sackware umverpackt. Auch die umliegenden Produzenten von chemischen Produkten nutzen die moderne Siloanlage zur logistischen Verteilung ihrer Marktströme.

Digitale Vernetzung der Schüttgutanlagen

Die Experten im Bereich der Absack-, Wäge- und Steuerungstechnik von SSB haben zusammen mit einem großen Logistiker eine Anlage konstruiert und gebaut, die die digitale Verarbeitung der Prozesse sowie einen hohen Automatisierungsgrad erlaubt. Die gesamte Silologistik besteht aus mehreren Anlagenkomponenten wie z.B.:

- Silo Befüllung
- Siloauslaufschieber
- Lkw-Beladung
- Containerbeladung
- Big-Bag-Befüllung
- Absackanlagen
- Palettieranlagen
- Palettenverpackungsanlagen
- Gabelstaplerbetrieb zum Warehouse.

Bisher gab es keine Vernetzung dieser einzelnen Komponenten. Die Maschinen oder Gewerke wurden mittels manueller Arbeitsaufträge bedient. Durch die digitale Vernetzung aller einzelnen Komponenten können diese Prozesse automatisiert überwacht und noch sicherer gemacht werden.

Getroffene Maßnahmen in der Steuerungstechnik

Alle Komponenten haben moderne Steuerungen, die über TCPI-Protokolle vernetzt sind. Ein zentraler Leitrechner sowie moderne Bedien- und Anzeigemonitore sind an jedem einzelnen Arbeitsplatz oder Maschine installiert. Die Anlage umfasst in der ersten Ausbaustufe nun 60 Silos. Alle Prozesse sind weitgehend automatisiert. Eine über Ethernet vernetzte Steuerung arbeitet mit TCPI, Profinet oder Modbus als Protokoll und umfasst folgende Komponenten:

Kommunikation visualisiert jeden Arbeitsschritt

Die moderne Kommunikation zeigt und visualisiert auf der operativen Ebene jeden Arbeitsschritt. Die Kennzeichen der Lkws werden automatisch eingelesen. Dazu wird jeder Lkw an der Zufahrt mit Schranken-





Die Verlade- oder Absackaufträge werden in der Logistik Zentrale erstellt und automatisch in die Anlage übertragen.



Palettier- und Roboteranlage im Logistikzentrum.

lage von einer Induktionsschleife erfasst und die Kamera aktiviert. Die Kamera sendet das Foto an einen Server, der der Silosteuerung das Kennzeichen übermittelt. Diese wird auf Plausibilität gemäß dem Auftrag überprüft und die Zufahrt gewährt.

Die Verladewaagen sowie die Verloaderüssel werden automatisch positioniert und über LED Anzeigen erkennt der Fahrer die Position sowie die nachfolgenden Arbeitsschritte. Der Verladeprozess läuft vollständig automatisch ab. Auf einer Zwischenebene wird eine fahrbare Verladewaage unter dem Silo positioniert. Diese Waage schüttet das Produkt in den Verloaderüssel bis hin zum Lkw. Die Verladewaage besteht aus einem Wägebehälter und einem Entleertrichter. Die Waage fordert vom Silo das Produkt an, der Siloschieber öffnet sich. Nach Verwiegung der einzelnen Schüttung (i.d.R. 500 kg) entleert die Waage in den Lkw. Eine komplette Lkw-Beladung besteht aus mehreren Verwiegungen. Die Waage bekommt von der zentralen Steuerung das abzufüllende Gesamtgewicht (meist 25.000 kg) und arbeitet diese in mehreren Wägungen ab. Das Ergebnis der Gesamtmenge wird eichzugelassen dokumentiert und in das System übertragen. Fehlbedienungen oder sogar Fehlbeladungen werden hierdurch vermieden.

Der Befüllprozess der Sackware oder der Big-Bag Großgebilde findet ebenfalls in der Siloanlage in einer Zwischenebene statt. In diesem Bereich sind fahrbare Absackmaschinen installiert, die jedes Silo erreichen können. Über Förderbänder werden die gefüllten und verschlossenen Säcke in den Palettier Bereich transportiert. Um beste Qualität zu erreichen wird jeder Sack auf dichten Verschluss, genaues Gewicht und Metallkontamination geprüft, bevor er mit den notwendigen Daten bedruckt wird. Die Informationen wie Chargennummer, Produktname, fortlaufende Nr., Datum, Uhrzeit, Warnhinweise, Ablaufdatum etc. können als Text und als Bar- oder QR-Code gedruckt werden. Der Druck wird mittels Scanner auf Plausibilität geprüft.

Eine moderne Roboteranlage palettiert die Säcke auf die entsprechenden Paletten. Signalsäulen oder Touchpanels an den entsprechenden Baugruppen signalisieren die zuvor beschriebenen Betriebs-/Fehlermeldungen, wie z.B. Metalldetektion, Fehlgewichte oder Sackbruch. Lagenbilder und Paletten Stapelhöhen können mit dem Roboter frei programmiert werden. Die Leerpaletten inklusive Schonbogen werden von einem Leerpalettenmagazin vereinzelt und über Shuttlesysteme dem Roboter zugeführt.

Der Ablauf der einzelnen Komponenten ist über Softwareprogramme verriegelt. Die einzelnen Magazine oder Bevorratungen werden über Lichtschranken oder andere Sensoren überwacht. Die Fertigstellung von Paletten werden an die nachfolgende Baugruppe vermittelt. Die vollen und fertigen Paletten werden ebenfalls mit dem Shuttle zur Verpackungs-

maschine transportiert. Eine Stretch-Hood-Maschine verpackt voll automatisch die Palette regensicher. Die verpackten Paletten können dann mittels Gabelstapler oder mit einem AGV ins Lager gefahren werden.

Steuerung und Verwaltung

Alle Betriebsprozesse werden an einem zentralen Steuerungssystem überwacht und visualisiert. Produktrezeptverwaltung, Auftragswesen sowie das Lagerverwaltungsprogramm sind mit der Steuerung über OPC-Server verbunden. Die Programmsoftware für Visualisierung und Ablaufsteuerung wird mit Siemens Tia-Portal realisiert. Für die Schnittstellen zu den einzelnen Maschinen wird Profinet genutzt, zu Kundensystemen oder -anbindung z.B. SAP, nutzt der Anlagenbauer OPC-Server-Schnittstellen. Aufgrund der Netzwerkstruktur ist die Anlage von jedem beliebigen Ort zu bedienen oder fernzusteuern.

Jede Maschine hat ein eigenes Wartungsprogramm. Die Zyklen werden aufgezeichnet und mit dem Wartungsintervall verglichen. In der zentralen Software sind die einzelnen Wartungszyklen so programmiert, dass rechtzeitig eine erforderliche Wartung bekannt gegeben werden kann. Dieses Konzept beinhaltet die Integration von allen Sensoren und Maschinen.

Die Autorin

Olivia Mauermann, Marketing und Vertrieb, SSB Wägetechnik

Wiley Online Library



SSB Wägetechnik GmbH, Buchholz

Tel.: +49 26 83 - 9 45 11 - 0

info@ssb-waagen.de · www.ssb-waagen.de

Kompakte Fluidiksysteme regeln Betriebsmedien

Wirtschaftlicher Betrieb von pharmazeutischen Mahlanlagen



Keywords

- **Pharmaproduktion**
- **Ventilplattform**
- **reduzierte Wartung**
- **kompakter Bauraum**

Pharmazeutische Anlagen für das Mahlen und die Pulver- bzw. Partikel- aufbereitung benötigen eine individuell gestaltete Prozessgas- und Flüssigkeitsverteilung. Bürkert Fluid Control Systems bietet dafür verschweißte Ventilplattformen, die die Medienführung wirtschaftlicher gestalten.

In der Pharmafertigung werden zahlreiche Produkte in Pulverform hergestellt, gemischt und abgewogen; über Mischer, Rohre und Schleusen werden Edukte und Produkte dabei verteilt. Mühlen in unterschiedlichen Ausführungen zerkleinern dazu die Ausgangsstoffe, direkt angeschlossene Sichter und Filter trennen die gewünschte Körnung ab und führen zu große Partikel dem Mahlvorgang wieder zu. Für all diese Funktionen werden Prozessgase benötigt. Das Anlagendesign ist deshalb meist anwendungsspezifisch aufgebaut und erfordert jeweils individuelle Fluidiklösungen für die Prozessgaszufuhr sowie die Reinigung. Um den Aufwand an Platz, Verbrauchsmaterial und Zeit selbst bei aufwendigen Mahlanlagen zu minimieren, bieten sich kompakte, tottraumarme und individuell zusammengestellte Fluidiksysteme aus Ventilen mit verschweißten Anschlussstutzen, Sensoren und Druckregler an, um die Prozessgase in den jeweils benötigten Mengen und Drücken zuzuführen und zu verteilen.

Der für eine gleichmäßige, schonende Vermahlung notwendige Aufwand ist nicht zu unterschätzen. Kann man bei gleicher Qualität und Reproduzierbarkeit diesen Vorgang beschleunigen und dabei sogar Verbrauchsmaterial oder Energie einsparen, verbessert das den gesamten Produktionsprozess nachhaltig. Bürkert Fluid Control Systems bietet daher für den Pharmaeinsatz kompakte, individuell auf das jeweilige Mahlsystem abgestimmte Ventilplattformen für Gase und Flüssigkeiten. Die Einzelkomponenten werden platzsparend verschweißte, das Totraumvolumen ist gering und parallel dazu auch der Verbrauch an Prozessgas bzw. Reinigungs- und Spülflüssigkeit für die regelmäßige WIP-Reinigung (Washing In Place).

Arbeiten ohne Störstellen

Kunden- bzw. anlagenindividuell zusammengestellte Prozessgas- und Verteilersysteme zur Spülung werden konventionell aus einzelnen Komponenten über mechanische Verbindungen zusammengebaut. Lösbare Klemm- oder Schraubflansche wie TRI-Clamp-Flansche verbinden klassischerweise Rohrleitungen, Ventile, Sensoren, Druckregler etc. miteinander. Durch die Zugänglichkeit von Verschraubung, Flansch und eingelegten Dichtungen ergeben sich allerdings vergleichsweise große Abstände und damit hohe Totvolumina zwischen den einzelnen Komponenten. Das verlängert u.a. die Reaktionszeiten bei der Gasregelung und erzeugt gegebenenfalls zusätzliche Spülverluste. Darüber hinaus stellen die zahlreichen Dichtungen eine ständige potenzielle Gefahr für Leckage dar und erfordern einen hohen Wartungsaufwand. An den Übergängen wird zudem die Strömung beeinflusst und es bilden sich Ablagerungen, die die Sicherheit des gesamten Prozesses gefährden können.

Geht man stattdessen zu nahtlos verschweißten Edelstahlkomponenten über, bringt das gleich mehrere Vorteile: Der Fluidikstrom wird nicht mehr gestört, Dichtungen sind unnötig und die Anlage für die Prozessgasregelung wird durch den Einsatz spezieller Ventilgehäuse in denen die Verteilfunktion bereits integriert ist, deutlich kompakter. Je nach Komplexität sind so bis zu 30 % Platzgewinn möglich. Gerade in Mahlanlagen, die neben dem Gas zur Zerkleinerung oder Förderung der Partikel noch weitere, separat geregelte Gasströme bspw. für die Lager- spülung, aufblasbare Dichtungsbälge o.ä. benötigen, erlauben diese Gasregelsysteme eine sehr platzsparende Bauform. Der verschweißte Aufbau aus direkt miteinander verbundenen Gehäusesystemen ist zudem

im Gegensatz zu Verbindungen mit Dichtungen absolut resistent gegen Vibration und thermische Schwankungen. Dadurch sinken der Wartungsaufwand und die Fehlerhäufigkeit drastisch. Die geringeren Totvolumina erlauben darüber hinaus kürzere Schaltzeiten, was wiederum die Prozessführung verbessert und Anlageneffizienz erhöht.

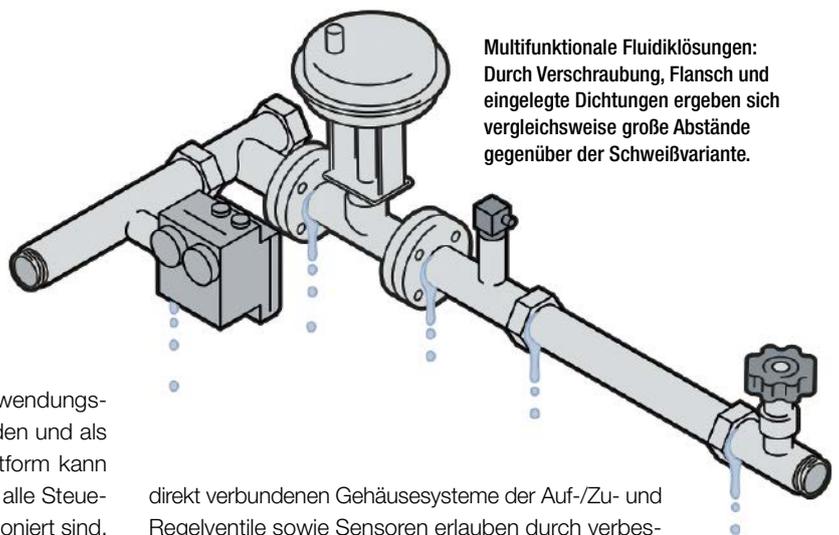
Einbaufertig und zertifiziert

Eine individuell geplante, modular zusammengestellte Gasregelung als Alternative zum herkömmlichen Aufbau bietet aber noch weitere Vorteile: Alle Komponenten werden anwendungsspezifisch konfiguriert, zu einer kompakten Einheit verbunden und als Komplettsystem zertifiziert. Die anschlussfertige Ventilplattform kann so schnell in die vorgesehene Anlage integriert werden, da alle Steuerungs- und Medienleitungen bereits einbaufertig vorkonfektioniert sind.

Die Fluidikspezialisten kombinieren dazu das Modulsystem nach Bedarf mit schnell schaltenden, totraumarmen und sehr gut spülbaren Ein/Aus- bzw. Regelventilen, passenden Druckreglern und den gewünschten Sensoren. Je nach Automatisierungskonzept sind dabei sowohl die Steuerungsschnittstellen als auch die Fluidanschlüsse bereits vorinstalliert. So entsteht eine kompakte Systemlösung bis hin zum einbaufertigen Plug-and-Play-Paket mit Schaltschrank für die pneumatischen Steuerventile, fertig verschlauchten Regelventilen und deren Steuerung. Vor Ort sind nur noch die Fluidik-, Steuerluft-, sowie Strom- und Busleitungen zur übergeordneten SPS anzuschließen, der Installationsaufwand sinkt drastisch. Auch der Aufwand für Anlagenabnahme und Inbetriebnahme reduziert sich dabei enorm.

Wirtschaftlich aufgebaut

Da beim modularen Aufbau die einzelnen Komponenten wie z.B. Ventile oder Sensoren so positioniert sind, dass eine möglichst kompakte Modulplattform entsteht, sinkt der Medieneinsatz im Betrieb. Bei den sogenannten WIP-Verteilern für die gezielte Anlagenreinigung über Sprühdüsen zeigt sich das besonders gut: Bei optimaler Reinigungsleistung lassen sich durch spezifische Druckeinstellung und Düsenaktivierung auch bei kompliziertem Anlagenaufbau erhebliche Einsparungen bei Spülmedien und Energieeinsatz erreichen. Die statt über Rohrstutzen



Multifunktionale Fluidiklösungen:
Durch Verschraubung, Flansch und eingelegte Dichtungen ergeben sich vergleichsweise große Abstände gegenüber der Schweißvariante.

© Bürkert Fluid Control Systems

direkt verbundenen Gehäusesysteme der Auf-/Zu- und Regelventile sowie Sensoren erlauben durch verbesserte Reaktionszeiten kürzere Reinigungszyklen. Ob Zellschleuse, Prallmühle, Zyklonfilter, Verbindungsleitung oder Vorratsbehälter – alle Komponenten der Pulververarbeitung lassen sich so gezielt mit dem richtigen Medium, in der gewünschten Reihenfolge und dem optimalen Druck reinigen oder spülen.

Ressourcenschonender Betrieb

Die Auslegung der kompakten Gasregelsysteme berücksichtigt den jeweils erforderlichen Gasdurchsatz. Dabei wird je nach vorgegebenen Strömungs- und Durchsatzanforderungen auch der Ventil- und Rohrdurchmesser an die geforderten Medienströme angepasst. Diese individuelle Zusammenstellung vermeidet eine kostenträchtige Überdimensionierung und senkt die Betriebskosten durch einen geringeren Energiebedarf beim Sterilisieren.

Die kompakten Ventilplattformen bieten die Möglichkeit, selbst bei komplexen Produktionsanlagen für Pulver, die benötigte Fluidik auf engstem Raum zusammenzufassen. Durch den modularen Aufbau sind Anpassungen im Mahlprozess für OEMs leicht in bestehende Anlagenkonzepte einzubringen. Dem Anwender bringen die Plattformen Potenzial für Betriebsoptimierungen. Trennscharfes Schalten, optimierte Druckregelung und deutlich reduzierte Wartungszeiten erhöhen die Anlagenverfügbarkeit. Für bestehende Anlagen bietet das rund ein Drittel kompaktere Design der Fluidiksteuerung schnelle und wirtschaftliche Auf- und Umrüstmöglichkeiten für neue Aufgaben. Die kleinere Bauform lässt sich nicht nur gut einpassen, sie bietet auch wahlweise bei gleichem Bau- raum wie bisher die Möglichkeit ca. 40 % mehr Funktionen zu integrieren.

Prozessgassteuerungs- und Regelungsbeispiel mit individueller Druckregelung der Ausgänge.



© Bürkert Fluid Control Systems



Der Autor
Jürgen Renninger,
System Engineering Fluidic Systems,
Bürkert Fluid Control Systems

Wiley Online Library



Bürkert Fluid Control Systems, Ingelfingen
Tel.: +49 7940 10 - 0
info@buerkert.de · www.buerkert.de

3D-gedruckte Membranventile



Die zur KSB-Gruppe gehörende luxemburgische Sisto Armaturen liefert ab Ende 2022 erstmals serienmäßig additiv gefertigte Membranventile aus Alloy-Sondermaterial an eines der größten deutschen Pharmaunternehmen. Moderne Wirkstoffproduktionsanlagen werden heute so geplant und gebaut, dass sie für verschiedenste Produkte nutzbar sind. Das bedeutet, dass die verbauten Komponenten aus sehr hochwertigen Nickelbasislegierungen, wie Alloy 2.4605 gefertigt sein müssen – auch die häufig verbauten, sehr komplexen Mehrwege-Membranventil-Einheiten. Konventionell werden die Ventilkörper aus geschmiedetem Vollmaterial spanabhebend hergestellt. Damit ist der Hersteller auf die Verfügbarkeit passender Schmiedestangen angewiesen, was gerade für Sondermaterial mit langen Lieferzeiten einher gehen kann. Mit den im Pulverbett-Schmelzverfahren hergestellten Armaturen lassen sich kürzere Lieferzeiten realisieren. Zudem können Geometrieformen mit Hinterschneidungen, wie integrierte Kühlkanäle, gefertigt werden. Die Eignung der additiv gefertigten Werkstoffe wurde unter Einbeziehung des deutschen TÜV geprüft und dokumentiert. Die additiv gefertigten Membranventile erfüllen alle für ihren Einsatz erforderlichen Standards, wie die Anforderungen der europäischen Druckgeräterichtlinie (DGRL) 2014/68/EU. www.ksb.com

Alle Daten im Blick

Fallen in Berg- oder in Zementwerken unerwartet Förderbänder aus, steht der Betrieb still. Flexco Europe liefert mit der IoT-Plattform Elevate eine intelligente Industrie-4.0-Lösung ein ganzheitliches Überwachungssystem, um Ausfälle zu reduzieren oder zu vermeiden. Die Daten werden über an Förderbandabstreifern angebrachte Elevate-Geräte gewonnen. Diese verbinden sich per Knopfdruck über Wi-Fi oder Mobilfunk mit der Cloud, Kabel sind nicht erforderlich. Mit einer App auf dem Mobiltelefon oder Tablet können alle Förderband-Spezifikationen bei der Montage der Geräte vor Ort eingegeben werden. Installation, Inbetriebnahme und das Überwachen erfolgen schnell und einfach. Die App überträgt alle Daten an die Cloud, sodass die Eingaben direkt auch im i3-Dashboard ersichtlich sind. Über dieses digitale und intuitiv zu bedienende Dashboard erhält der Mitarbeiter Warnungen und Benachrichtigungen. Durch die gewonnenen Daten lassen sich rechtzeitig fundierte Entscheidungen treffen und Maßnahmen ableiten. Probleme lassen sich frühzeitig beheben. Zudem lässt sich das System für die Optimierung von Wartungsarbeiten nutzen.



www.flexco.com

Dosierer mit OEB 5-Zertifikat

Kubota Brabender Technologie stellt einen OEB-zertifizierten, staubdichten Doppelschneckendosierer vor. Der DDSR20 2.0 hat die umfangreichen Tests für die derzeit höchste Klassifizierung OEB 5 im Juni 2022 erfolgreich bestanden. OEB (Occupational Exposure Bands) dienen zur Einteilung von Stoffen nach ihrem Gefährdungspotenzial. Damit kann das Gerät für das Dosieren in Pharma-Anwendungen oder das Handling mit Gefahrgütern wie bspw. in der Batterieherstellung nach den Vorschriften für OEB 5 eingesetzt werden. Für die sichere Abdichtung sind alle Übergabestellen im Produktraum mit speziell entwickelten Dichtungssystemen versehen. Die Dichtigkeitskontrollöffnung im Getriebe ist mit abgedichteten Schaugläsern verschlossen, um einerseits die Funktion zu erhalten und andererseits im Falle einer versagenden Wellendichtung ein Austreten des Produkts zu verhindern. Die Schnellverschlüsse von Deckel, Behälter und Schneckenrohr sind nur mit Werkzeug zu lösen, verbleiben aber bei Demontage am Gerät. Wie alle Dosiergeräte der modularen Gerätegeneration 2.0 ist auch die OEB-Variante modular aufgebaut und lässt sich mit standardisierten Bauteilen leicht auf weitere Modelle innerhalb der DDSR- und DSR-Produktlinien umrüsten. Das reguläre Gerät kann alternativ zur OEB-Version aufgerüstet werden. Die Dosierer aus der modularen Gerätegeneration 2.0 warten mit verbesserten Dichtungssystemen, Präzisionsschneckenrohren und -schnecken, einheitlichen Verschlüssen, transparenten, staubdichten vertikalen Ausläufen, Servomotoren und Getriebemodulen auf. Die einzelnen Bauteile lassen sich leicht demontieren, sodass beispielsweise die Reinigung der produktberührenden Teile vereinfacht wird.



www.brabender-technologie.com

Kurze Schaltzeit bei hohen Drücken

Eine schnelle, exakte Dosierung auch kleinster Fluidmengen ist essenziell für die unterschiedlichsten Dosieranwendungen. Hier sind kompakte Ventile gefragt, die auch bei hohen Drücken schnell schalten, reproduzierbar dosieren – bei möglichst geringem Energieverbrauch. Für solche Einsatzbereiche stellt Bürkert ein neues, mediengetreibtes 2/2- bzw. 3/2-Wege-Ventil mit Flippertechnik vor. Das Ventil vom Typ 6757 ist gegen Druckstöße unempfindlich, toleriert bis zu 16 bar Systemdruck und bietet Schaltzeiten unter 10 ms. Die Leistungsaufnahme von nur 4,5 W ist u.a. für batteriebetriebene Feldgeräte günstig. Die medienberührenden Komponenten sind für viele kritische Reagenzien oder Reinigungsmittel ausgelegt und widerstehen für ca. 30 min bis zu 90 °C Medientemperatur, z.B. für Sterilisationsprozesse. Damit sind sie für exakt reproduzierbare Reinigungs- oder Spülanwendungen geeignet, wie sie in Medizin- oder CIP-Anwendungen vorgeschrieben sind. Die Nennweiten liegen zwischen 1,4 und 4 mm, der Kv-Wert bei 0,37 m³/h, was Durchflussraten bis zu 6,2 l/min entspricht und eine hohe Produktivität u.a. für Abfüllprozesse bietet. Da die Geräte hier oft rund um die Uhr laufen, ist das Ventildesign auf eine lange Lebensdauer bei exakt reproduzierbaren Schaltvorgängen ausgelegt. Je nach Ventildurchmesser können auch größere Spülmengen schnell und zuverlässig dosiert werden. Das neue Ventildesign verbessert hier die Durchflusswerte deutlich und verkürzt die Prozesszeiten.



www.buerkert.de



© Beumer

Rund ums Schüttgut

Zum Produktportfolio der Beumer Group gehören kurvengängige Muldengurt- und Rohrgurtt Förderer, mit denen unterschiedliche Schüttgüter auch über lange Strecken transportiert werden können. Abhängig vom Typ des Förderers und von den Eigenschaften des Förderguts lassen sich Steigungswinkel von bis zu 15° umsetzen und Durchsatzleistungen bis zu 10.000t/h realisieren. Der Systemanbieter setzt auf moderne Planungs- und Layoutwerkzeuge, um die Betreiber schon in einem frühen Projektstadium zu unterstützen und die beste Förderlösung zu konzipieren. Für den vertikalen Transport gibt es Hochleistungsgurtbecherwerke, die vorrangig für pulverförmige oder kleinstückige Materialien zum Einsatz kommen. Förderhöhen von bis zu 200 m sind möglich. Bei grobstückigen und stark schleißenden Materialien werden Gurtbecherwerke mit Heavy-Duty-Technik ausgerüstet. Bei den Gurtstahlzellenförderern basiert das Fördersystem auf der bewährten Gurttechnik, die auch in den Becherwerken zum Einsatz kommt. Um Schüttgüter aus der chemischen Industrie vom Silo können über eine Förderstrecke zur Form-Fill-Seal-Anlage fillpac FFS transportiert werden. Die hocheffiziente Abfüllmaschine formt einen Sack aus einer vorgefertigten PE-Schlauchfolie und füllt ihn z.B. mit den technischen Kunststoffen des Anwenders, wie PE-, PP-, PA- oder PS-Granulaten. Zuverlässig, schonend und nachhaltig abfüllen lassen sich auch Salze oder Düngemittel. Für das Palettieren von Schüttgütern aus der Zement-, Baustoff- oder Chemieindustrie sind Hochleistungspaletteierer der Baureihe paletpac im Programm. Diese Baureihe wurde nicht nur robust gestaltet, sondern auch komplett überarbeitet: Mit der neuen, modularen Bauweise sind in allen Anlagen nun gleiche oder ähnliche Komponenten und Module verbaut, und, wo immer machbar, wurde eine möglichst identische Bauweise umgesetzt. Auch die Anzahl der Bauteile ist geringer. Das reduziert die Anzahl der Ersatzteile und beschleunigt deren Lieferzeiten. Die Module werden zeit- und kostensparend individuell zusammengestellt, intern getestet und vor Ort montiert. Die auf Paletten exakt gestapelten Gebinde können anschließend in die nachgelagerte, ebenfalls modular gebaute Verpackungsanlage stretch hood gefördert werden. Die palettierte Ware wird mit einer hochdehnbaren Stretchhaubenfolie überzogen und ist so sowohl beim Umschlag als auch bei einer Außenlagerung sicher vor Umwelteinflüssen wie Sonne, Schmutz und Nässe geschützt.

www.beumergroup.com

Wiley Online Library



Kontrollwiegen – rasch und genau

Mettler-Toledo stellt eine Reihe von dynamischen Kontrollwaagen vor, die mit der neuen FlashCell EMFR-Wägezellentechnologie ausgestattet sind. Die Hochleistungskontrollwaage C35 Pharma stellt die Konformität gemäß FDA 21 CFR Part 11 und GMP-Anforderungen sicher und bietet spezielle Optionen für die Prozesssicherheit in der Pharmaindustrie für maximalen Markenschutz. Dank sehr hoher Genauigkeit bei Durchsätzen bis zu 800 ppm lässt sich z.B. feststellen, ob der Beipackzettel in jeder Packung enthalten ist oder die Schachteln vollständig sind. Die C35 Washdown wurde für raue Umgebungen entwickelt und kombiniert eine sehr hohe Präzision bei hohen Geschwindigkeiten mit einer stabilen und robusten Systemauslegung. Das gesamte System ist gemäß Schutzart IP69 ausgelegt und nachweislich beständig gegen die meisten ätzenden Reinigungsmittel und Hochdruckreinigung. Mit den Mix-and-Match-Kombilösungen wird ein besonderer Fokus auf die Integration mehrerer Inspektionslösungen in einem platzsparenden Gerät gelegt, um die Produktivität zu maximieren. Standardisierte Komponenten lassen sich beliebig miteinander kombinieren. Das neue 3-in-1-Kombisystem CT33 ist für die Pharma- und Kosmetikindustrie gedacht und vereint Produktserialisierung und hochpräzises Wägen mit visueller Inspektion des Produktetiketts und der Druckvorlage. Die Kontrollwäge- und Serialisierungssoftware sind auf einem einzigen HMI integriert. Produktinspektions- und Vollständigkeitsprüfungen sowie Track & Trace-Funktionalitäten lassen sich skompakt auf kleiner Stellfläche inline integrieren. Eine weitere Mix-and-Match-Neuheit ist das 3-in-1 Kombisystem CMV für dynamisches Kontrollwiegen, Metalldetektion und Etikettenprüfung.

www.mt.com

Wir sehen uns auf der
PUMPS & VALVES
 29.-30. März 2023
 Dortmund
 Halle 6, Stand P25 - 6

WIR ERHÖHEN DEN DRUCK.

Unsere neuen Drehkolbenpumpen mit bis zu 18 bar schaffen fast alles

- Druck bis zu 18 bar
- Höherer Wirkungsgrad durch strömungsoptimiertes, einteiliges Gehäuse
- Atmosphärischer Schutz von Getriebe- und Pumpenkammer durch AirGap
- Neue Dichtungsoptionen zur Erfüllung industriespezifischer Normen
ATEX / TA-Luft / Reinigung nach CIP-SIP-Richtlinien

VOGELANG –
 LEADING IN TECHNOLOGY
vogelsang.info

VOGELANG



◀ Mit der Bediengeräteplattform ORCA wird das neue, kabellose EasyConnect-Stecksystem vorgestellt.



Keywords

- **modulare HMI**
- **Ex-geschützt**
- **hygienische Prozesstechnik**
- **Pharmaproduktion**

Multipurposeanlagen sind flexibel ausgelegt und müssen Prozessinformationen vor Ort bereitstellen. Dies ist entscheidend für die sichere, effiziente und nachhaltige Prozesssteuerung. Die neuen, komplett modular aufgebauten HMI-Bedienstationen ORCA wurden speziell für diese Anforderungen in explosionsgefährdeten Bereichen entwickelt und sind auch für den Einsatz in der Produktion unter hygienischen Bedingungen wie in der Pharmaindustrie geeignet.

Modular und Ex-geschützt

Flexible Bedienstationen für die Zonen 1 und 2 sowie Class I Div 2

Anlagen in der Prozessindustrie laufen inzwischen eng in ihren Grenzen, um Rohstoffe und Energie zu sparen. Neben gängigen Parametern, wie Temperatur oder Druck, werden häufig komplexe Regelkreise des Prozessleitsystems dargestellt und können vom Bediener gesteuert werden. Auch Anlagenzustände, Wartungsintervalle und MES-relevante Daten finden sich auf den Bildschirmen. Bediener der Anlagen müssen daher einen noch besseren Überblick über die vielfältigen Informationen aus dem Prozess und rund um die Anlage erhalten.

HMI mit steckbaren Modulen

Jeder kennt die Situation aus seinem Alltag: Gerade bei elektronischen Geräten entspricht die Leistung nach einigen Jahren nicht mehr der gestiegenen Datenverarbeitung. Doch Prozessanlagen werden meist auf 10 bis 15 Jahre Einsatzzeit ausgelegt. Zwar sind Leitsysteme im Vergleich zu Konsumgütern langlebig – dennoch werden auch diese über die Anlagenlebensdauer oft migriert. Dem müssen Bedienstationen folgen. R. Stahl sorgt seit Jahren für einfache Software-Upgrades durch perma-

nente Weiterentwicklung der Thin Client-Technologie. Aber wenn die Hardwareausstattung nach ein paar Jahren zu der fortschreitenden Entwicklung nicht mehr passt, musste das Gerät aufwendig im Werk umgebaut oder sogar komplett ersetzt werden. Dazu muss man wissen: Explosionsgeschützte HMIs sind in der Regel nicht modular aufgebaut. Deren PC-Komponenten sind in einem Gehäuse verklebt oder vergossen, weshalb nur im Werk eine Reparatur ausgeführt werden darf. Bei manchen als modular bezeichneten Aufbauten erfolgt die Trennung bzw. Verbindung der Module über vieladrige Kabel und der Austausch gestaltet sich aufwendig.

R. Stahl hat nun beim neuen EasyConnect-Konzept der Geräteplattform ORCA das Display von der PC-Einheit separiert und als steckbare Module für die Zonen 1 und 2 sowie Division 2 konzipiert. Das Display und das Elektronikmodul können mit wenigen Handgriffen – ohne lästiges Lösen vieladriger Kabelverbindungen – getrennt und eine neue leistungsstärkere E-Box gegen die alte E-Box ersetzt werden. Damit kann man mit den neuesten technischen Anforderungen Schritt hal-

ten, ohne das komplette HMI tauschen zu müssen. Durch diese Modularität wird das HMI-Konzept dem technischen Fortschritt jederzeit gerecht. Diese Modularität vereinfacht auch die Wartung und etwaige Reparaturen deutlich.

Entwickelt für die pharmazeutische und feinchemische Industrie

Die neue HMI-Geräteplattform ORCA wurde speziell für die Anforderungen in der pharmazeutischen und feinchemischen Industrie entwickelt. Dies fängt bereits bei der äußeren Gestaltung an. So bestehen die Bedienstationen aus kratzfestem und lösemittelbeständigem Glas, Edelstahl und Polyester. Die Bedienstationen haben einen Schutzgrad von IP66 und sind reinraumtauglich sowie für GMP-Prozesse geeignet. Gleichzeitig lassen sich die lichtstarken Displays hervorragend ablesen und die Prozesse über entsprechende Tastaturen und Pointing Devices sehr einfach und sicher bedienen. Es gibt aber noch eine ganze Reihe weiterer Anforderungen der Branchen, die mit der neuen HMI-Bedienstation im Detail umgesetzt wurden.

Flexibilität wie im Büro

Die zunehmende Digitalisierung und Vernetzung in den Produktionsprozessen stellt vielfältige Informationen bereit, die im Feld und damit auch in explosionsgefährdeten Bereichen zur Verfügung stehen müssen. Es ist jedoch alles andere als einfach, diese Informationsvielfalt auf einem Monitor darzustellen – schon gar nicht, wenn es um Informationen aus zwei Systemen geht, wie Daten aus einem PLT-System und einem MES.

In den meisten Büros und zunehmend auch im Feld ist es inzwischen Standard, mit zwei Bildschirmen zu arbeiten. Für explosionsgeschützte Bereiche gibt es zwar diese Option, aber diese ist oft anwenderunfreundlich gestaltet. Zum Hintergrund: Viele Hersteller haben keine separate Docking-Station für den Ex-Bereich entwickelt. Manchmal werden solche Dual-Monitor-Anfragen mit zwei separaten HMI-Systemen gelöst, die zusammen in einem Doppel-Gehäuse untergebracht werden. Allerdings funktionieren diese Systeme dann unabhängig voneinander. Andere praktische Vorteile, etwa die Möglichkeit, eine Anwendung von einem Bildschirm auf den anderen zu ziehen oder beide Bildschirme mit der gleichen Maus und der gleichen Tastatur zu bedienen, müssen aufwendig per Software umgesetzt werden.

Größtmögliche Informationsbereitstellung am HMI vor Ort

Das ORCA HMI-System sorgt nun für neue Flexibilität. Dafür wurde ein Direktmonitor entwickelt, der sich als ein zweiter Bildschirm anschließen lässt. Durch die intelligente Fenstersteuerung kann sowohl das Leitsystem visualisiert werden, als auch weitere Anwendungen wie ein MES-System.

Es gibt keine Funktionseinschränkungen bei der Touchscreen-Bedienung oder auch bei Login-Prozessen.

Bei dieser Doppelmonitorlösung können beide Datenquellen gleichzeitig geöffnet und parallel betrachtet werden. Auf einem Monitor kann das PLT visualisiert werden und auf einem anderen lassen sich Wartungspläne für die Feldgeräte oder auch das Betriebsmittelmanagement, die Projektsteuerung oder die Dokumentation darstellen. Eine Einbindung von Maschinendaten, Instandhaltungs-, Logistik und QM-Informationen ist ebenfalls möglich. So werden Prozessbediener über Veränderungen und Auffälligkeiten im Prozess rechtzeitig informiert und können die richtigen, sicherheitsrelevanten Reaktionen einsteuern.

Sicherer Zugang und digitale Unterschrift

Eine besondere Herausforderung stellt sich in der pharmazeutischen Industrie. Bei einem professionellen Rechtemanagement muss genau festgelegt werden, wer welche Zugriffsmöglichkeiten an welcher Anlage hat. Hier müssen die Bediener meist mehrere Anlagen bedienen und sich jeweils dort einloggen. Die Authentifizierung ist angesichts von Handschuhen (via Fingerprint) oder Maske (via Face ID) häufig nicht möglich. R. Stahl statet seine explosionsgeschützten HMIs optional mit einem berührungslosen RFID-Leser aus, der den Anmeldeaufwand für den autorisierten Zugriff auf Leitsystem, MES oder anderen Anwendungen auf ein Minimum reduziert. Der optional integrierte RFID-Leser unterstützt die PC-SC-Schnittstelle und kann einfach in eine Login-/Logon-Software diverser Anbieter eingebunden werden. Damit wird sowohl ein sicherer Login-Prozess als auch die digi-

tale Unterschrift gewährleistet. Über weitere USB-Schnittstellen können auch Barcodeleser zur professionellen Materialidentifizierung und -erfassung eingesetzt werden.

Schneller Umstieg ins Industrie 4.0-Zeitalter

Für Nutzer älterer Bedienstationen bietet der Hersteller Migrationskonzepte für Bestandsgeräte an. So ist mit den optionalen Ethernet-Extender-Schnittstellen ein einfacher Wechsel von traditionellen KVM-Systemen auf moderne Thin Clients oder auch KVM-over-IP auf bestehender Kabelinfrastruktur möglich. Selbst große Distanzen von bis zu 250 m können so auf der bestehenden Kabelinfrastruktur überbrückt werden. Die ORCA-Thin Clients sind geschlossene für die Prozessindustrie entwickelte Systeme, die das Abschotten der Windowsbedienoberfläche für Benutzer als auch kundenspezifische Sicherheitskonzepte unterstützen. Für den Umstieg auf Thin Clients bietet die Remote-HMI-Firmware nicht nur eine einfache intuitive Einrichtung, sondern auch diverse Zusatzfunktionen. Dazu gehören etwa die Ethernet-Redundanz und ein Reconnect. Beides sorgt für Systemstabilität und Ausfallsicherheit 24 Stunden am Tag und 7 Tage die Woche.

Damit wird ein reibungsloser Umstieg auf die neue Plattform und eine Kontinuität der installierten Basis sichergestellt. Der Einstieg in die Industrie-4.0-Welt kann beginnen: Die beschriebenen Bedienstationen mit der aktuellen Remote-HMI-Firmware bringen alle Eigenschaften mit sich, die für den sicheren, komfortablen Einsatz in Industrie-4.0-Umgebungen, virtualisierten Serverstrukturen und Cloud Automation wesentlich sind.

Weil jeder Anwendungsfall anders ist, sind die Bedienstationen auch als Doppelmonitor-Lösung verfügbar.



Der Autor
Horst Friedrich,
Direktor Produkt Marketing
HMI & Kameras, R. Stahl

Wiley Online Library



R. STAHL, Waldenburg
Tel.: +49 7942 943 - 0
sales-ex@r-stahl.com · www.r-stahl.com

Verknüpfte Datenbanken in der Prozessindustrie

Mit einer sicheren Cloud-Lösung einen zählbaren Mehrwert schaffen



Keywords

- **Daten, Datenbank**
- **Netzwerk, Cloud-Lösung**
- **IT/OT-Konvergenz**
- **Instandhaltung**

Digitalisierung in der Prozessautomatisierung hat das Ziel, vor allem komplexe Problemstellungen auf einfache Art zu lösen. Manchmal macht es aber auch Sinn, sich vermeintlich einfachen Themen zu widmen, denn hier steckt ein großes, nicht direkt sichtbares Potenzial. Dies zeigt sich am Beispiel der Netilion Master Daten Integration in das SAP Business Network for Asset Management (ehemals SAP AIN). In industriellen Unternehmen verbleiben die Anlagendaten meist im jeweiligen ERP-System der Hersteller, Partner, Dienstleister und Endanwender. In den meisten Fällen bedeutet das, dass sich Mitarbeitende in zahlreiche herstellereigene Systeme einarbeiten müssen, um notwendige Informationen zu erlangen: Statistisch gesehen verbringen Mitarbeiter in Unternehmen bis zu 70 % der Arbeitszeit mit der Suche nach Informationen. Dies können einfache Informationen wie bspw. Betriebsanleitungen oder Zertifikate sein,

Jeder Hersteller in der Prozessautomatisierung baut eigene IIoT-Anwendungen und damit verknüpft eigene Cloud-Lösungen. Für die Anwender bedeutet dies aber nicht immer einen Mehrwert: oftmals muss sich das Personal in verschiedene Systeme einarbeiten, um die Informationen zu finden, die es benötigt. Dass es auch anders geht, zeigt die Integration von Informationen aus dem IIoT-Ökosystem Netilion von Endress+Hauser in führende Systeme, bspw. in das SAP Business Network for Asset Management.

oder aber auch operative Informationen wie die letzte gültige Parametrierung der jeweiligen Feldgeräte. Erfahrungswerte zeigen, dass Anwender mindestens 30 Minuten pro Woche nach gerätespezifischen Informationen suchen, bspw. auf der Homepage der Hersteller. Diese unproduktive Zeit zu reduzieren war und ist unter anderem das Ziel der Zusammenarbeit von Endress+Hauser mit dem Softwareunternehmen SAP sowie mit diversen Pilotkunden in Deutschland.

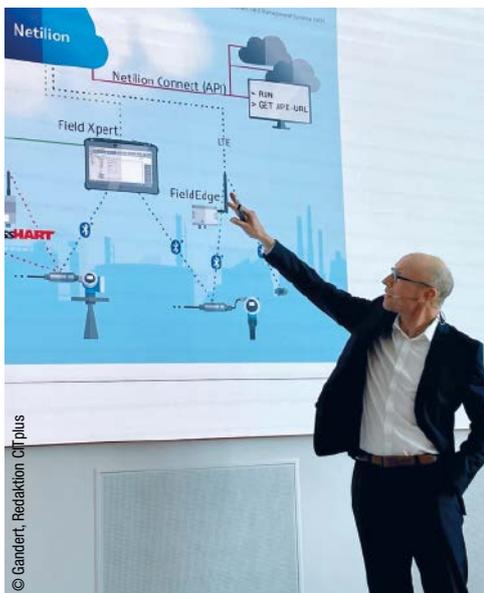
Auf dem Weg zu verbundenen Datenbanken

Dass Anwender ihre Daten in den bereits zum Einsatz kommenden Systemen integriert sehen wollen, hat Endress+Hauser schon früh erkannt und unterstützt: mit der Integration des Life-Cycle-Management-Systems W@M in SAP wurden hier die Anwenderanforderungen frühzeitig umgesetzt. Mit W@M war es möglich, direkt in SAP auf die Daten

und Informationen zu den jeweiligen Feldgeräten zuzugreifen. Mit dem IIoT-Ökosystem Netilion geht Endress+Hauser hier noch weiter: war es beim W@M eher ein Absprung aus SAP zum Endress+Hauser-Portal und noch keine vollumfängliche Integration, so stehen heute nun Möglichkeiten zur Verfügung, die es in der Vergangenheit nicht gab. Mit der Erstellung eines sogenannten Master Data Connectors mit Netilion Connect im Hintergrund ist es erstmals möglich, Daten direkt aus Netilion mit den jeweiligen Datenbankfeldern von SAP auszutauschen.

Mehrwert bei Ersatzteilbestellungen und beim Anlagenbetrieb

Durch die Synchronisation der Datenbanken stehen dem Anwender nicht nur immer automatisch die neuesten Dokumente und Zertifikate zur Verfügung, sondern auch die Ersatzteilbestellung wird optimiert. Traditionell sucht



Unplanbares planbar machen

Der Nutzen entsteht in der Kombination

Daten sollten fließen wie Strom und der Nutzen entsteht aus der Kombination und richtigen Interpretation, war eine Kernaussage von Rolf Birkhofer, Managing Director, Endress+Hauser Digital Solutions, auf dem Fachpresseevent des Unternehmens im Oktober 2022. Ein Ziel der Datenerfassung ist es, Unplanbares planbar zu machen. Julia Greuter, Product Owner, stellte dazu jedoch fest, dass 97% der Daten aus dem Feld ungenutzt bleiben. Endress+Hauser bietet dazu die Cloud-Lösung Netilion an, die es ermöglicht nicht nur Geräte von Endress+Hauser, sondern auch anderer Anbieter zu integrieren. Allerdings entsteht der Datenwert erst aus der Kombination der Faktoren Datenvolumen, Datenqualität und Datennutzung, wie Tomothy Kaufmann, Chief Innovation & Sustainability Officer, SAP, betonte. Er bezeichnet aus IT-Sicht die gewonnenen Daten als Asset. Aus den Rohdaten werden Assets generiert und aus der Analyse zur Entscheidungsfindung, zur Automatisierung oder auch für andere digitale Dienste genutzt. In der Wertschöpfungskette der Daten definiert sich der Wert schließlich in Umsatz, Kostenreduktion und Risikominimierung. Anwendungen dazu finden sich beispielsweise in einer optimierten Instandhaltung, in der Material- und Wartungskosten reduziert werden können. Voraussetzung dafür ist, dass alle Beteiligten Zulieferer und Anwender sich auf eine gemeinsame Semantik und IT-Infrastruktur verständigen. Daran arbeiten mit Endress+Hauser über 100 Unternehmen zusammen in der Open Industry 4.0 Alliance. www.openindustry4.com

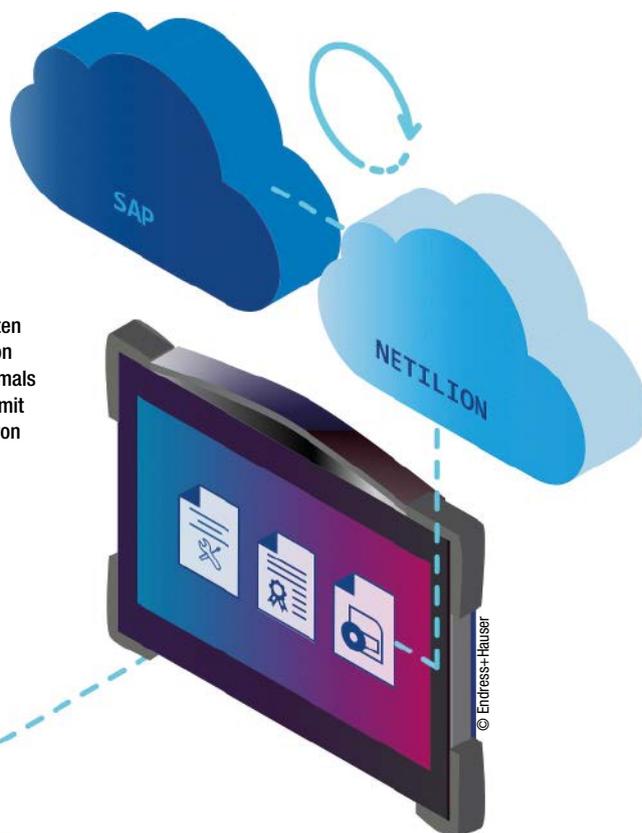
das Instandhaltungspersonal auf der Seite des Geräteherstellers nach den Informationen zu den passenden Ersatzteilen – viele Anfragen erfolgen hier sogar auch noch telefonisch. Mit der Einführung des SAP Business Network for Asset Management ist es nun hingegen möglich, die korrekten Ersatzteile innerhalb von Sekunden zu identifizieren, da die Ersatzteilerinformationen direkt bei jedem Gerät – bzw. bei dessen digitalen Zwilling in der Cloud – abgelegt werden. Dabei gehen die Funktionen des Systems sogar über ein reines Identifizieren der

Ersatzteile oder Ersatzgeräte hinaus: direkt in SAP können – eine entsprechende Implementierung und Anbindung an das SAP-System des jeweiligen Herstellers vorausgesetzt – die Bestellungen ausgelöst werden. Das spart viel Zeit und minimiert das Risiko für fehlerhafte Bestellungen.

Auch während des Anlagenbetriebs spielt die Synchronisation der beiden Datenbanken ihre Stärken aus. Eine der aufwendigeren Aufgaben des Wartungs- und Instandhaltungspersonals ist die lückenlose Dokumentation

bspw. von Konfigurationsänderungen bei den Feldgeräten oder auch die Dokumentation der Kalibrierungen. Hier wird häufig die Parametrierung ausgelesen und dann manuell dem jeweiligen Gerät zugeordnet. Mit dem Tablet-PC Field Xpert SMT70 (bzw. Field Xpert SMT77 für Ex-Anwendungen in Ex-Zone-1) von Endress+Hauser und dessen nativer Integration in Netilion geschieht der Upload und die Ablage der Dokumentationen beim jeweiligen Feldgerät komplett automatisiert. Sobald eine Parameteränderung erfasst wird und die Konfiguration im Feld auf dem Industrie-Tablet FieldXpert gespeichert wird, wird diese bei der nächsten Verbindung mit dem Internet via Netilion Library an das jeweilige Feldgerät angehängt. Dem Wartungstechniker wird damit der Aufwand der händischen Zuordnung abgenommen, was neben einer enormen Zeitersparnis auch das Risiko für fehlerhafte Zuordnung drastisch reduziert. Durch diesen vereinfachten Workflow stehen den Nutzern des SAP Business Network for Asset Management die Dokumentationen von Wartungs- und Kalibrierinsätzen in lückenloser Form zur Verfügung.

Mit der Erstellung eines sogenannten Master Data Connectors mit Netilion Connect im Hintergrund ist es erstmals möglich, Daten direkt aus Netilion mit den jeweiligen Datenbankfeldern von SAP auszutauschen.



Elektronisches Handover der Projektdokumentation

Die Schnittstelle kann ebenfalls als Tool für ein komplett digitales Projekt-Handover verwendet werden. Derzeit werden häufig noch Excel-Listen während der Projektphase gepflegt. Sobald die Geräte final bestellt werden, wird die Dokumentation wahlweise in Papierform oder als elektronischer Download zur Verfügung gestellt. Auch muss der digitale Zwilling im Anwender-eigenen SAP-System noch manuell erstellt und mit Inhalt gefüllt werden. Hier kann die SAP Master Daten Integration den Workflow deutlich vereinfachen: Sobald die bestellten Feldgeräte die Herstellerwerke verlassen, wird ein digitaler Zwilling des Gerätes in Netilion

erstellt, welcher vollumfänglich alle relevanten Dokumente zum jeweiligen Gerät enthält. Über die Schnittstelle werden diese Informationen dann in das Anwender-eigene SAP Business Network for Asset Management übermittelt. Dem Anwender stehen damit zu jedem Gerät und, wenn dies zu diesem Zeitpunkt bereits bekannt ist, zu jeder Messstelle die notwendigen Asset-Informationen zur Verfügung.

Wie es weitergeht: Condition Monitoring und vorausschauende Wartung

Sind das Onboarding der Assets erledigt und die digitalen Zwillinge der Feldinstrumente erstellt, ist hiermit der Grundstein für weitere Use Cases gelegt, die zu den komplexeren Themen der Wartung gehören. Wird eine Verbindung vom SAP Business Network for Asset Management mit der installierten Basis via Edge Device erstellt, so können auf einfache Art und Weise die Zustände der Assets überwacht werden. Die im System verfügbaren Informationen können dann wiederum für zielgerichtete Wartungsmaßnahmen ohne Zeit-

verlust eingesetzt werden. Zukünftig wird der Fokus vom reinen Condition Monitoring der angeschlossenen Assets verstärkt auf die vorausschauende Wartung verlegt werden.

Fazit: Datenintegration schafft direkt Mehrwerte

Mit der SAP Master Data Integration ist es bereits heute möglich, die Gerätestammdaten der Anlagen-Assets in der Prozessindustrie schnell und unkompliziert in die SAP-Systeme der Anlagenbetreiber zu überspielen und den Anwendern direkte Mehrwerte zu erschließen. Wie oben aufgezeigt liegen diese z.B. in der besseren Verfügbarkeit von Asset-Informationen, in einem stark vereinfachten Ersatzteilmanagement, in einer lückenlosen, fehlerfreien und zeitsparenden Dokumentation sowie in Funktionen für komplexere Themen bei der Wartung und Instandhaltung – bis hin zum Condition Monitoring und perspektivisch zur Umsetzung von echter vorausschauender Wartung.

Neben SAP Business Network for Asset Management wurden von Endress+Hauser

bereits auch andere Systeme auf ähnliche Weise angebunden. Generell bietet dies Art der Konnektivität einen Mehrwert für Anlagenbetreiber sowie für Anwender, denn sie sorgt dafür, dass die Systeme sich gegeneinander öffnen und Datenpotentiale nutzbar werden.



Der Autor

Steffen Ochsenreither,
Business Development
Manager IoT/Industrie 4.0,
Endress+Hauser Deutschland

Wiley Online Library



Endress+Hauser (Deutschland) GmbH+Co. KG,
Weil am Rhein

Tel.: +49 7621 975-01 · www.de.endress.com

Sensortechnik inklusive Cybersicherheit für erhöhten Anlagenschutz

Cybersecurity nimmt in der Vernetzung von Anlagen bis zu den Sensoren in der Feldebene einen immer größeren Stellenwert ein. Die IT/OT-Konvergenz erfordert nicht nur immer größeres Expertenwissen der verschiedenen Disziplinen, sondern auch technische Lösungen, damit vernetzte Messgeräte nicht zu Einfallstoren für Cyberangriffe werden. Der Schwarzwälder Hersteller von Füllstand-, Grenzstand- und Druckmesstechnik Vega hat dafür eine technische Lösung entwickelt. Im Januar 2023 lieferte er den weltweit wohl ersten Füllstandsensoren mit integrierter Cybersecurity an seine Kunden aus. Das Unternehmen will damit ein starkes Zeichen gegen die auch industrieweit zunehmende Bedrohung durch Cyber-Kriminelle setzen. Der Radarsensor Vegapuls 6X passt mit der Dokumentation perfekt in den maßgeschneiderten Karton und erhält am Ende der Verpackungslinie sein Versandetikett. Adresse: Ein Chemieunternehmen in Nordhessen. Doch was beim Kunden ankommt, ist etwas anderes als alle bislang am Markt erhältlichen Füllstandsensoren. Integriert bringt der Sensor erstmals zusätzlichen Anlagenschutz mit. Er ist nach der Cyber-Sicherheitsnorm IEC 62443-4-2 entwickelt worden und erfüllt damit die höchsten Standards, die derzeit in der Prozessindustrie zur Verfügung stehen.



Entwickelt und zertifiziert nach
IEC 62443-4-2 erfüllt der
Radar-Füllstandsensoren Vegapuls 6X
die höchsten Standards, die zur
Verfügung stehen.

„Messdaten jederzeit sicher zu nutzen, ist inzwischen eine der wichtigsten Anforderungen unserer Kunden“, sagt Florian Burgert, der die Konzeption des universellen Füllstandsensors ab Schritt 1 mitbegleitet hat. „Wir hören das aus beinahe allen Branchen.“ Für eine tiefgreifende Sicherheit müsse daher nicht nur die Anlage an sich sicher sein, sondern auch alle eingebauten Komponenten den Standards entsprechen. Gerade beim Thema Cybersicherheit geht es in der Industrie um Verlässlichkeit und darum, neusten Bedrohungen einen Schritt voraus zu sein. VEGA will sich jedoch nicht auf dem ersten lieferfähigen Gerät nach IEC 62443 ausruhen. Mit der Zertifizierung als Leitfaden wird das Unternehmen künftige Produkte von Beginn an nach allen bestehenden Sicherheitsanforderungen entwickeln. Schutzmaßnahmen werden konsequent ausgebaut, um auch in Zukunft die verlässliche Basis für einen sicheren Anlagenbetrieb zu schaffen.

www.vega.com



© Travel mania – shutterstock.com, toğra idun – shutterstock.com

Neue Automatisierungstechnik in Brownfield-Anlagen

Anwendungsspezifische Systemverkabelung für den Umstieg auf eine moderne Steuerungstechnik



Keywords

- **Systemverkabelung**
- **Feldebene**
- **Brownfield-Anlagen**
- **Automatisierung**
- **Steuerungstechnik**

Anlagen laufen meist über viele Jahrzehnte, wobei sich die in ihnen gefertigten Produkte oder der Stand der Technik in deutlich kürzeren Abständen ändern. Da eine Neuanschaffung häufig zu teuer ist, müssen die Brownfield-Anlagen daher an die neuen Rahmenbedingungen adaptiert werden. Eine anlagenspezifische Systemverkabelung unterstützt beim zuverlässigen und schnellen Umstieg auf eine moderne Steuerungstechnik.

Die Anfänge der Systemverkabelung datieren auf Ende der 1980er Jahre. Neben der Einzeladerverdrahtung etablierten sich erste Plug-and-Play-Lösungen auf dem Markt. Im Laufe der Zeit wurden sie dann zu einem festen Bestandteil der Schaltschrankkonzepte für industrielle Anlagen, denn der Vorteil der Systemverkabelungslösungen liegt auf der Hand: eine fehlerfreie und schnelle Verdrahtung wegen des vorgegebenen Systemgedankens, den Phoenix Contact durch sein stetig wachsendes Produktportfolio maßgeblich mitgeprägt hat. Während der Jahre stiegen die Anforderungen an die Systemverkabelung: Technische Innovationen hielten Einzug in die Automatisierungswelt, Steuerungskonzepte veränderten

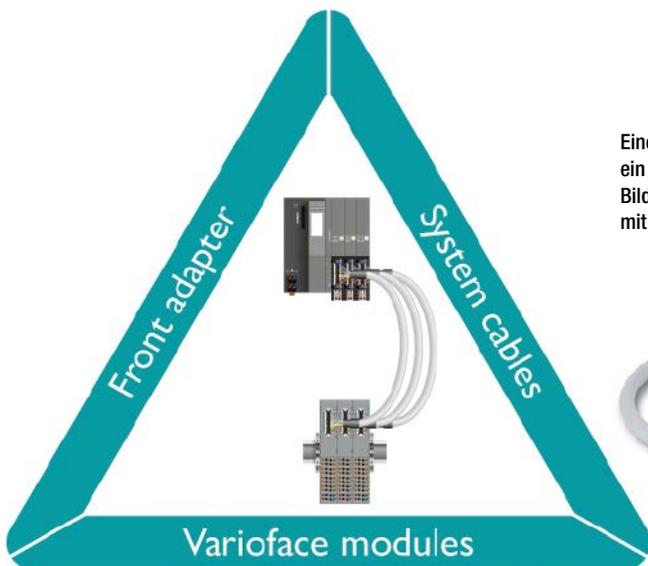
sich und die Bedürfnisse der Anwender wurden immer individueller. Wird die Verdrahtung von Signalen in industriellen Anlagen aus heutiger Sicht betrachtet, stoßen die Anwender aufgrund der weltweit unterschiedlichen Systeme mit Standardprodukten oftmals an ihre Grenzen. Der Schlüssel zu erfolgreichen Projekten liegt deshalb meist in einer individuell angepassten Produktlösung, die das Standard-Produktportfolio ergänzt. Denn Aufgaben wie eine Anlagenerneuerung unter Beibehaltung der Feldverdrahtung, der Austausch alter Steuerungs- und Leitsysteme innerhalb von kurzer Zeit sowie die Erweiterung der Bestandsanlagen um aktuelle Steuerungstechnik erfordern mitunter eine spezifische Lösung.

Planungsbegleitende und eng abgestimmte Zusammenarbeit

Wird das Konzept der Systemverkabelung im Detail verfolgt, setzt es sich aus drei wesentlichen Bestandteilen zusammen:

- der Ankopplung der I/O-Signale an die Steuerung, wobei zum Beispiel ein Systemstecker oder ein Frontadapter zum Einsatz kommt,
- der Verteilung der Feldsignale über fertig konfektionierte Kabel,
- der Anbindung der Feld- oder Rangierebene mit entsprechenden Übergabemodulen an die Steuerungsebene.

Die Grundlage für eine individuelle Kundenlösung findet sich genau in diesen drei Bau-



Das Prinzip der modularen Systemverkabelung:
Die drei Einzelkomponenten bilden im Verbund den Systemgedanken.

Eine neue Steuerung erfordert möglicherweise ein neues Spannungsversorgungskonzept. Das Bild zeigt ein individuelles D-SUB-Systemkabel mit zusätzlicher Spannungseinspeisung.



© Phoenix Contact

steinen. Daher bietet Phoenix Contact die Möglichkeit, spezifische Sonderlösungen und Lösungsansätze planungsbegleitend sowie in enger Zusammenarbeit mit dem Anwender in einer unternehmenseigenen Fachabteilung zu erarbeiten. Die enge Abstimmung zwischen dem Auftraggeber und dem Vertriebsteam des Anbieters sowie intern zwischen den Bereichen Entwicklung und Produktion erlaubt die genaue Erfassung der Anwenderbedürfnisse, der technischen Realisierung und der wirtschaftlichen Parameter. Als Ergebnis erhält der Auftraggeber innerhalb eines überschaubaren Zeitraums eine individuelle Lösung.

Spezielle Anpassung von Standardprodukten oder komplette Neuentwicklung

Wie sehen solche spezifischen Lösungen nun im Kontext der Systemverkabelung aus? In der Regel basieren die Konzepte auf einem Standardartikel, der einem speziellen Wunsch des Anwenders unterliegt. Je nach Produkt kann dieser Wunsch erheblich variieren. Häufig geht es um die Nutzung einer alternativen Anschluss-technik. Einige Anwender präferieren den Push-in- oder Zugfederanschluss gegenüber der Schraubanschluss-technik. Oder anstelle einer fest eingelöteten Printklemmen wird nach einer steckbaren respek-

tive modularen Leiterplattenklemme verlangt. Manchmal betreffen die Modifikationen lediglich einen kleinen Bereich. Beispielsweise soll eine andere Kunststofffarbe verwendet oder eine anwenderspezifische Beschriftung aufgebracht werden.

Natürlich kann es sich bei einer individuellen Lösung ebenfalls um die komplette Neuentwicklung eines Artikels handeln. Bei der I/O-Ankopplung an die Steuerung oder der Anbindung der Feld- und Rangierebene an die Steuerungsebene betrifft dies oftmals eine Platinen-basierende Lösung. Eine Neuentwicklung stellt eine Option dar, die im Ein-

Spezielles Y-Kabel für eine redundante Signalverteilung.



© Phoenix Contact

Geringere Aufbauhöhe durch gewinkelten D-SUB-Steckverbinder

Das Produktportfolio von Phoenix Contact umfasst ein breites Spektrum an vorkonfektionierten D-SUB-Systemkabeln. Zur Auswahl gibt es 9- bis 50-polige Kabel, die in variablen und festen Längen bestellbar sind. Darüber hinaus stehen halogenfreie Kabel zur Verfügung. Trotz des umfangreichen Angebots ist manchmal eine Sonderlösung erforderlich. So auch in einem Projekt, in dem eine in einem Gehäuse befindliche Backplane Signale über ein D-SUB-Systemkabel verteilen sollte. Aufgrund der geringen Platzverhältnisse im Gehäuse schied eine Lösung mit geraden D-SUB-Steckverbindern von vornherein aus. Gleiches galt für eine kundenseitige Änderung der Anschlüsse auf der Backplane oder eine Modifikation des Gehäuses.

Der naheliegendste Ansatz für das Platzproblem war eine Anpassung der in diesem Fall zu hoch aufbauenden geraden D-SUB-Steckverbinder. Durch die Verwendung von um 45 Grad gewinkelten D-SUB-Varianten reduzierte sich die Aufbauhöhe, sodass weder die Backplane noch das Gehäuse adaptiert werden musste. Die individuelle Pinbelegung sowie die Ausrichtung des D-SUB-Einsatzes im Schalengehäuse des Steckverbinders erfolgte in Abstimmung mit dem Kunden. Diese maßgeschneiderte Lösung wird heute weiterhin genutzt.



© Phoenix Contact

Der Adapter macht aus den Reihenklemmen nachträglich eine Systemschnittstelle.

zelfall auf der Grundlage ihres Komplexitätsgrads genauer zu durchdenken ist. Im Fokus stehen dabei die technische Funktion, Umsetzbarkeit sowie die wirtschaftlichen Parameter: Wird eine andere Anschlusstechnik benötigt oder unter Umständen sogar ein spezielles Gehäuse? Ist eine besondere Zulassung erforderlich? Bedarf es eines anderen Platinen-Layouts? Oder kommt diesen Parametern keinerlei Bedeutung zu? Diese und weitere Fragen lassen erahnen, wie individuell und letztendlich komplex eine Lösung aussehen kann, denn möglich ist vieles.

Individuell abgelängtes und geprüftes Systemkabel

Auch im Bereich der Systemkabel lässt sich durch die Modifikation bereits im Produktportfolio von Phoenix Contact vorhandener Systemkabel eine maßgeschneiderte kundenspezifische Lösung realisieren. Bei den Kabeln erweisen sich individuelle Längen als ein nicht zu unterschätzender Aspekt. Geht es um ein Anlagenretrofit, ist der Platzbedarf meist vorgegeben. Aufgrund des begrenzten Raums im Schaltschrank können die Kabel also nicht in mehrere Meter langen Schlaufen verlegt

werden. Doch nicht nur die Kabellänge spielt eine entscheidende Rolle. Darüber hinaus ist die Frage zu klären, ob sich das Kabel für die geforderte Spezifikation eignet. Wie viele Signale werden benötigt? Passen die Aderanzahl, der Querschnitt und die Systemsteckverbinder zu der jeweiligen Applikation? Bedingt die Rangierebene einen Adapter oder ein Übergabemodul? Und wie gestaltet sich ein eventuell notwendiges Schirmungskonzept?

Ebenso wie bei Platinen-basierenden Lösungen müssen bei einer Modifikation von Systemkabeln die technische Funktion, die Umsetzbarkeit sowie die wirtschaftlichen Parameter bewertet werden. Am Ende des Anpassungsprozesses steht ein geprüftes Systemkabel, das genaustens auf die jeweiligen Systemstecker der I/O-Karten und deren Übergabemodule abgestimmt ist.

Zeitlich überschaubare Umsetzung des Projekts

Im Zusammenspiel mit dem Produktportfolio von Phoenix Contact bietet eine anwendungsspezifische Systemverkabelung die Möglichkeit, innerhalb eines überschaubaren Zeitrahmens individuelle Lösungskonzepte zu

erstellen. Durch derartige Ansätze ergeben sich Einsparungen bei der Umrüstzeit bestehender Applikationen, die Anlagenverfügbarkeit wird priorisiert und der Betreiber kann seine Anlage zuverlässig sowie auf dem modernsten Stand der Technik um- oder ausbauen. Letztendlich wird der Systemgedanke weiter gestärkt.



Der Autor

Burkhard Schollähn,
Produktmanager im Bereich
Interface Components,
Phoenix Contact Electronics



Wiley Online Library

Phoenix Contact Electronics, Bad Pyrmont
Automatisierung und Safety
Tel.: +49 5235 311 00-0
support@phoenixcontact.de · www.phoenixcontact.de

Thermische Luftstromwächter mit IO-Link-Schnittstelle

EGE präsentiert neue Luftstromwächter mit IO-Link-Schnittstelle und zusätzlicher Temperaturmessung. Die Sensoren für gasförmige nichtexplosive Medien sind in zwei Bauformen erhältlich: LN 520 GPL mit Glatthülse mit 20 mm Durchmesser sowie LG 518 GPL mit M18x1-Außengewinde. Sie messen Strömungsgeschwindigkeiten von 0,5 bis 15 m/s und Temperaturen von -20 °C bis +70 °C. Grenzwerte und weitere Betriebsparameter können über die IO-Link-Schnittstelle frei eingestellt werden. Die Sensoren speichern die Minimal- und Maximalwerte im Gerät. Far-

biges LEDs am Kabelabgang signalisieren den Strömungszustand, das Erreichen eingestellter Grenzwerte, die Verbindung zu einem IO-Link-Primary oder unterstützen durch Blinken das Auffinden in größeren Anlagen. Für die Weiterverarbeitung stehen im SIO-Mode der PNP-Schaltausgang oder im IO-Link-Betrieb die Prozessdaten mit Messwerten für Strömung und Temperatur zur Verfügung. Der Strömungsmesswert bildet den Luftstrom nichtlinear ab. Die Luftstromwächter entsprechen Schutzart IP67 und erfüllen die aktuelle IO-Link-Spezifikation V 1.1.3. Die Reaktions-



zeiten liegen im Bereich von 2 bis 20 s für Strömungsänderungen und <15 s für Temperaturänderungen. Das Modell mit Glatthülse wird inklusive Montageflansch geliefert.

www.ege-elektronik.com

Bestes Netz auch im Ex-Bereich



© Pepperl+Fuchs

Für Sicherheit und uneingeschränkte Vernetzung in der Industrie 4.0 sorgt die Pepperl+Fuchs Marke ECOM Instruments mit einem intelligenten Ecosystem aus eigen-sicheren Geräten: Smartphones, Tablets, Smart Glasses und passenden Peripheriegeräten.

Die Mobile Devices sind nach IECEx, ATEX und NEC zertifiziert – so steht mobilen Smart-Factory-Applikationen in explosionsgefährdeten Bereichen nichts im Weg. Zur Kommunikation und Sicherheit der Mitarbeiter in der Anlage tragen auch digitale Push-to-Talk Lösungen bei, die dank der speziellen Funktionen der mobilen Geräte und einem professionellen Netzwerk zuverlässige Konnektivität gewährleisten. Der Hersteller arbeitet nun mit Ericsson, einem Unternehmen im Bereich der Mobilkommunikation, zusammen und beschleunigt die Einführung unternehmenseigener Campusnetzwerke für die Prozessindustrie, der Offshore- und Bergbau-Industrie mit einem Portfolio vorintegrierter Netzwerklösungen. Herkömmliche Wireless-Technologien wie Wi-Fi stoßen in geschäfts- und unternehmenskritischen Applikationen oft an ihre Grenzen. Daher gilt 5G als Schlüssel für die digitale Transformation. Denn Industrie-4.0-Applikationen sind auf eine lückenlose Netzabdeckung angewiesen – auch in weitläufigen oder abgelegenen Anlagen. Mit der neuen Generation Private 5G bietet Ericsson eine private Netzwerklösung, die dank Single-Server-Dual-Mode-Kern eine zuverlässige 4G- und 5G-Konnektivität sicherstellt.

www.ecom-ex.com

Wiley Online Library

Membranschieber und Rückschlagklappen

Die CEA Chemie- und Energie-Armaturen übernimmt den Exklusivvertrieb der gummierten Membranschieber und Rückschlagklappen der NIBUS S+S. Deren besondere Konstruktion gewährleistet den nahezu ungehinderten Durchgang des Mediums bei gleichzeitig komplettem Korrosionsschutz. Die CE-zertifizierten Membranschieber A1a verfügen über eine spezielle Schutzgummierung aus technischen Elastomerwerkstoffen mit langlebigem Schutz gegen Korrosion und Abrasion. In Nennweiten von DN 15 bis DN 350, für Temperaturen bis 80 °C in der Standardausführung und Temperaturen bis 120 °C in der Sonderausführung können die Absperrschieber in verschiedensten, auch stark korrosiven Medien eingesetzt werden. Weitere CE-zertifizierte Produkte sind die S+S B10a (Kurzbauweise) und B4w Rückschlagklappen in den Nennweiten DN 15 bis DN 300. Selbst bei abrasiven Medien weisen sie eine sehr hohe Dichtigkeit auf. Ersatzteile für bereits verbaute Armaturen können problemlos geliefert werden. Das Leistungsspektrum umfasst die technische Beratung, Funktionsüberprüfungen, Instandsetzung und Optimierung von Gummiauskleidungen, Automatisierungen und Umrüstungen sowie, im Sinne der Nachhaltigkeit, die Komplettaufarbeitung von gummierten Regel- und Absperrarmaturen.

www.cea-lu.de

Gasentnahmesonden für explosionsgefährdete Bereiche

Bühler Technologies hat jetzt das Einsatzgebiet des bisher schon umfangreichen Programmes an rückspülbaren Sonden für explosionsgefährdete Bereiche erweitert. Bei der Auswahl der endgültigen Ausführung sollte auch die Frage des Wartungsaufwandes betrachtet werden. Unter dem Gesichtspunkt der laufenden Kosten sind rückspülbare Gasentnahmesonden die bessere Lösung.



© Bühler Technologies

Beim Rückspülen wird der größte Teil des angesammelten Schmutzes im laufenden Betrieb in den Prozess zurückbefördert. Das Filterelement muss in der Regel nur gewechselt werden, wenn sich Anbackungen bilden bzw. nach langer Betriebszeit das freie Porenvolumen soweit reduziert ist, dass der Druckverlust über das Filterelement zu groß wurde. Für die Abreinigung ist Luft aus dem normalen Druckluftnetz völlig ausreichend. Während des Rückspülstoßes wird die Messgasleitung kurz geschlossen um die Intensität des Impulses zu verbessern. Im Fall explosionsgefährdeter Bereiche muss die Einteilung immer abhängig von der Zone innerhalb der Gasentnahmesonde sowie der Zone der umgebenden Atmosphäre außerhalb des Geräts getroffen werden. Geordnet nach der Außenzone 1 und 2 können die mit dem Zusatz „Ex1“ gekennzeichneten Sonden nun auch in durch Staub gefährdeten Ex-Bereichen eingesetzt werden. Dafür liegen Zulassungen nach ATEX und IECEx sowie die entsprechenden Staubzonen 20/21 vor. Je nach Ausführung verfügen die Gasentnahmesonden über DIN-Flansche, Wetterschutzgehäuse und Druckluftbehälter aus Edelstahl. Bei den Varianten mit Sicherheitsfilter kann dieser einfach und ohne Werkzeug gewechselt werden.

www.buehler-technologies.com



Explosionsschutzprodukt für abrasive Stäube

Die Rico Sicherheitstechnik mit Sitz im schweizerischen Herisau wird im Frühjahr 2023 mit dem Redex-Ball ein neues, eigenständiges Produkt im Bereich der explosionstechnischen Entkopplung auf den Markt bringen. Der Kugelhahn ist für den Einsatz im Bereich der pneumatischen Förderung bei gleichzeitigem Explosionsschutzbedarf geeignet. Als optimales Anwendungsgebiet sieht der Anbieter Umgebungen, in denen abrasive Medien gefördert werden und eine hohe Staubbelastung vorherrscht – wie bspw. im Rahmen von Silo-Befüllungen. Kleine Nennweiten und mögliche Überdrücke stellen für den Einsatz der Armatur, die in den Größen DN50, DN65, DN80 und DN100 erhältlich ist, kein Problem dar. Die Schnellauslösung erfolgt im Explosionsfall rein pneumatisch. Darin unterscheidet sie sich von den bestehenden Lösungen zur explosionstechnischen Entkopplung, wie bspw. Explosionsschutzschiebern aus dem Hause Rico. Die Anschlussflansche entsprechen wahlweise der EN 1092-1 in den Druckstufen PN 10 oder PN 6 und sämtliche medium-berührenden Teile sind FDA konform ausgelegt. Aufgrund seiner robusten Bauweise – wahlweise ausgeführt in Edelstahl 1.4301 oder 1.4404 – ist der Explosionsschutzkugelhahn unempfindlich gegenüber Abrasion und zudem sehr langlebig.



© Rico

www.rico.ch

Anlagentechnik

Armaturen



**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@gemu.de
<http://www.gemu-group.com>

Armaturen



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

Dichtungen



**RCT Reichelt
Chemietechnik GmbH + Co.**
Englerstraße 18 · D-69126 Heidelberg
Tel.: 06221/3125-0 · Fax: -10
info@rct-online.de · 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
<http://www.lutz-pumpen.de>



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

Pumpen



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
www.jesspumpen.de

Pumpen, Zahnradpumpen



Beinlich Pumpen GmbH
Gewerbestraße 29
58285 Gevelsberg
Tel.: 0 23 32 / 55 86 0
Fax: 0 23 32 / 55 86 31
www.beinlich-pumps.com
info@beinlich-pumps.com

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

Regelventile



**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@gemu.de
<http://www.gemu-group.com>

Reinstgasarmaturen



**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@gemu.de
<http://www.gemu-group.com>

Rohrbogen/Rohrkupplungen



HS Umformtechnik GmbH
Gewerbestraße 1
D-97947 Grünsfeld-Paimar
Telefon (0 93 46) 92 99-0 Fax -200
kontakt@hs-umformtechnik.de
www.hs-umformtechnik.de

Strömungssimulationen



Ihr Spezialist für
Strömungssimulationen
in der Verfahrenstechnik.
www.proceng.ch

Ventile



**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@gemu.de
<http://www.gemu-group.com>

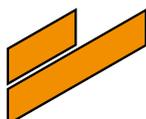
Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung



Spökerdamm 2
25436 Heidgraben
Tel. +49(0)4122 922-0
info@helling.de
www.helling.de

Ingenieurbüros

Biotechnologie



Vogelbusch Biocommodities GmbH
A-1051 Wien, PF 189
Tel.: +431/54661, Fax: 5452979
vienna@vogelbusch.com
www.vogelbusch-biocommodities.com

*Fermentation, Destillation
Evaporation, Separation
Adsorption, Chromatographie*

Lager- und Fördertechnik

Dosieranlagen

ProMinent Dosiertechnik GmbH
Im Schuhmachergewann 5-11
D-69123 Heidelberg
Tel.: 06221/842-0, Fax: -617
info@prominent.de
www.prominent.de

Mechanische Verfahrenstechnik

Koaleszenzabscheider



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

Magnetfilter & Metallsuchgeräte

GOUDSMIT MAGNETICS GROUP BV
Postfach 18 / Petunialaan 19
NL 5580 AA Waalre
Niederlande
Tel.: +31-(0)40-2213283
Fax: +31-(0)40-2217325
www.goudsmitmagnetics.com
info@goudsmitmagnetics.com

Tröpfchenabscheider



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

Vibrationstechnik



ALDAK VIBRATIONSTECHNIK
pneumatische Vibratoren + Klopfer
Redcarstr. 18 • 53842 Troisdorf
Tel. +49 (0)2241/1696-0, Fax -16
info@aldak.de • www.aldak.de



Messtechnik

**Aerosol- und
Partikelmessetechnik**



Seipenbusch particle engineering
76456 Kuppenheim
Tel.: 07222 9668432
info@seipenbusch-pe.de
www.seipenbusch-pe.de

Durchflussmessung



**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
http://www.gemu-group.com

Ventile



**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
http://www.gemu-group.com

**Thermische
Verfahrenstechnik**

Abluftreinigungsanlagen



ENVIROTEC® GmbH
63594 Hasselroth
06055/88 09-0
info@envirotec.de · www.envirotec.de

Venjakob®
U MWELTTECHNIK
www.venjakob-umwelttechnik.de
mail@venjakob-ut.de

**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
www.wk-gmbh.com

Vakuumsysteme

www.vacuum-guide.com

(Ing.-Büro Pierre Strauch)
*Vakuumpumpen und Anlagen
Alle Hersteller und Lieferanten*

Verdampfer



GIG Karasek GmbH
Neusiedlerstrasse 15-19
A-2640 Gloggnitz-Stuppach
phone: +43/2662/427 80
Fax: +43/2662/428 24
www.gigkarasek.at

Wärmekammern



Will & Hahnenstein GmbH
D-57562 Herdorf
Tel.: 02744/9317-0 · Fax: 9317-17
info@will-hahnenstein.de
www.will-hahnenstein.de

**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



**Reichert
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



Alino	49	Flexco Europe	38	KSB	38, 49	Rico Sicherheitstechnik	48
Analytik Jena	12	Fraunhofer-Einrichtung Forschungs- fertigung Batteriezele (FFB)		Lutz-Pumpen	49	Seipenbusch particle engineering	50
AZO	25	Batteriezele FFB	23	Maschinenfabrik Gustav Eirich	21	SEW-Eurodrive	9
Beinlich Pumpen	49	Gemü	49, 50	Meorga	5, 7, 8, Beilage	Siemens Digital Industries Software	12
Beumer Group	39	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh)	7	Mettler-Toledo	39	SSB Wägetechnik	34
Kubota Brabender Technologie	38	GIG Karasek	50	Netter Vibration	49	VDI Wissensforum	7
Bühler Technologies	48	Göhler Anlagentechnik	26, 31	Noge	49	VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (VDI-GVC)	10, 14
Bürkert Fluid Control Systems	36, 38	Goudsmit Magnetics Systems	49	NSB gas processing	50	Vega Grieshaber Instruments	44, 4, US
CEA Chemie- und Energie-Armaturen	48	Greif-Velox Maschinenfabrik	30	Palas	50	Venjakob	50
Coperion	33	Hannover-Messe	7	Pepperl+Fuchs	48	Vincenz Network	7
Dechema	8, 14	Helling	49	Phoenix Contact Electronics	46	Vogelbusch	49
Easyfairs Deutschland	7, 8, 29, Beilage	Hima Paul Hildebrandt	8	Proceng Moser	49	Vogelsang	39
Ecom	48	HS Umformtechnik	49	Prominent Dosiertechnik	49	Will & Hahnenstein	50
EGE-Elektronik	47	Ing.-Büro Pierre Strauch	50	Pumpen Center Wiesbaden	49	Witte	49
Endress+Hauser	9, 12, 42, Beihefter	Jessberger	49	R. Stahl	40	WK Wärmetechnische Anlagen-, Kessel- und Apparatebau	50
Envirotec	50	Karlsruher Institut für Technologie (KIT)	10, 16, 23	RCT Reichelt Chemietechnik	49, 50, Beilage	Ystral Maschinenbau & Processtechnik	19, 23
Evonik Creavis	20			Rembe Safety + Control	3, 32		
Findeva	13, 49						

Impressum

Herausgeber

GDCh, Dechema e. V., VDI-GVC

Verlag

Wiley-VCH GmbH
Boschstraße 12, 69469 Weinheim
Tel.: 06201/606-0, Fax: 06201/606-100
citplus@wiley.com, www.gitverlag.com

Geschäftsführer

Sabine Haag
Dr. Guido F. Herrmann

Director

Roy Opie

Publishing Director

Dr. Heiko Baumgartner

Produktmanager

Dr. Michael Reubold
Tel.: 06201/606-745
michael.reubold@wiley.com

Chefredakteurin

Dr. Etwina Gandert
Tel.: 06201/606-768
etwina.gandert@wiley.com

Redaktion

Dr. Volker Oestreich
voe-consulting@web.de

Redaktionsassistentin

Bettina Wagenhals
Tel.: 06201/606-764
bettina.wagenhals@wiley.com

Fachbeirat

Dr. Hans-Erich Gasche,
Bayer, Leverkusen
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 2023

10 Ausgaben im Jahr
Druckauflage 20.000
(IVW Auflagenmeldung:
Q4 19.880 tvA)

Bezugspreise Jahres-Abonnement 2023

10 Ausgaben 225 €, zzgl. MwSt.
Schüler und Studenten erhalten
unter Vorlage einer gültigen
Bescheinigung 50 % Rabatt.
Im Beitrag für die Mitgliedschaft bei der
VDI-Gesellschaft für Chemieingenieur-
wesen und Verfahrenstechnik (GVC) ist
der Bezug der Mitgliederzeitschrift
CITplus enthalten.
CITplus ist für Abonnenten der Chemie
Ingenieur Technik im Bezugspreis enthal-
ten. 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@vusevice.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 (Litho)
Andreas Kettenbach (Layout)

Anzeigen

Zurzeit gilt die Anzeigenpreislise
vom 1. Oktober 2022

Stefan Schwartze
Tel.: 06201/606-491
stefan.schwartze@wiley.com

Thorsten Kritzer
Tel.: 06201/606-730
thorsten.kritzer@wiley.com

Marion Schulz
Tel.: 06201/606-565
marion.schulz@wiley.com

Sonderdrucke

Bei Interesse an Sonderdrucken,
wenden Sie sich bitte an
Marion Schulz, mschulz@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 eingesandte Manuskripte
übernehmen wir keine Haftung! Nachdruck, auch
auszugsweise, nur mit Genehmigung der Redakti-
on 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
gesellschaftsrechtliche 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



WIR MACHEN NICHT HUNDERT
SACHEN. WIR MACHEN
EINEN RADARSENSOR FÜR ALLES.
THE 6X®. NEU VON VEGA.

Was auch immer Sie messen wollen, welche Frequenz auch immer Sie verwenden: Der VEGAPULS 6X kann alles. Sagen Sie uns einfach, was Sie brauchen. Und wir machen es einfach. Indem wir unseren neuesten Radar-Füllstandsensor an Ihre Bedürfnisse anpassen. Damit ist die Frage „Welcher Sensor ist der Richtige?“ irrelevant – und Ihr Leben viel einfacher.

VEGA. HOME OF VALUES.

www.vega.com/radar

VEGA