



**Sonderteil**  
Pharma- und  
Biotechnologie

**10** Im Profil: Prof. Dr.-Ing. Sebastian Engell

**14** Natürliche Kältemittel für die Tieftemperaturkühlung

**24** Dichtheitsnachweis nach TA Luft

**30** NAMUR-Technologie Roadmap Prozess-Sensoren 2027+

**36** Prozessanalytik für Elektrolyseure

**40** Sorgfältiger Umgang mit Hochkonzentraten

CITplus, das Magazin für die Mitglieder von ProcessNet, wird herausgegeben von GDCh, Dechema und VDI-GVC



GEBOREN, WO MAN WERT  
AUF WERTE LEGT.  
**THE 6X®. NEU VON VEGA.**

Technik ist immer so gut, wie die Menschen, die sie machen. Daher ist der neue Radar-Füllstandsensoren VEGAPULS 6X das Ergebnis von rund 1.800 wertvollen Mitarbeitern, über 60 Jahren Messtechnik-Erfahrung und jedem Wert, der in VEGA steckt.

**VEGA. HOME OF VALUES.**

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

**VEGA**

# Erfolg durch Zusammenarbeit

Eigentlich wollte ich ein Editorial schreiben über die Welt nach Corona, ob sie eine andere sein wird als vorher. Ich wollte die Frage diskutieren, ob das Virus eine weltverändernde Wirkung hat oder ob es nur viele Prozesse beschleunigt, die sowieso auf uns zugekommen wären – Homeoffice statt Großraumbüro, virtuelle Treffen statt Präsenzveranstaltungen, Einkaufen über das Internet statt flanieren in der Einkaufsmeile, wachsende Egoismen statt gemeinwohlorientiertes Handeln.

Ich wollte über das Erstaunen und die Begeisterung berichten, das viele Mitwirkende der NAMUR Roadmap „Prozess-Sensoren 2027+“ – über die wir in dieser Ausgabe ausführlich berichten – mir gegenüber geäußert haben. So sagte Dr. Monika Heisterkamp, Director Marketing bei Endress+Hauser Liquid Analysis: „Das volle Potenzial der Digitalisierung wird nur durch gemeinsames Handeln von Herstellern, Anwendern und Academia ausgeschöpft.“ Und Frank Gruembel, Leiter Prozessanalysetechnik bei Lanxess, äußerte sich: „Die konstruktive und partnerschaftliche Zusammenarbeit im Team hat zum gegenseitigen Verständnis beigetragen und führt zur Standardisierung von Digitalisierungsmaßnahmen zum allseitigen Nutzen.“ Dr. Armin Lambrecht vom Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik brachte es auf den Punkt: „Die Prozesssensorik wird digital. Passend dazu wurden auch die Thesen der NAMUR Technologie-Roadmap von 20 Experten in einer Serie von digitalen Workshops erarbeitet.“ Und Dr. Michael Maiwald von der BAM ergänzt: „Für mich zeigt sich die hohe Beschleunigung komplexer Vorgänge durch die Möglichkeiten der Digitalisierung. Lobend hervorzuheben ist das ausnahmslos große Engagement aller



Volker Oestreich  
Redakteur

Beteiligten, was für ein solch interdisziplinäres und mit sehr unterschiedlichen Interessen behaftetes Thema enorm wertvoll war.“ Ich wollte über die Erfolge durch Zusammenarbeit über Grenzen hinweg berichten, die durch die Digitalisierung möglich werden.

Jetzt ist alles anders gekommen – mit dem Einmarsch der russischen Truppen in die Ukraine hat sich schlagartig die Welt verändert. Was nie wieder geschehen sollte, ist nun traurige Realität geworden: Mitten in Europa tobt ein Krieg. Der russische Präsident Putin rechtfertigt sein Handeln mit Halbwahrheiten und offensichtlichen Lügen. Er bringt unglaubliches Leid über die Ukraine und über sein eigenes Land, das er durch sein verantwortungsloses Handeln mittel- und langfristige an den wirtschaftlichen Abgrund führt. Er benutzt Digitalisierung nicht zur Verbesserung des Meinungs austausches und der Zusammenarbeit über Grenzen hinweg, sondern zur Verleumdung und zum Schaffen von Chaos. Weltumspannende Wertschöpfungsketten zum prosperierenden Wohl aller werden zerstört, verändert, überdacht. Und bei aller Sorge und Bedrückung liegt hier auch eine Chance für neues und vielleicht noch besseres Denken und Handeln, für gemeinsame Ziele, für Zusammenarbeit und für Kreativität auf Basis grundlegender, wohldefinierter Werte und Technologien.

Ich wünsche, dass das Studium dieser CITplus dazu etwas beitragen kann.

Ihr Volker Oestreich

Entdecken Sie den Newsletter

CITplus **IN SIGHT**



Safety is for life.™

T +49 2961 7405-0  
hello@rembe.de



Ihr Spezialist für  
**EXPLOSIONS-  
SCHUTZ**  
und  
**DRUCK-  
ENTLASTUNG**

Consulting. Engineering.  
Products. Service.

© REMBE® | All rights reserved



**REMBE®** GmbH Safety+Control

Gallbergweg 21  
59929 Brilon, Deutschland  
F +49 2961 50714  
www.rembe.de

**Sonderteil**  
Pharma- und  
Biotechnologie



14

**Tieftemperaturkühlung in der  
Pharma- und Biotechnologie**  
Austausch von Kältemitteln mit hohem Global-Warming-Potenzial

Für die Tieftemperaturkühlung wird das Standardkältemittel R23 eingesetzt, das einen GWP (AR4)-Wert von 14.800 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten hat. Da es kaum wirtschaftliche Alternativen zum Erreichen sehr niedriger Temperaturen gibt, darf R23 trotz des hohen GWP-Werts noch in Ausnahmen eingesetzt werden. Für mehr Planungssicherheit bietet der Anlagenbauer KTI-Plersch nun eine umweltfreundliche und effiziente Lösung auf Basis einer Kaskadentechnologie mit natürlichen Kältemitteln an. Die Lösung wird in der Regel in Standardcontainern verbaut.

**KTI-Plersch Kältetechnik GmbH, Balzheim**  
Tel.: +49 7347 9572-0  
info@kti-plersch.com  
www.kti-plersch.com



**NAMUR-Technologie-Roadmap**  
„Prozess-Sensoren 2027+“  
Mess- und Analysetechnik für mehr Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit

Die Technologie-Roadmap „Prozess-Sensoren 2027+“ der NAMUR fasst die gemeinsame Technologie- und Marktsicht von Anwendern, Herstellern und Forschungseinrichtungen im Bereich Prozesssensoren in der verfahrenstechnischen Industrie zusammen. Digitalisierung und Nachhaltigkeit sind übergreifende Kernthemen der künftigen Entwicklung.

**Namur Geschäftsstelle, Leverkusen**  
Tel.: +49 214 30-71034  
office@namur.de  
www.namur.net

KOMPAKT

- 6 **Termine**
- 7 **Forschung + Entwicklung**
- 8, 9 **Wirtschaft und Produktion**
- 10 **Was Menschen bewegt,  
die etwas bewegen**

Im Profil: Prof. Dr.-Ing. Sebastian Engell, TU Dortmund

**SONDERTEIL PHARMA- UND  
BIOTECHNOLOGIE**

- 14 **Tieftemperaturkühlung in der  
Pharma- und Biotechnologie**  
Austausch von Kältemitteln mit hohem  
Global-Warming-Potenzial  
P. Schäßle, technische Redakteurin, KTI
- 17 **Vom Labor bis in den Produktionsprozess**  
Raman-Spektroskopie sichert die Produktqualität  
in der Biopharmazie  
M. Cuellar, Endress+Hauser Optical Analysis
- 20 **Quo Vadis kontinuierliche Herstellung?**  
Die Erfolgsgeschichte der kontinuierlichen  
Pharmaproduktion  
Gericke
- 22 **Hygienische Doppelschraubenspindel-  
pumpe fördert Desinfektionsgel**  
Schweizer Hersteller erneuert bestehende  
Produktionsanlage nach ATEX-Bedingungen  
N. Kochenburger, Lewa, Marketing Manager
- 24 **TA Luft und Steriflanschverbindungen**  
Dichtheitsnachweis nach TA Luft für Kraftnebenschluss-  
Verbindungen mit O-Ringen aus Gummi  
T. Gross, Merck, Kompetenzzentrum;  
M. Achenbach, Ingenieur- und Sachverständigenbüro  
Achenbach; B. Richter, O-Ring Prüflabor Richter;  
A. Riedl, FH Münster
- 19 **Produkte**  
von GEA und Hamilton

**PRODUKTFORUM**

- 28, 29 **Produktforum**  
Produkte von Bürkert, Flexim, Krohne, Pepperl+Fuchs,  
SensoTech, Tec5, Vega und Wika

**MESS-, STEUER-, REGEL-,  
AUTOMATISIERUNGSTECHNIK**

- 30 **NAMUR-Technologie-Roadmap**  
„Prozess-Sensoren 2027+“  
Mess- und Analysetechnik für mehr Nachhaltigkeit  
und Wirtschaftlichkeit  
V. Oestreich, Redakteur CITplus

- 34 **Passend für Ethernet-APL**  
Gehäuselösungen samt Knowhow und Zertifizierung  
A. Aust, A. Hennecke, Pepperl+Fuchs
- 36 **Bereit für die grüne Energiezukunft**  
Interface-Technik und Prozessanalytik  
in Elektrolyseuren  
C. Manegold, für Knick
- 33 **Produkte**  
von MSR, Müller Industrie-Elektronik und Vink

- 43 **Explosionsschutz  
in der Prozesstechnik**  
Lösungen und Maßnahmen für einen  
sicheren Mischprozess  
D. Hansjürgen, Gebr. Lödige Maschinenbau

- 48 **Produkte**  
von Aerzener, Alfa Laval, GEA und Pfeiffer Vacuum
- 49 **Bezugsquellenverzeichnis**
- 50 **Index/Impressum**

**MECHANISCHE VERFAHREN  
I SCHÜTTGUTTECHNIK I  
LOGISTIK**

- 40 **Sorgfältiger Umgang mit  
wertvollen Hochkonzentraten**  
Mischer und Trockner in der Produktion  
von Pflanzenschutzmitteln, Teil 1  
L. Hilleke, Amixon

**PUMPEN I KOMPRESSOREN I  
DRUCKLUFTTECHNIK**

- 46 **Pumpen zu vermieten**  
Mietaggregat pumpt kurzfristig 600 m<sup>3</sup> Wasser  
aus altem Teilstück  
T. Preuß, für Atlas Copco

**Beilagen**

Bitte beachten Sie die Beilage von RCT Reichelt Chemietechnik, Heidelberg – Thomafuid-I, sowie die Teilbeilage von Meorga zur MSR-Spezialmesse Halle (Saale).

**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).

Tragen Sie dem Link in Ihren Webbrowser ein oder klicken Sie im PDF einfach darauf.

**Wiley Online Library**

**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**

**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



**Reichelt  
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



April 2022			
Reaktionstechnik – Das Engineering chemischer Reaktionen	25.–26. Apr.	online	Dechema, kurse@dechema.de, www.dechema-dfi.de
Grundlagen der makromolekularen Chemie I: Synthese von Polymeren	25. Apr. – 27. Juni	online	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de, www.gdch.de
Anwenderkurs kosmetische und pharmazeutische Emulsionen	26. Apr.– 4. Mai	online	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de, www.gdch.de
Mai 2022			
Immissionsschutzrecht kompakt	3.–4. Mai	online	VDI-Seminar, www.vdi-wissensforum.de, wissensforum@vdi.de
Rechnungswesen, Jahresabschlussanalyse	9.–17. Mai	online	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de, www.gdch.de
Produktionstage 2022	10.–11. Mai	Hannover	Arbeitskreis Instandhaltung Nord, www.arbeitskreis-instandhaltung.de
Funktionale Sicherheit in der Prozessindustrie: Grundlagen	10.–11. Mai	Frankfurt am Main	Dechema, kurse@dechema.de, www.dechema-dfi.de
Qualitätsverbesserung und Kostenreduzierung durch statistische Versuchsmethodik	11.–12. Mai	Frankfurt am Main	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de, www.gdch.de
Funktionale Sicherheit in der Prozessindustrie: SIL-Berechnung leicht gemacht	12. Mai	Frankfurt am Main	Dechema, kurse@dechema.de, www.dechema-dfi.de
Cyclovoltammetrie	12. Mai	Frankfurt am Main	Dechema, kurse@dechema.de, www.dechema-dfi.de
Design of Experiments (DoE) Workshop	13. Mai	Frankfurt am Main	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de, www.gdch.de
Chemometrik – Werkzeug in der Analytischen Chemie	16.–18. Mai	Magdeburg	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de, www.gdch.de
Analysenmesstechnik für den Praktiker	17. Mai	online	Jumo, Fulda, http://campus.jumo.info
Lufttechnik für neue Technologien	17.–18. Mai	Löbau	ULT, www.ult.de, ult@ult.de
Datenbasierte Entscheidungsfindung I: Grundlagen Explorativer Datenanalyse	17.–20. Mai	online	Dechema, kurse@dechema.de, www.dechema-dfi.de
Erweiterung von Jumo-Komponenten um eine SPS-Funktionalität	18. Mai	Fulda	Jumo, Fulda, http://campus.jumo.info
Kolloidale Nanomaterialien	18.–20. Mai	Aachen	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de, www.gdch.de
Werkstoffauswahl im chemischen Anlagen- und Apparatebau	19. Mai	online	Dechema, kurse@dechema.de, www.dechema-dfi.de
Spritzgießfehler und ihre Beseitigung	19. Mai	Ostfildern	Technische Akademie Esslingen, Ostfildern, info@tae.de, https://www.tae.de/35669.00.002
IO-Link Live erleben: Anwender-Workshop	24. Mai	Friedrichshafen	www.io-link.com
Hannover Messe 2022	30. Mai–2. Juni	Hannover	Deutsche Messe, www.hannovermesse.de
IFAT	30. Mai–3. Juni	München	Messe München
Juni 2022			
Forum Zukunft: Energiespeicher	1.–2. Juni	Heimbuchenthal	Göhler, Hösbach, batteries@goehler.de
Durchflussmesstechnik	7. Juni	online	Jumo, Fulda, http://campus.jumo.info
Anwendung induktiver Leitfähigkeitsmesstechnik	8. Juni	online	Jumo, Fulda, http://campus.jumo.info
Beläge und Korrosion – Feuerung und Kessel – in Großfeuerungsanlagen	21.–22. Juni	Regensburg	VDI-Wissensforum, www.vdi-wissensforum.de/06KO005, wissensforum@vdi.de



DOI  
(Digital Object Identifier)

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.

## Fahrzeugfilter

Kraftstoffdampfdruckhaltesysteme in Pkws mit Ottomotoren sind grundsätzlich sehr wirksame Systeme zur Begrenzung von Kohlenwasserstoffemissionen. Der teilweise Ersatz fossiler Kraftstoffe durch Bioethanol verändert jedoch die Prozesse im Aktivkohlefilter, was die Funktionstüchtigkeit des Filters im langjährigen Fahrbetrieb zu beeinträchtigen scheint. Mithilfe einer speziell entwickelten Versuchsanlage wurden Langzeitmessungen des Adsorptions- und Desorptionsverhalten der Aktivkohlefilter durchgeführt. Bei Regeneration

mit trockenem Spül-Stickstoff zeigten sich die Filter über mehrere hundert Testzyklen stabil. Eine Ursache für den beschriebenen verstärkten Filterausfall könnte die Feuchtigkeit des realen Regenerationsfluids sein

### Kontakt

**Eva Schieferstein,**  
Fraunhofer Institut Umsicht,  
Oberhausen  
eva.schieferstein@umsicht.fraunhofer.de  
DOI: 10.1002/cite.202100065

## Gebäudeheizungen unter der Lupe

Wärmepumpen lösen im Gebäudesektor vermehrt konventionelle Heizsysteme ab. Im Betrieb sind sie neben elektrischer Energie auf Kältemittel angewiesen, typischerweise halogenierte Kohlenwasserstoffe, deren Treibhauspotenzial um ein Vielfaches höher liegt als bei Kohlendioxid. Dies ist bei der Abschätzung der Emissionen über den Lebenszyklus zu berücksichtigen und macht sie deutlich komplexer. In einer Studie wurden ökologische Bewertungsmethoden betrachtet und Emissionen für ein repräsentatives

Szenario berechnet. Insgesamt können Wärmepumpen im Vergleich zum Gasbrennwertkessel in vielen Systemkonfigurationen emissionsärmer betrieben werden. Die gewählten Kältemittel sollten nicht nur ein möglichst niedriges Treibhauspotenzial, sondern vor allem eine hohe Gesamteffizienz im Energiewandlungsprozess aufweisen.

### Kontakt

**Christian Vering, RWTH Aachen**  
cvering@eonerc.rwth-aachen.de  
DOI: 10.1002/cite.202100016

## Gießen statt Spritzen

Liquid-Handling-Systeme, wie Pipettierroboter, arbeiten meist mit Kanülen oder Pipettenspitzen. Dies schränkt Anwendungen ein, bei denen größere Probenmengen oder Flüssigkeiten mit ungewöhnlichen Charakteristika, wie sehr hoher Viskosität, dosiert werden müssen oder bspw. eine Filtration erforderlich ist. In einer Studie wurde jetzt ein Prototyp einer vielseitigen Gießvorrichtung für Flüssigkeiten („versatile liquid pouring device“, vLIPD) entwickelt, konfiguriert und validiert,

die für derartige Anwendungen ausgelegt ist. Einflüsse aufgrund spezieller Eigenschaften der dosierten Flüssigkeiten werden mithilfe spezifischer Kalibrierungsfaktoren kompensiert. Eine Integration in automatisierte Systeme wäre möglich.

### Kontakt

**Sebastian Neubert,**  
Universität Rostock  
sebastian.neubert@uni-rostock.de  
DOI: 10.1002/cite.202000225

## Oberflächen- oder Tiefenfiltration?

Die Partikelabscheidung mit filternden Abscheidern ist ein typisches Verfahren für die Staubabscheidung aus Gasen. Dabei unterscheidet man zwischen Oberflächen- und Tiefenfiltration, je nachdem, ob sich eine gewollte Staubschicht auf der Oberfläche des Filtermediums ausbildet, die dann die Funktion der filternden Schicht übernimmt. Ein neues, unbelegtes Filtermedium für die Oberflächenfiltration startet jedoch immer mit einer Tiefenfiltrationsphase. Der Übergang verläuft über eine Clogging-Phase, in der sich die Filtrations-

kinetik über einen gewissen Zeitraum ändert. Bisher fehlt eine klare Definition für den Beginn der kuchenbildenden Filtration im Hinblick auf die Partikelabscheidung. Anhand theoretischer Überlegungen und experimenteller Untersuchungen mit Nadelfilzen wurde eine mögliche neue Definition eingeführt.

### Kontakt

**Qian Zhang,**  
Bergische Universität Wuppertal  
zhang@uni-wuppertal.de  
DOI: 10.1002/cite.202100053

## Polysulfon-Membranen

Polysulfon (PSU) ist ein geeignetes Material für die industrielle Gastrennung. In einer Studie konnten durch einen Trocken/Nass-Phaseninversionsprozess mithilfe speziell angepasster Gießlösungen PSU-Flachmembranen mit einer porösen Stützstruktur und einer trennaktiven Deckschicht im Mikrometerbereich in einem Schritt hergestellt werden. Die Ausprägung der einzelnen PSU-Schichten ließ sich dabei über die Zusammensetzung der Gießlösung und des Fällungsmediums gezielt variieren. Rasterelektronenmi-

kroskopische Aufnahmen belegten die Schichtstrukturen. Die Gastrenneigenschaften der Membranen entsprachen denen über klassische verdampfungsinduzierte (EIPS) oder nichtlösungsmitte-induzierte Phaseninversion (NIPS) hergestellter Membranstrukturen.

### Kontakt

**Steven Kluge, Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP, Potsdam**  
steven.kluge@iap.fraunhofer.de  
DOI: 10.1002/cite.202100013

## Weniger Pumpen

Stofftransportlimitierte Operationen wie die Extraktion profitieren besonders von den meist sehr guten Stofftransportraten der Mikroverfahrenstechnik. Aufgrund des stark limitierten Durchsatzes von  $\mu$ -Mixer-Settler-Einheiten kann eine Steigerung der Produktion nur durch eine Parallelisierung erfolgen. Ein Strang aus  $n$  im Gegenstrom verschalteten Stufen benötigt dabei  $n + 1$  Pumpen, der parallele Betrieb von  $m$  Strängen bereits  $m(n + 1)$  Pumpen. Dies steht einer industriellen Umsetzung im

Weg. Mithilfe eines neuen Kreuz-Gegenstrom-Verschaltungskonzept lässt sich die notwendige Pumpenzahl auf  $2m + n - 1$  reduzieren. Experimente an einer kleinen Verschaltung konnten die prinzipielle Realisierbarkeit der Fluid-dynamik belegen

### Kontakt

**Christian Andreas Schwarz,**  
Technische Universität Dortmund  
christian3.schwarz@tu-dortmund.de  
DOI: 10.1002/cite.202100060

### Dechema-Forschungsinstitut erweitert Angebot an Weiterbildungskursen

Das Dechema-Forschungsinstitut (DFI) erweitert sein Kursprogramm für Chemiker, Verfahrenstechniker und Biotechnologen. Erstmals werden im Jahr 2022 Weiterbildungen zum Arbeitsschutz im Labor, zur datengetriebenen Bioprozess-Workflow-Optimierung und zum Thema Prozesssicherheit angeboten. Die Kurse des DFI sind seit Jahrzehnten als praxisorientierte Weiterbildungsmöglichkeit etabliert. Sie richten sich vorrangig an Chemiker, Ingenieur, Biotechnologen und Werkstoffwissenschaftler, die sich weiterbilden und neue Methoden für die industrielle Anwendung kennenlernen wollen. Auch staatlich anerkannte Weiterbil-

dungen, bspw. im Bereich Gentechnikrecht, gehören dazu. Der Schwerpunkt des Kursprogramms liegt dabei auch in diesem Jahr auf Online-Seminaren. „Wir haben unser Online-Angebot in den vergangenen zwei Jahren erfolgreich etabliert und ausgebaut. Die Kurse bieten Teilnehmenden eine größere Flexibilität und können auch unabhängig von den aktuellen Rahmenbedingungen sicher durchgeführt werden“, so Torsten Huß, Leiter der Dechema-Weiterbildung. Darüber hinaus bietet das DFI zwischen Mai und Oktober 2022 auch wieder Präsenzkurse in Frankfurt am Main und weiteren Standorten an.

[www.dechema-dfi.de/kurse](http://www.dechema-dfi.de/kurse)

### HTE gewinnt Anlagenausschreibung von A Star in Singapur

HTE hat die Ausschreibung zum Bau einer flexiblen Hochdurchsatzanlage für A Star gewonnen. Die Anlage wird bei HTE gebaut, in Betrieb genommen und im 2. Quartal 2022 am A Star Forschungszentrum in Singapur installiert. Diese Entscheidung ist das Ergebnis einer gründlichen Marktevaluierung im Rahmen eines Ausschreibungsverfahrens mit Beteiligung relevanter Anbieter von Hochdurchsatztechnologien. Maßgeschneiderte Angebote von Technologielösungen sowie die Durchführung von Auftragsforschungsprojekten gehören

zum Kernangebot des Anlagenbauers. Die Anlage für A Star deckt den Bedarf von Katalysatorrestungen für eine Vielzahl chemischer Prozesse ab. Dazu zählen auch Prozesse zur Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks des Unternehmens durch die Umwandlung von CO<sub>2</sub> in wertvolle Produkte. Wolfram Stichert, CEO von HTE kommentiert: „Wir freuen uns sehr, dass wir mit diesem Projekt, der ersten Anlage dieser Art in Singapur, betraut wurden. Damit ebnen wir den Weg für eine erfolgreiche Zusammenarbeit.“

[www.hte-company.com](http://www.hte-company.com)

### Europa als neues Zentrum der globalen Batterieindustrie

Es lässt sich beobachten, dass die Zahl der Batteriefabriken in Europa rasant wächst und Materiallieferanten wie BASF und Henkel bereiten sich auf eine verstärkte Nachfrage vor. Gleichzeitig beschäftigen sich viele Start-Ups mit dem Thema und leisten einen großen Beitrag für eine schnelle Entwicklung. Energiespeicher sind ein wesentlicher Bestandteil der

Energiewende, besonders in Hinblick auf Mobilität und Strom. Die Herstellung von Energiespeichern benötigt eine sorgsame Bevorratung und Verteilung der hierfür benötigten Flüssigkeiten. Im Rahmen eines Forums stellt der Turn-Key-Anbieter Göhler Anlagentechnik die aktuellen Entwicklungen vor. Es sollen wichtige Fragen geklärt werden, wie: Welche



©cheshky - stock.adobe.com

Medien sind betroffen? Welche Möglichkeiten stehen für Transport, Lagerung und Verteilung zur Verfügung?

Welche rechtlichen Rahmenbedingungen sind zu beachten? Welche Technologien stehen zur Verfügung? Die Veranstaltung findet am 1. und 2. Juni in Heimbuchenthal statt. Die Teilnahmegebühr beträgt 400 EUR. Anmeldungen erbeten unter: [batteries@goehler.de](mailto:batteries@goehler.de)

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

### Drei Messen, umfassend und themenübergreifend

Am 22. und 23. Juni 2022 treffen sich Vertreter der Schüttgut-, Recycling- und industriellen Armaturen- und Pumpentechnik wieder live vor Ort in Dortmund. Mit Themenschwerpunkten wie der Prozessautomation und der Nachhaltigkeit in der Produktion zeigt sich das Fachmesse-Trio Solids, Recycling-Technik und Pumps & Valves erneut wegweisend für die Branchen. Bereits 450 fest gebuchte Aussteller erwarten das Fachpublikum im Sommer. „Mit den diesjährigen Schwerpunkten wie der Prozessautomation und der nachhaltigen Produktion treffen wir den Nerv der Zeit“, weiß Sandrina Schempp, Head of Processing Cluster des Messeveranstalters Easyfairs Deutschland. So finden Fachbesucher nicht nur Informationen zu diesen beiden Top-Themen, sondern auch Anregungen und Lösungen zum Brand- und Explosionsschutz, digitaler Prozessoptimierung und vielen weiteren aktuellen Fragestellungen der Sparten. Mit dem neuen Fachmesse-Trio reagiert



#### Solids & Recycling-Technik und Pumps & Valves

<b>Termin:</b>	22. bis 23. Juni 2022
<b>Ort:</b>	Messe Dortmund, Hallen 4, 5, 6, 7 und 8, Rheinlanddamm 200, 44139 Dortmund
<b>Öffnungszeiten:</b>	9:00 bis 17:00 Uhr
<b>Messewebseiten:</b>	<a href="http://www.solids-dortmund.de">www.solids-dortmund.de</a> <a href="http://www.recycling-technik.com">www.recycling-technik.com</a> <a href="http://www.pumpsvalves-dortmund.de">www.pumpsvalves-dortmund.de</a>

der Veranstalter Easyfairs auf den aktuellen Bedarf der Branchen. Den sehen Unternehmen aufgrund des Fachkräftemangels in höherer Automatisierung und aufgrund schärferer Gesetzesvorgaben in mehr Nachhaltigkeit. Dabei bietet die Messe Besuchern wie Ausstellern die Möglichkeit, sich themenübergreifend auszutauschen. Dies bestätigt auch Peter Eckhoff, Marketingleiter bei Ebro Armaturen Gebr. Bröer: „Wir sind bereits seit 2014 Aussteller auf der Solids Dortmund und nach wie vor begeistert von der Qualität der Fachbesucher und den Resultaten im Nachgang. Die erstmalige Kombination der beiden Fachmessen Solids und Pumps & Valves begrüßen wir sehr. Wir erreichen damit an einem Standort ein noch breiteres Spektrum an potenziellen Kunden. Diese Synergie ist für uns ein enormer Mehrwert. Wir freuen uns schon sehr, dass sich am 22. und 23. Juni in Dortmund die Branche endlich wieder persönlich treffen kann!“

## Endress+Hauser gründet Logistikzentrum in Irland

Die Endress+Hauser Gruppe wird ihr weltweites Logistiknetzwerk künftig aus einem eigenen Logistics Operations Center in Irland steuern. Ein kleines Team von Logistik-Fachleuten soll im täglichen Betrieb die Entscheidungswege verkürzen und einen reibungslosen und nachhaltigen Warenverkehr ermöglichen. Die Aufgabe des Global Logistics Operations Center besteht darin, den reibungslosen Betrieb der weltweiten Logistikketten sicherzustellen. Das globale Transportnetzwerk der Firmengruppe ist in den vergangenen Jahren immer stärker regionalisiert, das Portfolio an Carriern und Speditionen erweitert worden. „Globale Versorgungs- und Vertriebsnetze erfordern rasche Beschlüsse, die im gleichen Raum getroffen werden müssen“, betont Thorsten Wilkening, Head of Corporate Logistics. Oliver Blum, Corporate Director Supply Chain, ergänzt: „Unser



Anliegen ist es alle Kunden zufrieden zu machen, auch im Bereich Logistik und Transport.“ Mit dem Aufbau des Logistikzentrums holt Endress+Hauser die operative Steuerung der Logistikprozesse ins Unternehmen zurück. Bisher war dafür ein Service-Partner zuständig. Die ersten Mitarbeitenden wurden im Dezember 2021 begrüßt; im März hat das Global Logistics Operations Center seinen Betrieb mit einer Stärke von 15 Mitarbeitenden aufgenommen. Das Global Logistics Operations Center zieht unter das Dach der irischen Vertriebsgesellschaft in Kildare, südlich von Dublin.

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

## Atlas Copco übernimmt Lewa und Geveke

Atlas Copco hat die Übernahme der Lewa und ihrer Tochtergesellschaften sowie der Geveke und ihrer Tochtergesellschaften zu einem kombinierten Unternehmenswert von 670 Mio. EUR vereinbart. Lewa ist ein Hersteller von Membrandosierpumpen, Prozesspumpen und kompletten Dosiersystemen. Geveke vertreibt Kompressoren und entwickelt fortschrittliche und komplexe Prozesspumpenanlagen. Das Unternehmen wurde 1952 gegründet und hat seinen Sitz in Deutschland. Es beschäftigt rund 1.200 Mitarbeiter und erzielte 2021 einen Umsatz von 233 Mio. EUR. „Lewa hat eine lange Tradition in der Unterstützung von Kunden und der Entwicklung führender industrieller Dosiertechnik für den effizienten, präzisen und sicheren Umgang mit Flüssigkeiten“, sagte Andrew Walker, Business Area President Power Technique. „Mit dieser

Übernahme bauen wir unsere Präsenz und unser Technologieangebot im Bereich der Verdrängerpumpen aus.“ Geveke wurde 1874 gegründet und hat seinen Hauptsitz in Amsterdam in den Niederlanden. Das Unternehmen beschäftigt 173 Mitarbeiter und erwirtschaftete im Jahr 2021 einen Umsatz von rund 61 Mio. EUR. „Geveke verfügt über eine starke technische Kompetenz und bietet komplette industrielle Dosierlösungen vom Konzept bis zur Inbetriebnahme“, sagte Andrew Walker, Business Area President Power Technique. Die Akquisition ist eine Cash-Transaktion, die mit Mitteln von Atlas Copco durchgeführt wird und unter dem Vorbehalt der behördlichen Genehmigungen steht. Die Übernahme wird voraussichtlich im zweiten Quartal 2022 abgeschlossen sein.

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

>extruder >dosierer >komponenten >pneumatische förderung >komplette anlagen

# COPERION TECHNOLOGIE FÜR DIE KONTINUIERLICHE HERSTELLUNG VON BATTERIEMASSEN.

- + Für Festkörperbatterien, Anoden- und Kathodenmassen sowie Separatorenfolien
- + Erstklassige Doppelschneckenextruder mit ausgezeichnetem Mischverhalten und gleichbleibend hoher Produktqualität
- + Hochpräzise und staubdichte Dosierer für bestmögliche Rezepturkontrolle
- + Containment-sichere Schüttgut-Handling-Lösungen



Battery Show Europe | Stuttgart | Stand 10 C31

**28. - 30. Juni 2022**

# Was Menschen bewegt, die etwas bewegen

**Im Profil: Prof. Dr.-Ing. Sebastian Engell, Lehrstuhl für Systemdynamik und Prozessführung / Fakultät Bio- und Chemieingenieurwesen, TU Dortmund; 2021 mit der Arnold-Eucken-Medaille der GVT ausgezeichnet.**

## *Die berufliche Seite...*



### **Wer oder was hat Sie geprägt?**

Die Zeiten. Wir sind die Kinder unserer Zeit, nicht nur unserer Eltern. Aufgewachsen als Nachkriegskind von Eltern, die eine unglaubliche Zuversicht hatten und mir sehr viel Freiheit ließen, in einer Zeit, in der es bergauf ging, und in der wir dann als «Protestgeneration» die Gesellschaft nachhaltig veränderten. Das gab mir Optimismus und die Zuversicht, dass man etwas bewegen kann. Ich habe 1960 als Kind große Angst vor dem nächsten Krieg gehabt. Nun kommt das leider wieder. Das hatte ich wirklich nicht erwartet und finde es schrecklich.

### **Was lieben Sie an Ihrem Beruf?**

Es gibt kaum etwas Schöneres als den Beruf des Hochschullehrers. Kaum spürbare Hierarchie über einem, die Freiheit, die Schwerpunkte selbst zu setzen und seine Fähigkeiten optimal zur Geltung zu bringen. Man hat immer neue junge hochbegabte Menschen um sich, darf mit ihnen etwas Neues schaffen und ihre Entwicklung fördern. Und, viele sind sich dessen nicht bewusst, wir haben eine sehr gute Finanzierung von Wissenschaft und Forschung in Deutschland. Ich liebe Vielfalt, Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus verschiedenen Ländern in der Gruppe, mit verschiedenen fachlichen Hintergründen und verschiedenen Stärken, ein breites Spektrum von Themen zu bearbeiten. Ich habe sehr gern EU-Projekte mitkonzipiert und zum Teil auch geleitet, weil in ihnen Partner aus verschiedenen Ländern, Industrien und manchmal Wissenschaftsgebieten zusammenkommen und Herausforderungen angehen.

### **Was war Ihr größter Erfolg?**

Das müssen andere beurteilen. Für mich selbst vielleicht, dass ich bei meiner Berufung als Außenseiter, reiner Regelungstheoretiker bis 1986, in die Verfah-

renstechnik gekommen bin und die Verbindung von Verständnis für Prozesse und Anlagen und theoretischen Methoden dann ganz gut hinbekommen habe. Das verdanke ich auch dem Umfeld einer starken und breit aufgestellten Fakultät und der Fachkultur in den GVC/ProcessNet-Fachausschüssen. Auf die Promotionen von 80+x Doktorandinnen und Doktoranden, die wichtige Beiträge zum Fortschritt der Wissenschaft geleistet haben und jetzt an vielfältigsten Stellen, oft in der und um die Prozessindustrie, ihre Frau oder ihren Mann stehen, bin ich auch sehr stolz.

### Was war Ihr größter Misserfolg?

Wir haben lange an dem Thema gearbeitet, wie man die korrekte Funktion des Zusammenspiels von Steuerungen und verfahrenstechnischen Anlagen rigoros nachweisen kann. Das erwies sich aufgrund der kombinierten Komplexität der Steuerungssoftware und der Anlagendynamik leider als kurz- und mittelfristig nur für Spielzeugprobleme machbar.

### Was vermissen Sie in Ihrem Beruf?

Wenn überhaupt etwas, dann dass man nicht allen interessanten Themen und Ideen nachgehen kann.

### Worauf würden Sie gerne verzichten?

Ideen hat man oft schnell, daraus etwas Vorzeig- oder Anwendbares zu machen, kann zäh werden, aber das gehört dazu. Man könnte sagen, Berichtspflichten in Projekten sind lästig, weg damit, aber in einem System einer kompetitiven Forschungsförderung, von der ich absolut überzeugt bin, muss das eben sein.

### An welchen Prinzipien orientieren Sie sich?

Ich habe Anwendbarkeit der Forschung immer im Blick gehabt, aber man muss das langfristig sehen. Wir können und sollten an den Universitäten auch in Kooperationen konkrete Anwendungsprobleme lösen, aber das ist nicht unsere Hauptmission. Wir müssen in erster Linie neues Wissen, neue Ideen, neue Methoden generieren. Das geht nur mit Offenheit und Breite der Herangehensweise. Aber man sollte natürlich auch die Stolpersteine im Blick haben. Man muss in gewissem Maß auf den jeweiligen Wellen surfen, sollte aber sich nicht fortspülen lassen oder bei jedem Modewort leuchtende Augen bekommen.

### Welche Trends fördern Sie?

Ich denke, die Entwicklung und Nutzung von mathematischen Modellen ist ein Megatrend der Verfahrenstechnik in den letzten Dekaden. Darauf baut dann der Einsatz von Optimierungsmethoden auf, meines Erachtens ist da noch viel Potenzial. KI und Machine Learning erweitern den Werkzeugkasten weiter, aber



## Lebenslauf von Prof. Dr.-Ing. Sebastian Engell

### Privat

**Geboren:** 27. Februar 1954

**Eltern:** Johanna und Prof. Dr. Hans-Jürgen Engell

**Verheiratet mit:** Maria Engell

**Kinder:** Drei Töchter (32, 35, 37), zwei Enkelkinder

### Beruflich:

**Schule:** diverse Schulen in Düsseldorf, Clausthal-Zellerfeld, Leonberg (Württ.) und Ratingen. Abitur 1972,

**Studium:** 1972–1973 und 1974–1978 an der Ruhr-Universität Bochum,

**Abschluss** als Dipl.-Ing. Elektrotechnik.

### Berufslaufbahn:

**1978–1979** wiss. Hilfskraft an der Ruhr-Universität Bochum, davon zwei Monate am Control Systems Centre, UMIST Manchester.

**1979–1982** wiss. Mitarbeiter an der Universität Duisburg bei Prof. Helmut Schwarz, Promotion 1981 Mit Auszeichnung.

**1982–1986** PostDoc mit diversen Finanzierungen (vorwiegend Stipendien), hiervon ein Jahr an der McGill Universität, Montréal

Kanada. Habilitation an der Universität Duisburg 1987.

**1986–1990** Gruppenleiter am Fraunhofer-Institut IITB (heute IOBS) Karlsruhe für Prozessautomatisierung und Fertigungssteuerung.

**1990–2022** Professor für Systemdynamik und Prozessführung an der TU Dortmund, Fakultät Bio- und Chemieingenieurwesen.

**2002–2006** Prorektor für Forschung, wiss. Nachwuchs und internationale Beziehungen der Universität Dortmund.

**2008** Distinguished Visiting Professor, Carnegie-Mellon University, USA.

**2013–2020** Beauftragter der Rektorin der TU Dortmund für Internationalisierung.

**Seit 2016** Mitglied des Forschungsrats der Universitätsallianz Ruhr.

**Seit 1.3. 2022** Seniorprofessor an der TU Dortmund.

**Ehrungen:** Joseph von Fraunhofer-Preis 1992, Fellow of the International Federation of Automatic Control 2006, ERC Advanced Investigator Grant 2011, Roger Sargent Lecture Imperial College London 2012, Arnold-Eucken Medaille der GVT 2021.

Mehrere Best Paper Awards.

ob sie einen Quantensprung darstellen, bleibt abzuwarten. Wie man Modelle mit vertretbarem Aufwand entwickelt, sie up-to-date hält, wie man mit ihren Unzulänglichkeiten systematisch umgeht, wo weniger Detail mehr ist und wo nicht, das sind große Forschungsfragen für die Zukunft.

### Was erhoffen Sie von der Zukunft?

Dass wir es schaffen, auch mit Hilfe von neuen Prozessmanagementkonzepten, über Unternehmensgrenzen hinweg vernetzte «atmende» Produktionen (Schlagwort «Industrial Symbiosis») und zirkuläre Stoffströme («Industrial-Urban Symbiosis») zu realisieren, was den Ressourcenverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen deutlich senkt.

### Was sind Ihre nächsten Pläne?

Ich werde an einem EU-Projekt namens «Hubs for Circularity» mitarbeiten, in dem die

Vernetzung von Kernen für Industrial Symbiosis und Industrial-Urban Symbiosis unterstützt wird. Ich werde dort mitverantwortlich sein für die Analyse von Erfolgen und Hindernissen und die Entwicklung konstruktiver neuer Lösungen durch Expertengruppen. Wir betrachten die «Hubs» von allen Seiten, technisch, wirtschaftlich (Geschäftsmodelle), ökologisch und sozial. In eine ähnliche Richtung geht das Projekt «Circular Foam» zum Recycling von PUR Hartschäumen, in dem ich das Workpackage zur systemweiten Modellierung, Simulation und Optimierung leite. Außerdem möchte ich mich offenen «großen», etwas abstrakteren Fragen widmen. Wie dem Thema «Was ist Information und welche Rolle spielt sie in der Prozesssteuerung?». Das habe ich in meiner Promotion 1981 und den Jahren danach angekratzt, aber beantwortet ist die Frage seitdem noch nicht.



! Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:  
 https://dx.doi.org/10.1002/citp.2022004007

## Die private Seite...

### Wie würden Ihre Familie/Ihre Freunde Sie charakterisieren?

Ausdauernd, verlässlich, fürsorglich, da sein, wenn es brennt, ungeduldig.

### Was gibt Ihnen Kunst/Kultur?

Ich mag Kunst, auch moderne. Ich bin bei vielen beruflichen Reisen zwischendurch in moderne Kunstmuseen gegangen als kleine Auszeit. Ein Takeaway fürs Leben war eine Führung durch das Centre Pompidou in Paris, von einem jungen Kunstgeschichtler und Zeitschriftenherausgeber, der sich traute, eine klare Meinungen zu haben. Man kann und darf Kunstwerke gut finden oder nichtssagend, ich finde auf einer Ausstellung fast immer etwas, das Herz oder Verstand anrührt. Ich mag Bilder, gemalte und Fotos, ob im Rahmen oder in Büchern.

### Ihr Verhältnis zum Reisen?

Mein Beruf und die vielen Projekte haben mir zum Glück viel Gelegenheit zum Reisen gegeben, wobei nicht jede Reise auch ein Vergnügen war. Ich reise sehr gern, ich war viel in Asien, von Bhutan über Indien und die Andamanen bis nach Thailand, Kambodscha und Laos, liebe aber auch Brasilien und fand Mexico City eine faszinierende Stadt, besonders wegen der Museen. Auf privaten Reisen zieht es mich früher oder später stets zum Wasser.

### Womit beschäftigen Sie sich in Ihrer Freizeit?

Die Linie zwischen Arbeit und Freizeit ist bei mir nicht so scharf. Ich brauche etwas «Grund-

ing» in Aktivitäten, die direkt mit der Realität zu tun haben, wo man unmittelbar etwas verändert, Gartenarbeit, Kochen. Ich halte mich halbwegs fit mit Laufen, Sportkursen, Tanzen. Das gehe ich aber alles eher entspannt an. Ich mag Bewegung und fahre gern kurvige Straßen.

### Was lesen Sie gerade? / Ihr Buchtip:

Ich lese zu wenig und produziere selbst zu viele Texte. Wenn, dann Krimis, am liebsten solche mit Hintergrund, politisch, kulturell, historisch. Zum Beispiel Bottini. Oder wenn jemand nach Südostasien reisen will: «Stunde Null in Phnom Penh». Den «Club der Auslandskorrespondenten» habe ich dann später selbst besucht.

### Ihre Lieblingsmusik?

Ich mag ein breites Spektrum von Musik. Ich bin mit Rockmusik groß geworden, Bruce Springsteen brachte meine Gefühle zum Ausdruck, als ich um meinen Platz in der Welt kämpfte (meine Töchter und die Band der einen Tochter haben auf der Feier zu meinem 60sten «Racing in the Street und Badlands» gespielt, das war auf den Punkt). Frank Zappa, «The Yellow Shark», aber auch Paula Fernandez auf dem Nachtflug von Sao Paulo nach Paris.

### Was wären Sie auch gern geworden?

Nach der Promotion habe ich überlegt, in die mathematische Volkswirtschaftslehre zu wechseln, Mathematik konnte ich anwenden, ich bin sprachlich halbwegs begabt und liebe gute Abstraktionen. Aber ich habe mich dann doch

nicht getraut, sondern die erreichbaren Trauben gepflückt.

### Was schätzen Sie an Ihren Freunden?

Lebensklugheit, Ausdauer in persönlichen Beziehungen.

### Was möchten Sie in Ihrem Ruhestand machen?

Ich befinde mich jetzt in einem langsamen Übergang dahin. Ich werde die angefangenen Projekte zu Ende führen, hoffentlich etwas freier über grundlegende Probleme nachdenken, und mich langsam wieder mit anderen Aspekten des Lebens beschäftigen. Die übernächste Generation betritt die Welt und braucht Großeltern.

### Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Sebastian Engell, TU Dortmund  
 sebastian.engell@tu-dortmund.de  
 www.dyn.bci.tu-dortmund.de

## Peter Praske verlässt den Vorstand des PACTware Consortiums

Zehn Jahre hat sich Peter Praske im Vorstand des PACTware Consortiums engagiert. Ein Großteil seines fundierten Automationswissens ist in dieser Dekade in die Weiterentwicklung der Bedienplattform „für Alle“ eingeflossen, in ihre geräte- und herstellerübergreifenden Funktionen. Nun hat er sich Ende Februar aus Altersgründen verabschiedet – und will sich die Zeit nehmen, seinen Nachfolger so gründlich einzuarbeiten, dass keine Lücke zurückbleibt. Für sein großes Engagement wurde er nun vom Vorsitzenden des PACTware-Vorstands, Holger Sack, geehrt. „Unzählige Stunden und Tage habe Praske in das gemeinsame Ziel investiert“, lobte Sack. Doch damit nicht genug: „Als Vertreter des PACTware Consortiums im Executive Committee der FDT Group ist er auch rund um den Globus geflogen“, führte Sack weiter aus und machte zudem deutlich, was er am meisten vermissen werde: „Im Mittelpunkt hat immer seine offene und überaus menschliche Art gestanden.“ Sein Abschiedspräsent und die dazugehörige Urkunde ließ Holger Sack dem scheidenden Vorstandskollegen „coronakonform“, wie er betonte, per Post zusenden und ausrichten: „Wir wünschen Dir alles erdenklich Gute für die Zukunft!“ Gegründet wurde



der PACTware Consortium e.V. vor gut 20 Jahren, um dem „Wildwuchs“ an verschiedensten Bedien- und Konfigurationssoftwares auf dem Markt zu einer einheitlichen, verlässlichen Linie zu verhelfen. Die Arbeit war bereits fortgeschritten, Erfolge hatten sich eingestellt, als Peter Praske im März 2012 erstmals in den Vorstandsreihen Platz nahm. Gemeinsam mit seinem Verein konnte er eine Vielzahl weiterer Neuausrichtungen und Updates umsetzen. So trug er dazu bei, dass PACTware erfolgreich am Ball blieb, Ziele konsequent weiterverfolgte – und Schritt hielt mit den rasanten Innovationen der Automationsbranche. Im Vorstand wird ihm Markus Unland, Leiter Software-Entwicklung Turck, nachfolgen, der auf der Mitgliederversammlung in sein neues Amt gewählt wurde.

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

## Hima ernennt Brad Ogilvie zum Director of Global Accounts

Hima hat Brad Ogilvie zum Director of Global Accounts and Large Project Pursuit ernannt. Damit stärkt das Unternehmen die Position als Lösungsanbieter im Bereich der sicherheitsgerichteten Automation auf globaler Ebene. In seiner neuen Rolle leitet Ogilvie das globale Key Account Management und übernimmt die Verantwortung für den Vertrieb von Großprojekten. Des Weiteren wird er sicherstellen, dass die Sicherheitslösungen den internationalen Kundenanforderungen entsprechen und globale Marktveränderungen berücksichtigen. Er hat langjährige Erfahrung in den Bereichen Engineering, Vertrieb und Marketing. Der Manager begann seine Karriere als Controls Engineer und startete 2002 als Field Service Engineer bei Hima Middle East. Seitdem hatte er Vertriebs- und Managementpositionen innerhalb der Gruppe, u. a. in den



USA, Kanada und Subsahara-Afrika. Im Jahre 2018 wurde er zum Vertriebsleiter bei Hima Middle East ernannt. „Brad Ogilvie hat langjährige Erfahrungen in der Zusammenarbeit mit unseren globalen Kunden und mit internationalen Großprojekten vorzuweisen. In seiner neuen Rolle wird er unsere internationalen Kundenpartnerschaften weiter ausbauen“, kommentiert Jörg de la Motte, CEO bei Hima.

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



## 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 Coatarn. Eirich macht Ihre Batterien besser - heute und morgen!

[eirich.de](http://eirich.de)



# Tieftemperaturkühlung in der Pharma- und Biotechnologie

## Austausch von Kältemitteln mit hohem Global-Warming-Potenzial

Für die Tieftemperaturkühlung wird das Standardkältemittel R23 eingesetzt, das einen GWP (AR4)-Wert von 14.800 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten hat. Da es kaum wirtschaftliche Alternativen zum Erreichen sehr niedriger Temperaturen gibt, darf R23 trotz des hohen GWP-Werts noch in Ausnahmen eingesetzt werden. Für mehr Planungssicherheit bietet der Anlagenbauer KTI-Plersch nun eine umweltfreundliche und effiziente Lösung auf Basis einer Kaskadentechnologie mit natürlichen Kältemitteln an. Die Lösung wird in der Regel in Standardcontainern verbaut.



Die Lagerung von Impfstoffen oder Substanzen, die etwa bei der Herstellung von Enzymen und Blutplasma sowie der Erforschung von Krebs- oder Autoimmunerkrankungen genutzt werden, erfordert sehr niedrige Temperaturen von teilweise unter -80 °C. Viele Anlagenhersteller setzen als Standardkältemittel R23 (GWP 14.800 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent) ein, das jedoch das Klima im Falle einer Leckage massiv belastet und dessen Verbot in naher Zukunft realistisch ist. Die KTI-Plersch Kältetechnik bietet nun eine Lösung, die ausschließlich mit natürlichen Kältemitteln betrieben wird. Dabei werden das Kältemittel R744 sowie eine Kaltluft-Kältemaschine eingesetzt, um die Kammertemperatur auf das erforderliche Niveau abzusenken. Alle Komponenten werden in einem sogenannten Box-in-Box-System in Standardcontainer verbaut, wodurch – anders als bspw. bei Tiefkühlschränken – kaum Kälte verloren geht und die Anlagen besonders effizient arbeiten. Damit lassen sich stufenlos Temperaturen bis zu -110 °C einstellen; auf Wunsch sind sogar Lösungen für -130 °C umsetzbar.

Zwischen -60 und -90 °C ist die optimale Temperatur, um den Covid-19-Impfstoff Comirnaty

des Mainzer Pharmaunternehmens BioNTech bis zu einem halben Jahr zu lagern, ohne dass er Schaden nimmt. „Bis vor kurzem kamen für die Aufbewahrung temperaturempfindlicher Produkte noch Tieftemperaturkühlschränke zum Einsatz. Inzwischen beobachten wir aber einen Trend hin zu größeren Lagerlösungen, da sie deutlich effizienter und ausfallsicherer arbeiten“, berichtet Michael Walleter, Vertriebsleiter bei der KTI-Plersch Kältetechnik. „Konkret kann man davon ausgehen, dass Lagerräume aufgrund der Isolierdicke, der spezifischen Oberfläche – also dem Verhältnis von Außenoberfläche zum Lagervolumen –, und der größeren Kälteanlage bis zu zehnmal effizienter sind als einzelne Tieftemperaturkühlschränke.“

### Kältemittel belasten Umwelt im Fall von Leckagen stark

Bei den bislang angebotenen Lösungen für größere Lagervolumina kommt meist ein kompliziertes und wartungsintensives Kaskadensystem zum Einsatz, bei dem die gewünschte Temperatur durch stufenweise verschaltete, konventionelle Kompressionskältemaschinen erreicht wird. Dabei kühlt die Kältemaschine der oberen

Stufe die Kältemaschine der unteren Stufe, welche schließlich die Luft im Lagerraum kühlt. Die häufigsten Ausfälle von klassischen Kältesystemen sind Flüssigkeitsschläge im Verdichter, eine unzureichende Ölrückführung oder Feuchtigkeit im Öl durch das Eindringen von Luft in das geschlossene System bei der Wartung. Bei mehrstufigen Kältemaschinen vervielfacht sich die Chance dieser Ausfälle über die Anzahl der Stufen und durch die Materialbelastung aufgrund der tiefen Temperaturen.

Die Tieftemperaturkühlung geht im Fall von Leckagen außerdem mit dem Austritt höchst klimaschädlicher Gase einher. „Um eine Verdampfungstemperatur von unter -85 °C zu erreichen, kommt bei der zweiten Stufe der Kaskadentechnologie fast immer das Kältemittel R23 zum Einsatz“, berichtet Thomas Frank von dem Unternehmen Refolution, ein Entwicklungspartner der KTI und spezialisiert auf den Einsatz natürlicher Kältemittel. „Dieses Kältemittel besitzt ein Global Warming Potential (GWP) von 14.800. Das bedeutet, dass 1 kg durch Leckage entwichenes Kältemittel einem CO<sub>2</sub>-Äquivalent von circa 15 t entspricht.“ Da es bislang kaum Alternativen zum Erreichen dieser niedrigen Temperatu-

ren gibt, darf R23 trotz des hohen GWP-Werts noch innerhalb einer Ausnahmeregelung eingesetzt werden. Doch die 2015 in Kraft getretene F-Gase-Verordnung der EU macht deutlich, dass umweltschädliche Kältemittel auf lange Sicht durch klimafreundlichere Alternativen ersetzt werden. Der Einsatz der Stoffe wird nach und nach limitiert und in absehbarer Zeit voraussichtlich ganz verboten. Seit 2020 sind Kältemittel mit einem GWP > 2.500 bei Neuanlagen verboten. Zudem steigen die Preise für R23 bereits deutlich, weshalb der Betrieb entsprechender Anlagen zunehmend teurer wird.

**Neuartige Anlage nutzt nur Luft (R729) und CO<sub>2</sub> (R744) als Kältemittel**

Um dieser Entwicklung zuvorzukommen, bietet der Kälteanlagenbauer nun ein Ultratiefteperaturlager, das auf der von Mirai Intex entwickelten Kaltlufttechnik und dem sogenannten Joule-Kreislauf basiert. Für Temperaturen von bis zu -110°C – bei Bedarf sind sogar bis zu -130°C möglich – wird für die Lagerraumkühlung Luft (R729) im offenen Kreislauf und für die Schleusenkühlung CO<sub>2</sub> (R744) im geschlossenen Kreislauf eingesetzt. Die Luft aus dem Lagerraum wird in einem Kreislaufprozess immer weiter heruntergekühlt, indem sie angesaugt, verdichtet, gekühlt und schließlich wieder entspannt wird. Dies resultiert in einer kälteren Austrittstemperatur verglichen mit der Eintrittstemperatur. Eine Verdichter-Expander-Einheit der Kaltluft-Kältemaschine, die mit ölfreier Luftlagerung nahezu verschleißfrei betrieben wird, erwirkt die entsprechende Verdichtung und Entspannung der Luft. Ein integrierter Rekuperator sorgt dafür, dass die erforderlichen tiefen Temperaturen erreicht werden können. Da dabei ein Überdruck von weniger als 1 bar herrscht, entsteht keinerlei Gefahr für Mensch und Umwelt.

Eine Luftschleuse zwischen Umgebung und Tieftemperaturkammer wird auf -20°C gekühlt,

was sowohl ein Entkoppeln der Temperatur als auch ein Entfeuchten der Luft bewirkt. Die Schleusenkühlung wird mit CO<sub>2</sub> (R744) als Kältemittel ausgeführt. Beide Maschinen – Lagerraumkühlung und Schleusenkühlung – sind wassergekühlt. Die Rückkühlung kann dabei entweder mit einem luftgekühlten Propan-(R290)-Kaltwassersatz oder auch mit vorhandenem Kühlwasser erfolgen. Wichtig ist, dass die Kaltwasserversorgung kundenspezifisch gestaltet werden kann.

**Planungssicherheit beim Kältemitteleinsatz**

Durch den innovativen Ansatz unter Verwendung ausschließlich natürlicher Kältemittel hat der Kunde Planungssicherheit und ist nicht den Bestimmungen der F-Gase-Verordnung 517/2014/EU unterworfen. Natürliche Kältemittel tragen im Vergleich mit synthetischen Kältemitteln nur geringfügig zum Treibhauseffekt bei und sind daher umweltfreundlicher.

Ein weiterer Vorteil der Kaltluftkältemaschine ist, dass keine thermische Abtauung stattfindet. Bei diesem Vorgang entsteht ein großer Wärmeeintrag in die Kältekammer, der sich negativ auf die Energieeffizienz auswirkt. Anders wird bei der Lösung des Kälteanlagenbauers verfahren: Am sog. „Snow catcher“ sammelt sich die Feuchtigkeit aus der Luft an Filterkerzen und bildet dort Eiskristalle. Mit einem Differenzdrucksensor wird die Beladung des Filtersystems gemessen, sodass bei einer bestimmten Vereisung ein Luftdruckstoß entgegengesetzt zur Förderrichtung der Luft ausgesandt wird. Dadurch werden die agglomerierten Eiskristalle von den Filterkerzen abgestoßen und fallen auf einen Kettentrieb, welcher das Eis hinausbefördert, wo dieses dann bei Umgebungstemperatur schmilzt. Die Filterkerzen sind redundant ausgeführt, sodass zu jedem Zeitpunkt die volle Kälteleistung zur Verfügung steht und die Raumtemperatur stabil bei ±0,5 K geregelt werden kann.

**Integration in Standardcontainer vereinfacht Transport**

Ausschlagend für eine hohe Energieeffizienz war jedoch nicht allein der neuartige Ansatz zur Erzeugung ultratiefer Temperaturen. Um eine besonders sparsame und praxistaugliche Anlage zu realisieren, nutzte der Anlagenbauer seine Erfahrung aus weltweit umgesetzten Projekten in der Kältetechnik. Seit vielen Jahren bewährt hat sich dabei, die Anlagen in einen Standardcontainer zu integrieren. Das vereinfacht bspw. den Transport, da sich die fertiggestellten Lösungen ganz einfach per Schiff, Zug oder Lkw zum finalen Einsatzort transportieren sowie im Bedarfsfall genauso schnell wieder abtransportieren lassen. Von großer Bedeutung war auch die Auswahl der Materialien und Beschaffenheit der Komponenten: „Die sehr niedrigen Temperaturen können Materialermüdungen zur Folge



**Wetten,**

**das mehr als 100 dieser Produkte auf RATIONATOR-Linien abgefüllt werden?**

**Flexible Abfüllanlagen für Ihre Produktvielfalt**

- schnell
- sicher
- preiswert
- effizient



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



© KTI-Piersch Kältetechnik

Auf der Hinterseite ist der Maschinenraum platziert. Das Bild zeigt die CO<sub>2</sub>-Einheit, welche die Luftschleuse auf -20°C hält. Dahinter befindet sich die Einheit zur Erzeugung der Tieftemperatur mit Luft als Kältemittel.



haben“, erklärt Walleter. „Gleichzeitig gibt es nur wenige Hersteller, die ihre Materialien überhaupt für den Einsatz bei so niedrigen Temperaturen freigeben, weshalb die Baustoffauswahl bspw. für die Isolierpaneele vor allem auf eigenen Erfahrungswerten beruht.“

Im Falle des Ultratiefemperatur-Lagersystems entschieden sich die Kältetechnikexperten von KTI-Plersch außerdem dafür, ein Box-in-Box-System umzusetzen. Das bedeutet, dass bei Betreten des Containers selbst lediglich -20 °C herrschen. Die ultratiefen Temperaturen werden dagegen in einer weiteren, an die Luftschleuse angeschlossenen Kammer innerhalb des Containers realisiert. Weiterhin wird die gesamte innere Kammer von der -20 °C kalten Luft umströmt. Dadurch kann der Eintrag von Wärme und Luftfeuchtigkeit beim Öffnen der Tür zur Kältekammer und in der Folge der Stromverbrauch auf ein Minimum begrenzt werden. Dies gilt auch, wenn bspw. die Kälteanlage ausfällt. Da die Kammer mit Temperaturen um -80 °C nicht direkt mit der Außenwelt in Berührung kommt, wo für gewöhnlich zumindest leichte Plusgrade herrschen, dauert es länger, bis sich die Kammer aufheizt. Höhere Wärmeverluste und Schäden an den gelagerten Produkten

können so über mehrere Stunden hinweg zuverlässig vermieden werden. Bei größeren Stromausfällen ist es möglich, die Anlage an einen Dieselgenerator anzuschließen.

### Studie bestätigt hohe Effizienz der Kaltlufttechnik

Die Steuerung der Anlage erfolgt über die bewährte S7-1200 von Siemens sowie über zwei 7“-HMI-Touchpanels. Alle Messwerte werden automatisch geloggt und können unter anderem über eine gesicherte VPN-Verbindung mit einem Webbrowser grafisch aufbereitet und abgefragt werden. „Um möglichst schnell Sicherungsmaßnahmen ergreifen zu können, löst die Steuerung bei Überschreiten eines vorher festgelegten Temperatur-Schwellenwertes automatisch einen Voralarm und einen Hauptalarm aus“, erläutert Frank. „Die Kaltluftmaschine besitzt außerdem eine eigene Steuerung inklusive Touchpanel, die über eine Profinet-Schnittstelle mit der KTI-Steuerung kommuniziert. Generell konstruieren wir die kundenspezifisch entwickelten Anlagen in enger Kooperation mit verschiedenen Partnern aber so, dass eine möglichst hohe Ausfallsicherheit gegeben ist und das System zu jeder Zeit effizient arbeitet.“

Dieser Anspruch wurde kürzlich von unabhängiger Seite bestätigt: Eine Studie, die in Kooperation mit dem Ingenieurbüro Refolution Industrielkälte und der Hochschule Karlsruhe entstand, verglich verschiedene Tieftemperaturtechnologien miteinander. „Die Ergebnisse zeigen auf, dass die Kaltlufttechnik im Vollastfall bei -80 °C ca. 10 % effizienter im Vergleich zu gängigen Kaskadentechnologien ist – bei Teillast sogar sehr häufig um bis zu 30 %. Damit ist die Kaltlufttechnik sowohl in ökologischer als auch in ökonomischer Sicht zukunftsfähig“, so Walleter abschließend.

### Die Autorin

**Pia Schäble**, technische Redakteurin, KTI

Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202200409>

### Kontakt

**KTI-Plersch Kältetechnik GmbH, Balzheim**

Tel.: +49 7347 9572-0

info@kti-plersch.com

www.kti-plersch.com

Frontansicht des Ultratiefemperatur-Containers mit Rückkühlleinheit an der Seite platziert. Die knapp -83 °C kalte Luft strömt bei geöffneter Tür zum Boden und bildet Nebel.





© Endress+Hauser

# Vom Labor bis in den Produktionsprozess

## Raman-Spektroskopie sichert die Produktqualität in der Biopharmazie

Die Raman-Spektroskopie ist in der biopharmazeutischen Industrie inzwischen ein Verfahren mit einer langen Anwendungsgeschichte. Die Technologie hat sich mit der Branche weiterentwickelt, und die im Markt verfügbaren Analysegeräte sind die Antwort auf viele verfahrenstechnische Herausforderungen in biopharmazeutischen Upstream- wie Downstream-Prozessen.

Die Entwicklung makromolekularer Therapeutika ist mit zeitaufwendigen und kostenintensiven Prozessdurchläufen verbunden, die nötig sind, um das notwendige Wissen aufzubauen und die Verfahren zu optimieren. Dabei ist auch die Skalierung vom Labormaßstab auf ein industrielles Verfahren eine Herausforderung, weil der Transfer der Modelle und der Qualitätstechniken von einer Stufe auf die nächste durchaus schwierig ist. Inzwischen finden sich jedoch auch Raman-Systeme in den Produktportfolios der Bioverfahrenstechnikanbieter, so dass ein reibungsloser Übergang vom Labor zur Prozesstechnik möglich wird.

Die besonderen Eigenschaften und Vorteile der Raman-Spektroskopie haben in der Biopharmazie bereits zu einer vermehrten Übernahme der Technologie in Upstream-Anwendungen geführt. Für die Zukunft wird erwartet, dass sie auch in Downstream-Anwendungen breiter

eingesetzt und unterstützend in der Zell- und Gentherapie herangezogen wird.

### Was ist Raman-Spektroskopie?

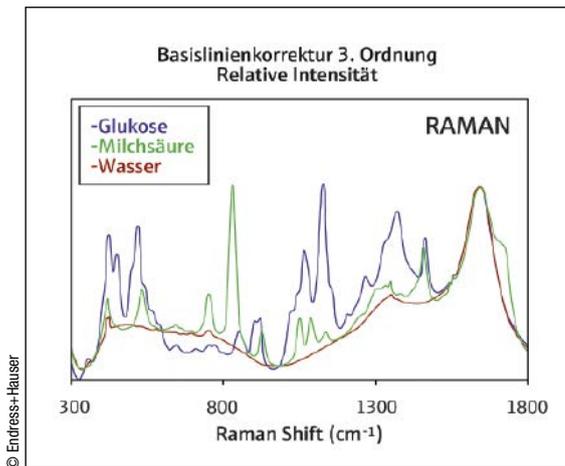
Die Raman-Spektroskopie basiert auf der Anregung von Molekülen mit sichtbarem Licht oder Licht im nahen Infrarotbereich. Die angeregte Verbindung behält beim Übergang aus dem virtuellen angeregten Zustand zurück in den Grundzustand eine kleine Menge der Energie des Photons zurück. Die Darstellung dieser Übergänge in einem Spektraldiagramm macht es möglich, Änderungen in der Wellenlänge des gestreuten Lichts zu erkennen, die für die Molekülschwingungen der jeweiligen chemischen Verbindungen charakteristisch sind. Die Raman-Spektroskopie erzeugt also einen „molekularen Fingerabdruck“, der sich nutzen lässt, um einzelne chemische Substanzen in einer Probe nachzuweisen, zu quantifizieren und Prozesse zu überwachen.



Maryann Cuellar,  
Endress+Hauser Optical Analysis

### Die Geschichte der Raman-Spektroskopie in der biopharmazeutischen Industrie

Die Raman-Technologie wurde zunächst in wissenschaftlichen Laboren eingesetzt. Mit der Zeit hat sich die Technologie weiterentwickelt und die Bedienoberflächen sind benutzerfreundlicher geworden, so dass heute auch industrielle Anwendungen möglich sind. Kurz gesagt waren es also Wissenschaftler, die damit begonnen haben, mit Raman-Geräten Kristallisationsprozesse und Endpunkte von Reaktionsprozessen zu beobachten. Heute findet man die Raman-Spektroskopie im Labor, in tragbaren Geräten, in der Industrie, in der Umweltüberwachung wie in der klinischen Forschung.



Beispiel für den Nachweis von Glukose und Milchsäure im Wasser durch Raman-Spektren



Die Rxn-46 Sonde an einem Sartorius BioPAT Spectrometer für einen Ambr 15 and Ambr 250 High Throughput-Reaktor.

Raman-Spektren sind so spezifisch, dass sie die Messung mehrerer Komponenten mit einer Glasfaseroptik-Sonde gestatten.

Die zunehmende Verwendung der Raman-Spektroskopie in der biopharmazeutischen Industrie hat in den letzten zwei Jahrzehnten noch einmal Fahrt aufgenommen. Machbarkeitsstudien in praktischen Anwendungen erbrachten den Nachweis, dass die Technologie verlässliche Messungen für das Überwachen von Kulturen in biotechnischen Upstream-Prozessen liefert. Im Industriebereich finden sich zunehmend Anwendung in Zellkultur- und Fermentationsverfahren.

Auch die Technologie selbst entwickelt sich ständig weiter. Dabei arbeiten die führenden Anbieter von Raman-Geräten mit Pilotanwendern in der Biopharmazie zusammen. Gemeinsam arbeitet man daran, die Anforderungen der Praxis in die anstehende Entwicklung von Raman-Produkten einzubringen. Diese Partnerschaft bringt einige Vorteile mit sich, z.B. die Übertragung bewährter Konzepte und generischer Modelle sowie die erfolgreiche Skalierung bis zu hin cGMP-kompatiblen Anwendungen und einer Raman-basierten Prozessführung.

### Die Rolle der Raman-Spektroskopie in der Entwicklung großer Moleküle

Zur Entwicklung makromolekularer Therapeutika gehört die spezifische Anpassung der proteinerzeugenden Stoffwechsel in lebenden Wirtszellen. Vorrangiges Ziel sind monoklonale Antikörper (mAK), die in Säugetierzellen produziert werden, auch andere Molekülarten kommen in Frage. Makromolekulare Biopharmazeutika zielen auf bestimmte Bevölkerungsgruppen und werden meist zur Behandlung spezieller Krankheiten eingesetzt.

Die Komplexität der Entwicklung biotechnischer Verfahren ist zu einem großen Teil eine Konsequenz des enormen Zeitbedarfs einer Prozessoptimierung in sehr vielen Schritten.

Dazu gehört das Entdecken neuartiger Wirkstoffe, die Auswahl von Zelllinien, der Aufbau von Wissen über die Anforderungen und Grenzen eines Prozesses und ihre Beschreibung, die Optimierung der Bedingungen für die Zellkulturen im Sinne der Gesamtproduktivität sowie die Ausgestaltung einer Aufbereitungsstrategie für eine maximale letztendliche Ausbeute. Viele dieser Schritte erfordern häufige Probenahmen einschließlich aufwendiger Offline-Untersuchungen und vielfältiger Analysetechniken. Das fehlende Wissen um Echtzeitverfahren zwingt Wissenschaftler und Techniker dazu, sich auf post hoc Prüfverfahren zur Qualitätsanalyse der Produkte zu verlassen. Das ist ein limitierender Faktor, der den Zeitaufwand für klinische Studien genau wie für die cCMP-Zulassung und die gesamte Markteinführung wesentlich erhöhen kann.

Mit Hilfe der Raman-Spektroskopie lassen sich die Herausforderungen meistern, die an die Hersteller makromolekularer Biopharmazeutika gestellt werden. Ein einzelner Raman-Analysator kann mit mehreren Sonden verbunden werden, und jede Sonde kann mehrere Substanzen messen. So kann ein Analysator für das Überwachen, Steuern und Optimieren mehrerer biotechnischer Prozessströme gleichzeitig eingesetzt werden, inline und in Echtzeit.

Raman ist damit ein praxistaugliches PAT-Werkzeug, mit dessen Hilfe Herstellungsprozesse nach QbD-Prinzipien realisiert werden können. Die Technologie hilft den Herstellern von Biopharmazeutika, ihre Produktqualität zu verbessern, Zykluszeiten zu verkürzen, die Ausbeute zu erhöhen, regulatorische Anforderungen zu erfüllen und Cross-Scale-Verfahrenstransfers vom Labor bis zur Produktionsanlage zu erleichtern.

### Aktuelle Fortschritte der Raman-Technologie in der Bio-Verfahrenstechnik

Biopharmazeutische Unternehmen benötigen skalierbare Modelle, kompatible Sonden und Instrumente, außerdem die Übertragbarkeit über

verschiedene Produkte hinweg, damit ein Scale-up oder Scale-out effizient umgesetzt werden kann. Sie benötigen ein Raman-System, das mit Analysatoren, Sonden, Software und Zubehörteilen arbeitet, die gezielt für einen reibungslosen Übergang von Laborbedingungen in verfahrenstechnische Anlagen entwickelt wurden. Diese Anwendungsvielfalt ist bereits in biotechnischen Produktportfolios zu finden und wird die Einsatzmöglichkeiten der Raman-Spektroskopie in biotechnologischen Prozessen weiter vorantreiben. Daneben spielen für biotechnische Prozesse konstruierte und optimierte Faseroptiksonden eine ganz wesentliche Rolle für die Effektivität der Raman-Technologie in der Biopharmazie. Solche Optiken für biotechnische Prozesse erfüllen strenge Materialstandards, passen zu den unterschiedlichen Schnittstellen kleinformatiger und großer Bioreaktoren und sind mit Reinigungs- und Sterilisationsvorschriften kompatibel.

Raman-Analysatoren können jetzt auch in Micro- und Mini-Bioreaktoren integriert werden. Kleinere automatisierte Bioreaktoren machen eine schnelle Weiterentwicklung von Verfahren möglich, indem mehrere Reaktoren parallel betrieben werden und so eine echte DoE-Auswertung erlauben. Ein einziger Durchlauf einer automatisierten Bioreaktorplattform generiert ausreichend Daten, um robuste Modelle zu entwickeln, die eine Überwachung und Steuerung vieler Eigenschaften von Zellkulturen in Echtzeit erlauben.

### Die Zukunft der Raman-Technologie in der biopharmazeutischen Produktion

Herstellungsverfahren mit Single-Use-Technologie überholen mit großer Geschwindigkeit Hard-Pipe-Anlagen. Single-Use-Raman-Sondenarmaturen machen die Sterilisation beim Endanwender überflüssig und vermeiden das damit verbundene Kontaminationsrisiko. Integrierte Raman-Sonden von mehreren Anbietern machen eine Cross-Scale- und eine Cross-Plattform-Raman-Analyse möglich.

Continuous Manufacturing ist ein weiterer disruptiver Trend in der biopharmazeutischen Produktion. Jedoch schränkt die fehlende Inline-Überwachung zur Unterstützung der Steuerungsstrategien den Einsatz ein. Raman-Analysatoren bieten eine Lösung durch verlässliche Inline-Messungen, die einen Echtzeiteinblick in die Prozesse für Feedback- und Feedforward-Steuerungsstrategien ermöglichen.

Bei der Entwicklung von Zell- und Gentherapien ist es wesentlich, die Dauer von der Forschung und Entwicklung bis zur Behandlung von Patienten so kurz wie möglich zu halten. Die Raman-Spektroskopie kann eingesetzt werden, um spenderspezifisches Zellverhalten, Nährstoffaufnahme und Metabolitenproduktion in Echtzeit zu überwachen. Daraus ergibt sich ein unmittelbares Feedback aus dem Prozess, ein zügiger Erkenntnisgewinn und die Fähigkeit, die Produktion schon im ersten Versuch richtig zu gestalten.

Ein wichtiger Wachstumsbereich für die Raman-Spektroskopie sind auch Downstream-Anwendungen. Aktuelle Studien betonen die Vorteile der Technologie, um Konzentration, Struktur, Kristallisation und Aggregation von

Proteinen zu messen. Pufferhilfsstoffe und weitere Bestandteile sowie viele andere Prozesseigenschaften lassen sich mit der Messmethode erfassen.

Raman-gestützte Lab-to-Process-Skalierbarkeit bietet deutliche Wettbewerbsvorteile. Und zwar dann, wenn sie auf jeder Stufe im Lebenszyklus eines biopharmazeutischen Produkts umgesetzt wird und dabei Qualitätsmetriken für den Technologietransfer generiert.

**Fazit**

Die Raman-Spektroskopie erzeugt einen kraftvollen molekularen Fingerabdruck, der genutzt werden kann, um chemische Substanzen nachzuweisen, zu quantifizieren und zu überwachen. Die Technologie ist im Laborumfeld etabliert und findet inzwischen ein breites Spektrum von industriellen Anwendungen. Viele der immanenten Herausforderungen biopharmazeutischer Herstellungsprozesse kann die Raman-Spektroskopie überwinden. Raman-Analysatoren ermöglichen Inline- und Echtzeit-Messungen und machen damit den Weg frei für PAT und die Anwendung von QbD-Prinzipien. Die Skalierbarkeit der Messmethode macht

es den Herstellern von Biopharmazeutika leichter, ihre Produkte vom Laborstadium bis zum Herstellungsprozess in kürzerer Zeit zu entwickeln und die Qualitätskontrolle ihrer Produkte zu verbessern.

**Die Autorin**

**Maryann Cuellar**, Produktmanagerin,  
Endress+Hauser Optical Analysis

Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:  
<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202200410>

**Kontakt**  
**Endress+Hauser Deutschland, Weil am Rhein**  
Tel.: +49 7621 975-01  
info.de.sc@endress.com  
www.de.endress.com

**Leistungsfähiger Einwegseparator**

Mit dem neuen Kytero Single-Use Pharma Separator stellt GEA eine Lösung für die Gewinnung von Fermentationslösungen und Zellkulturen vor, die mit der bewährten GEA Westfalia Separator-Tellerpaket-Technologie ausgestattet ist. Beim Zentrifugieren erfolgt die Separation des Mediums im Unterschied zur Filtration nicht durch Filtermittel (Filterplatten und Filtertücher), sondern durch Ausnutzung der auftretenden Zentrifugalkraft in Verbindung mit dem Tellerpaket für erhöhte Klärfizienz. Die mobile Plug & Produce-Einheit passt zudem in jeden Reinraum. Alle produktberührenden Elemente wie Schläuche und Behältnisse sind aus recyclebarem Material gefertigt und werden nach Benutzung ausgetauscht. Der Wechsel der Single-Use Teile erfolgt sehr einfach durch aseptische Connector Systeme. Die geringe Stellfläche des Geräts für die Einzelverarbeitung macht ihn hochmobil und minimiert den Bedarf an teuren Lager- oder Produktionsflächen. Puffertanks werden nicht benötigt. Durch den Wegfall von CIP (Clean-in-Place) und SIP (Sterilize-in-Place) entfallen auch die Kosten für Chemikalien und Wasser, insbesondere Water-for-Injection-(WFI). Zusätzlich



entfällt der Energie- und Arbeitsaufwand für die Reinigung und Sterilisation. Die Einrichtungs- und Umrüstzeit (nur fünf bis zehn Minuten für die Vorbereitung) ist minimal. Es sind dabei keine Hilfsmittel wie Wasser, Puffer oder Tanks erforderlich. Der Geräuschpegel ist mit weniger als 69 dBA sehr niedrig. Die bei der Zentrifugation unvermeidbare Temperaturerhöhung des Produkts ist mit weniger als zwei Grad minimal.

**Kontakt**  
**GEA Group AG, Düsseldorf**  
Tel.: +49 211-9136-0  
www.gea.com

**Viable Zelldichte in Echtzeit messen**

Hamilton Bonaduz stellt mit Arc-Air Data Modeling eine neue Software-Lösung, welche die Messwerte von Hamiltons Incyte Arc automatisch mit Werten aus Off-Line Zellzählungen korreliert. Incyte Arc ist ein Sensor zur präzisen Online-Messung des Volumens lebensfähiger Zellen (Permittivität). Viele Bioprozessbetreiber wünschen sich jedoch eine On-line-Messung, die einen Vergleich mit der historischen Off-line-Messung hinsichtlich der Dichte lebender Zellen zulässt. Die Software ermöglicht es biopharmazeutischen Unternehmen nun, ihre Bioprozesse auf Grundlage der Lebendzellendichte präzise zu steuern und den Bedarf an häufigen und aufwendigen Off-line-Probenentnahmen deutlich zu reduzieren. Die multivariate Datenanalyse-Software vereint verschiedene Messparameter des Sensors perfekt in einem Softsensor, welcher eine sehr gut korrelierte Zelldichtebestimmung im Prozess liefert. Sie greift dabei sowohl auf die aus früheren Chargen vorhandenen Frequenzscandaten des Incyte Arc, als auch auf vorhandene Off-line-Zahlen lebensfähiger Zellen zurück und verknüpft das In-line-Signal mit diesen. In der Ver-



gangenheit war die Vereinigung von In-line-Messungen und Off-line-Zellzahlen schwierig, da die Messungen auf unterschiedlichen Messprinzipien beruhen. Während die üblicherweise verwendete lineare Korrelationsmethode genaue Daten im Bereich der Lag- und exponentiellen Wachstumsphase liefert, weichen die Daten in der stationären- und Totphase aufgrund der unterschiedlichen Messprinzipien voneinander ab.

**Kontakt**  
**Hamilton Bonaduz AG, Bonaduz, Schweiz**  
Tel.: +41 58 610 10-10  
contact.pa.ch@hamilton.ch  
www.hamiltoncompany.com

# Quo Vadis kontinuierliche Herstellung?

## Die Erfolgsgeschichte der kontinuierlichen Pharmaproduktion

In den letzten Jahren haben große Pharmahersteller begonnen, kontinuierliche Herstellungsmethoden für orale feste Darreichungsformen sowohl für die Entwicklung als auch für die kommerzielle Produktion einzuführen. Mit der Zulassung mehrerer kontinuierlich hergestellter Medikamente sowie der kurz vor der Veröffentlichung stehenden „ICH Q13“- und „Quality Considerations for Continuous Manufacturing Guidance for Industry“ der FDA gewinnt die Industrie weiter an Vertrauen in diese Technologie.



© Gericke

Die Chargenfertigung ist nach wie vor der Standard für viele neue Arzneimittel, aber das Umdenken hat begonnen.

Zwar hat die kontinuierliche Fertigung den Durchbruch als Paradigmenwechsel noch nicht erlebt, der von vielen vorhergesagt wurde, aber die Akzeptanz nimmt zu. Die Chargenfertigung ist nach wie vor der Standard für viele neue Arzneimittel. Die meisten frühen Anlagen, die in den letzten 15 Jahren für die kontinuierliche Herstellung fester oraler Darreichungsformen gebaut wurden, waren für mittlere Produktvolumina (z.B. mit einer Tablettierkapazität von 25–50 kg/h) und für Arzneimittel mit geringer Wirkstärke ausgelegt. Daher war es für viele Pharmaunternehmen schwierig, die Umstellung von der Batch- auf die kontinuierliche Herstellung wirtschaftlich zu rechtfertigen. Die Vorteile der kontinuierlichen Herstellung überwiegen nicht die höheren Investitionskosten für komplexere Anlagen, den höheren Wirkstoffverbrauch in der frühen Entwicklungsphase und die Bildung neuer Produktionsteams, die mit den hochkomplexen Anlagen vertraut sind. Und die relativ hohen Produktionsmengen passten einfach nicht in die Pipeline der meisten neuen Arzneimittel.

### Nachfrage nach kontinuierlichen Produktionsanlagen steigt

Gericke entwickelt und vermarktet kontinuierliche Dosier- und Mischanlagen zur Herstellung von oralen festen Darreichungsformen, und hatte auf der Achema 2012 den ersten Rezepturschlitten vorgestellt und seitdem erfolgreich die kontinuierliche Herstellung beliefert. Der Anbieter hat jedoch die zusätzliche Nachfrage nach Anlagen speziell für die anderen Enden des Spektrums erkannt: niedrigvolumige hochpotente und hochvolumige Arzneimittelprodukte.

Für niedrigvolumige, hochwirksame Arzneimittel wurde eine halbkontinuierliche Dosier- und Mischanlage, das Gericke Formulation Skid Batch GFS-B, entwickelt. Die Hauptvorteile sind vor allem ein geringerer Wirkstoffverbrauch während der Entwicklung, keine An- und Abfahrverluste, eine weniger komplexe Steuerung sowie die Eignung für sehr niedrige Dosierungen unter 1 % Wirkstoffgehalt und ein hohes Containment (OEB4/5). Dies ermöglicht den Einsatz der kontinuierlichen Herstellung für Chargengrößen unter 1 kg.

Für hochvolumige Produkte kann eine neue Variante des Gericke Formulation Skid Conti GFS-C eingesetzt werden. Dabei handelt es sich um ein traditionelles kontinuierliches Beschickungs- und Mischverfahren, das sich für hohe Durchsatzleistungen bis zu 500 kg/h und sogar für die Versorgung mehrerer Tablettier- oder Kapselabfüllanlagen mit einer einzigen Mischeinheit eignet. Damit lassen sich die Betriebskosten der kontinuierlichen Herstellung senken. Diese Lösung ist sehr attraktiv für Hersteller von Generika oder „Over The Counter“-Produkten.

### Marktführende gravimetrische Dosier- und Mischlösungen

Mit rund 50 installierten kontinuierlichen Mixern für pharmazeutische Anwendungen sowie über 125 Jahren verfahrenstechnischem Know-how aus anderen Industrien ist das Unternehmen Weltmarktführer für flexible und modulare Dosier- und Mischlösungen für die kontinuierliche Produktion von oralen festen Darreichungsformen. Mit einem exponentiellen Umsatzwachstum in den letzten Jahren markierte das Jahr 2021 ein weiteres erfolgreiches Jahr mit einem rekordverdächtigen Auftragseingang. Die Systeme reichen von gravimetrischen Dosierern und Mixern, die in Isolatoren integriert sind, über halbkontinuierliche

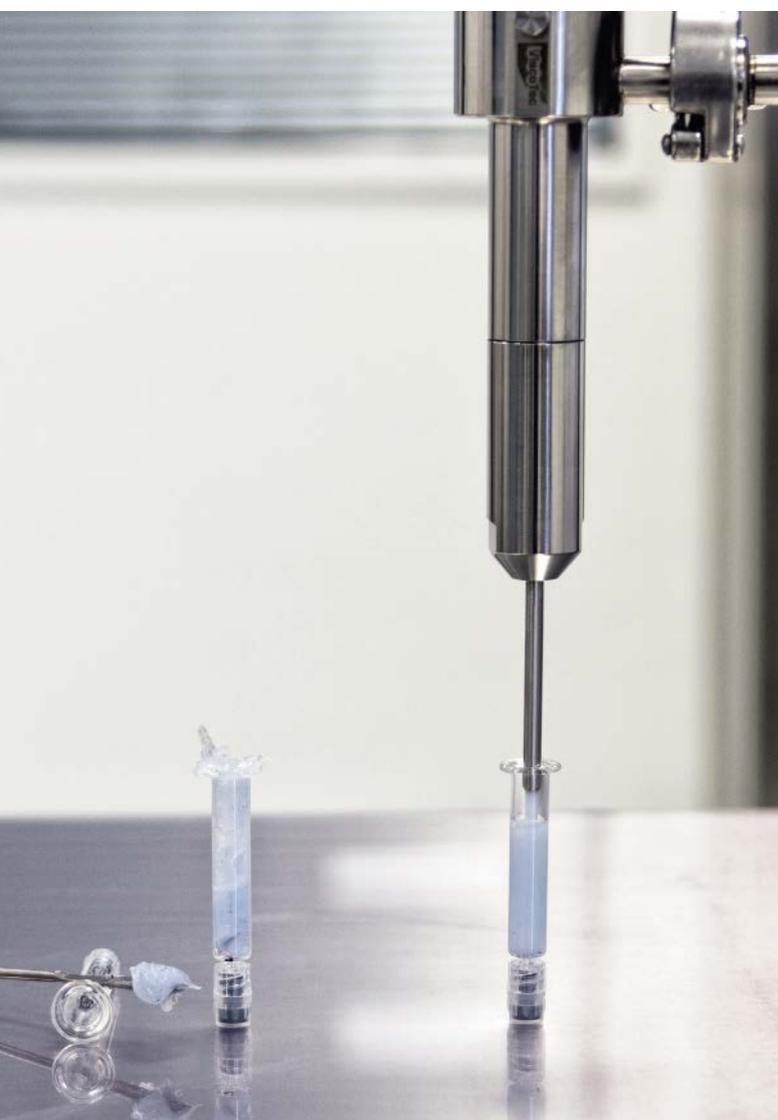


Gericke bietet flexible und modulare Dosier- und Mischlösungen für die kontinuierliche Produktion von oralen festen Darreichungsformen.

ches Mischen für die Direktverpressung, modulare Einheiten mit acht gravimetrischen Dosierern bis hin zu Großserienanlagen, die mehrere doppel-seitige Rundlauftablettenpressen versorgen. Die Systeme werden weltweit eingesetzt: Deutschland, Frankreich, England, Schottland, Skandinavien, USA, Indien, Südamerika usw. zeigen, dass die kontinuierliche Herstellung nicht nur ein Trend ist, sondern bald der Paradigmenwechsel sein wird, auf den alle hoffen.

Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:  
<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202200411>

**Kontakt**  
**Gericke AG, Regensdorf, Schweiz**  
 Tel.: +41 44 871 36 36  
 info@gerickegroup.com  
 www.gerickegroup.com



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



## DOSIER- UND ABFÜLLPUMPEN FÜR FLUIDE UND PASTEN

- Kleinmengen ab 0,1 ml; ein- und zweikomponentig
- Für schersensitive, gefüllte und abrasive Medien
- Definierter Fadenabriss, kein Nachtropfen
- Wiederholgenauigkeit von > 99 %
- Kontinuierliche und pulsationsfreie Dosierung

Lösungen und Know-how für die Entnahme, Aufbereitung sowie Abfüllung unterschiedlicher Produkte – viskositätsunabhängig & für halb- oder vollautomatische Verpackungslinien.

**ACHEMA2022**

Besuchen Sie uns vom  
 22. - 26.08.2022  
 am Stand A74 in Halle 3.0



# Hygienische Doppelschraubenspindelpumpe fördert Desinfektionsgel

Schweizer Hersteller erneuert bestehende Produktionsanlage nach ATEX-Bedingungen



© Steinfels Swiss

Während der Coronapandemie ist die Nachfrage nach Desinfektionsmitteln gestiegen. Aufgrund des weiterhin hohen Bedarfs traf der Hersteller von Hand- und Flächendesinfektionsmitteln, Steinfels Swiss, Mitte 2020 die Entscheidung, eine bestehende Produktionsanlage im Werk in Winterthur unter ATEX-Bedingungen zu erneuern und für die Herstellung von Gelprodukten zu verwenden. Im Rahmen des Umbaus wurde eine neue Pumpe von Lewa Nikkiso Switzerland installiert, die den Fertig-Bulk mit verschiedenen Viskositäten vom Rührwerk in das Tanklager automatisiert und prozesssicher transportiert.

„Durch Corona ist die Nachfrage an Desinfektionsmitteln massiv gestiegen, so dass wir uns 2020 entschieden haben, den gesamten ATEX-Produktionsbereich, welcher bereits in die Jahre gekommen war, zu erneuern und die Produktionsleistung auszubauen“, erklärt Beat Brogli, Leiter Technik bei Steinfels Swiss. Nachdem auch die Nachfrage an Desinfektionsgels auf dem Markt deutlich zugenommen hat, beschloss das Unternehmen, einen neuen Rührbehälter zur Herstellung von Gelprodukten zu konzipieren und ihn im Zuge der Umbaumaßnahmen in den Herstellprozess zu integrieren. Um die Fertigprodukte dann automatisiert in das Tanklager zu pumpen, investierte der Anlagenbetreiber in eine PDSP Doppelschrauben-

spindelpumpe von Lewa Nikkiso Switzerland. Die Pumpe kann mit hoher Drehzahl betrieben werden und somit Medien mit der in der Gelproduktion benötigten Viskositätsbandbreite von 1 bis 6.000 mPa problemlos fördern. Zudem ist aufgrund ihres Förderprinzips auch bei sich ändernden Fördermengen und Viskositäten eine beständig hohe und kontinuierliche Leistung gegeben. Die neue Schraubenspindelpumpe bei Steinfels Swiss stellt seit März 2021 die ATEX-konforme Förderung von 15 m<sup>3</sup>/h Desinfektionsmittel bei 3 bar sicher. „Früher erfolgte das Umpumpen bei vielen Produkten mit mobilen Pumpen und Schläuchen“, so Brogli. „Das neue Aggregat ist nun fest installiert und in den Reinigungsprozess integriert.“

## Aggregat für Medien mit großer Viskositätsbandbreite

Steinfels Swiss entschied sich aufgrund der ausführlichen Beratung durch den Pumpenanbieter sowie eines sehr erfolgreichen Vorprojekts, bei dem bestehende Aggregate durch maßangefertigte Doppelschraubenspindelpumpen ausgetauscht wurden, für eine PDSP. Dank ihrer hohen Druckstabilität sind Aggregate dieses Typs bis 16 bar bei Temperaturen bis 136 °C einsetzbar und erreichen ein maximales Förder-volumen von 90 m<sup>3</sup>/h. Die Doppelschraubenspindelpumpen können mit sehr hoher Drehzahl von bis zu 3.600 U/min betrieben werden. Dadurch sind sie besonders gut dafür geeignet, dünnflüssige bis hochviskose Fluide zu fördern und können auch als CIP-Pumpen für das zu fördernde Medium genutzt werden.

Für den zuverlässigen und effizienten Betrieb sind die Pumpen mit zwei präzisionsgefertigten Schraubenspindeln ausgestattet, die ein optimales Spiel gewährleisten. Da sich die Schrauben nicht berühren, sondern das Produkt durch die Schraubenwindung pulsationslos nach vorne drücken, eignet sich diese Serie besonders für sensible und scherempfindliche Medien. Jede Pumpengröße kann mit zwei unterschiedlichen Spindeln betrieben werden. Zu allen Baugrößen sind je zwei verschiedene Spindeltypen lieferbar,



Die neue Pumpe kommt im ATEX- Produktionsbereich im Werk der Steinfels Swiss in Winterthur zum Einsatz.

die jeweils über eine spezifische Gewindesteigung verfügen. In der Gelanwendung bei Steinfels Swiss werden gehärtete Spindeln eingesetzt. Der freie Kugeldurchgang beträgt je nach Typ bis zu 30 mm. „Schraubenspindelpumpen bieten den Vorteil eines linearen Fördermengenprinzips. Dadurch ist eine einfache und kostengünstige Mengenregelung über die Motordrehzahl möglich sowie eine beständig hohe und kontinuierliche Förderleistung, auch wenn sich die Fördermengen und Viskositäten ändern“, fasst Pettoruto zusammen.

### Anpassungsmöglichkeiten bei Dichtungsmaterialien

Gegenüber Exzenterschneckenpumpen sind die Modelle recht kompakt gebaut und benötigen

vor allem kein Elastomer als Stator. „Dadurch entfallen verschiedene Probleme wie Abrieb des Elastomers bei der Linienverpressung mit dem Rotor und ein aufwendiger Austausch oder Wechsel des Elastomers“, so Pettoruto. Zudem ist die PDSP selbstansaugend, so dass sie die Saugleitung der Pumpe selbstständig und ohne externe Hilfseinrichtungen entlüften kann. Die tottraumarm konstruierten Aggregate sind aus hochwertigem Edelstahl gefertigt, wobei alle produktberührenden Teile standardmäßig eine Rauheit  $<0,8 \mu\text{m}$  aufweisen und bis zu einem Wert von  $<0,5 \mu\text{m}$  poliert werden können. Getriebe, Grundplatte und Kupplungsschutz sind aus rostfreiem Edelstahl, so dass sich die Pumpen auch von außen gut reinigen lassen. Für die Wellendichtung kommen einfache

oder doppelte Gleitringdichtungen aus SIC oder Wolframkarbid- bzw. PTFE-Lippendichtungen zum Einsatz. Die O-Ringe sind bspw. aus FKM, EPDM, PTFE oder FFKM gefertigt. Da der Pumpendeckel einfach abgeschraubt werden kann, lassen sich die Anlagen für Wartungsarbeiten unkompliziert öffnen.

„Für die Anwendung in der ATEX-Zone bei Steinfels Swiss wurde die Pumpe mit einer doppelten Gleitringdichtung und O-Ringen aus EPDM gemäß FDA und EG1935/2004 ausgestattet und die Grundplatte auf Kundenwunsch gefertigt“, erklärt Pettoruto. Seit März 2021 transportiert das Aggregat zuverlässig bei 3 bar Geldesinfektionsmittel mit  $15 \text{ m}^3/\text{h}$ . In den ersten sechs Monaten seit der Erneuerung der gesamten ATEX-Produktion wurden dort insgesamt rund 700 t Desinfektionsmittel hergestellt.

### Die Autorin:

Nicole Kochenburger, Marketing Manager, Lewa



Jede Pumpengröße kann mit zwei verschiedenen Schrauben montiert werden, jede mit einer bestimmten Steigung. Der freie Kugeldurchgang beträgt je nach Typ bis zu 30 mm und erlaubt, Medien mit großen Viskositätsunterschieden zu fördern. Die bei Steinfels Swiss geforderte Viskositätsbandbreite von 1 bis 6.000 mPa wird von der installierten Pumpe problemlos abgedeckt.

Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202200412>

### Kontakt

Steinfels Swiss, Winterthur, Schweiz  
Tel.: +41 52 234 44-00  
info@steinfels-swiss.ch  
www.steinfels-swiss.ch

LEWA GmbH, Leonberg, Deutschland  
Tel.: +49 7152 14-0  
lewa@lewa.de  
www.lewa.ch

# TA Luft und Sterilflanschverbindungen

## Dichtheitsnachweis nach TA Luft für Kraftnebenschluss-Verbindungen mit O-Ringen aus Gummi

Die seit 1.12.2021 gültige neue TA Luft bringt einige geänderte und teilweise verschärfte Regeln rund um die Emission und Immission industrieller Anlagen mit sich. Diese betreffen im speziellen auch Dichtungen und Flanschverbindungen bezogen auf diffuse Emissionen. In diesem Zusammenhang wurde unter Federführung von Merck und der fachlichen Beratung durch die FH Münster ein Fachgutachten in Zusammenarbeit mit dem Prüflabor Richter und der Einbindung eines Sachverständigenbüros erarbeitet. Diese Ausarbeitung wurde in den relevanten fachlichen Gremien beim VDI und VCI vorgestellt und wird zukünftig für Flanschverbindungen im Kraftnebenschluss als neue Nachweismethode in die Normung (voraussichtlich VDI 2290) mit aufgenommen.

Eine wesentliche Änderung ist das Betrachten des kompletten Flanschsystems, bestehend aus Flanschen, Schrauben und dem Dichtungselement. Das heißt bei Flanschverbindungen aus ausgekleideten Flanschverbindungen, Thermoplasten, Stahl-Email etc. ist es nicht mehr ausreichend, eine TA-Luft-konforme Dichtung zu verbauen, sondern das komplette System muss betrachtet werden. Durch diese Neuerung wurde das Spektrum der zu betrachtenden Flanschverbindungen deutlich erweitert.

Darüber hinaus fordert die neue TA Luft die Einhaltung einer maximal zulässigen Leckage-

rate von 0,01 mg/(s\*m) (L0,01) vgl. 5.2.6.3 der TA Luft<sup>[1]</sup>. Der Nachweis kann durch drei Verfahren geführt werden, die untereinander gleichwertig sind, vgl.<sup>[2]</sup>:

- analytisches Verfahren oder FEM
- typbasierter Bauteilversuch
- Tests unter Realbedingungen

### Analytische Verfahren oder FEM

Für klassische Flanschverbindungen aus Stahl im Krafthauptschluss (KHS), z.B. nach EN 1092-1, erfolgt der Dichtheitsnachweis regelmäßig nach dem analytischen Verfahren der EN 1591-1, wobei hierfür Dichtungskenn-

werte nach EN 13555 erforderlich sind, vgl. [www.gasketdata.org](http://www.gasketdata.org). Zur bisherigen TA Luft gibt es zwar neue Grenzwerte, die sich an den Betriebsbedingungen orientieren, aber praktisch sind keine Änderungen am analytischen Verfahren zu beachten.

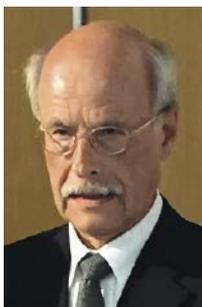
### Typbasierter Bauteilversuch

Der typbasierte Bauteilversuch<sup>[3]</sup> kommt üblicherweise dann zur Anwendung, wenn keine analytischen Verfahren existieren und/oder FEM-Analysen zu aufwendig wären. Flanschverbindungen, die hierunter fallen, sind Krafthauptschlussverbindungen aus Stahl-Email, GFK, Thermoplasten





**Thomas Gross,**  
Merck, Kompetenzzentrum



**Dr.-Ing. Manfred Achenbach,**  
Ingenieur- und Sachverständigenbüro Achenbach



**Bernhard Richter,**  
O-Ring Prüflabor Richter



**Prof. Dr.-Ing. Alexander Riedl,**  
FH Münster

usw. Die praktische Vorgehensweise bei Rohrleitungsflanschen ist in diesem Fall, über eine Nennweitenreihe hinweg die „schwächste“ Verbindung heranzuziehen. Die schwächste Verbindung zeichnet sich dadurch aus, dass sie die geringste Flächenpressung bei der Montage erzeugt. Mit dieser Flächenpressung muss der typbasierte Bauteilversuch durchgeführt werden. Nach erfolgreicher Durchführung des Bauteilversuches ist der Dichtheitsnachweis für die komplette Nennweitenreihe erbracht.

Greifen die ersten beiden Möglichkeiten nicht, bleibt als letzte Möglichkeit unter Realbedingungen die Dichtheit nachzuweisen, bspw. mit dem FID-Verfahren.

**Problematik bei Kraftnebenschlussverbindungen (KNS)**

Für den Nachweis der Dichtheit von KNS-Verbindungen existiert neben möglichen FEM-Analysen, als einzig bekanntes analytisches Verfahren, das kerntechnische Regelwerk, das bei Vorliegen entsprechender Dichtungskennwerte grundsätzlich anwendbar wäre.

Die Problematik bei allen Kraftnebenschlussverbindungen (KNS) ist, dass die „schwächste“ Verbindung, die maßgeblich für die Leckage ist, weder bei der Bestimmung von Dichtungskennwerten für den analytischen Nachweis noch bei typbasierten Bauteilversuchen experimentell messbar ist. Die „schwächste“ Verbindung wäre bspw. bei einer axial belasteten O-Ring-Flanschverbindung, wie sie bei Sterilflanschverbindungen vorliegt, durch folgende Eigenschaften gekennzeichnet:

- O-Ring mit der geringsten Schnurstärke und
- größtmögliche Nut der Flansche.

Es ist offensichtlich, dass diese Kombination mit den Einflüssen der Fertigungstoleranzen experimentell allenfalls theoretisch herstellbar wäre, niemals aber in der Praxis.

Die beschriebene Problemstellung wurde an den VCI AK Bauteilversuche und an den zuständigen Arbeitsausschuss NA 003-01-14-AA „Rohre und Komponenten für die Lebensmittelindustrie, die chemische und die pharmazeutische Industrie“ herangetragen. Unter der Feder-

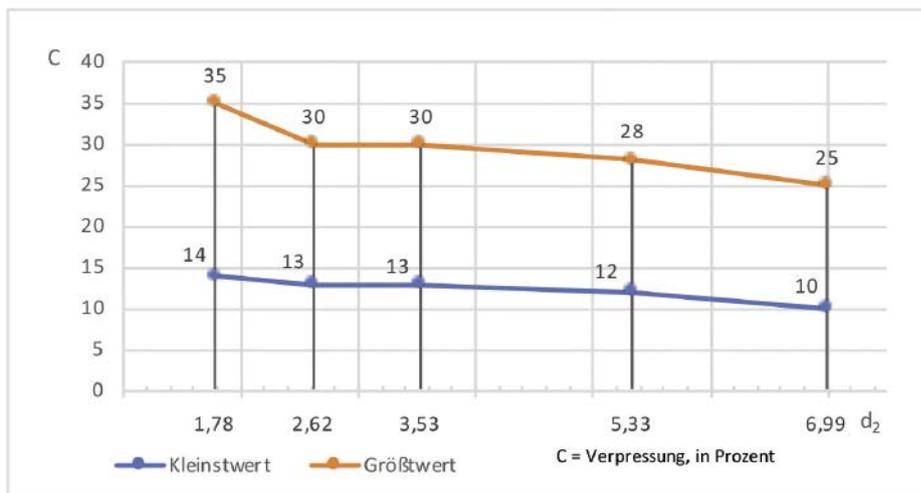
führung von Merck und der fachlichen Beratung durch die FH Münster wurde ein entsprechendes Fachgutachten beim O-Ring Prüflabor Richter unter Einbindung eines Sachverständigenbüros zur Lösung des Problems beauftragt.

**Lösung am Beispiel der Sterilflanschverbindungen nach DIN 11864-2 mit O-Ringen aus Gummi**

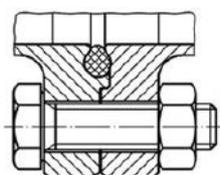
Der Stofftransport durch Gummi beruht auf Permeation, wobei die infolgedessen auftretende Leckage praktisch unabhängig von der Verpressung des Dichtelements ist, sofern diese ausreichend hoch ist. Voraussetzung hierfür ist, dass die einschlägigen Vorgaben zur prozentualen Verpressung von O-Ringen eingehalten werden, beispielsweise nach ISO 3601-2. Mit diesen Verpressungswerten (Abb. 1) wird sichergestellt, dass die Dichtung sowohl eine ausreichende Verformung bei der Montage erfährt als auch die Alterung Berücksichtigung findet, sodass kein

signifikanter Anstieg der Leckage im Betrieb zu erwarten ist. Aus diesem Grund ist es für Flanschverbindungen im KNS mit Einsatz von Gummidichtungen ausreichend, eine Überprüfung durchzuführen, bei der die Verpressungswerte innerhalb der anerkannten Grenzen liegen.

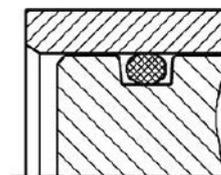
Da Gummidichtungen bei ausreichender Verformung regelmäßig Dichtheitsklassen aufweisen, die deutlich unter der nach TA Luft geforderten Dichtheitsklasse L0,01 liegen, kann auf experimentelle Nachweise zur Dichtheit (typbasierter Bauteilversuch nach TA Luft) verzichtet werden, vgl.<sup>[4]</sup>. Wie oben bereits ausgeführt wurde, ist der experimentelle Nachweis allenfalls theoretisch, nicht aber praktisch möglich. Nachstehend wird gezeigt, wie die Mindestverformung nach ISO 3601-2 bzw. die daraus resultierende maximal vorliegende Flächenpressung auf sogenannte Sterilflanschverbindungen nach DIN 11864-2 angewandt werden kann, wobei die Ausführungen sich vorrangig



**Abb. 1: Prozentuale Verpressung von O-Ringen (statische Anwendung in der Hydraulik und Pneumatik) [Auszug aus DIN ISO 3601-2 2010].**



**Abb. 2: O-Ring-Einbauraum nach DIN 11864-2 [Auszug aus DIN 11864-2 2017].**



**Abb. 3: Beispielhafter O-Ring-Einbauraum nach ISO 3601-2 [Auszug aus DIN ISO 3601-2 2010].**

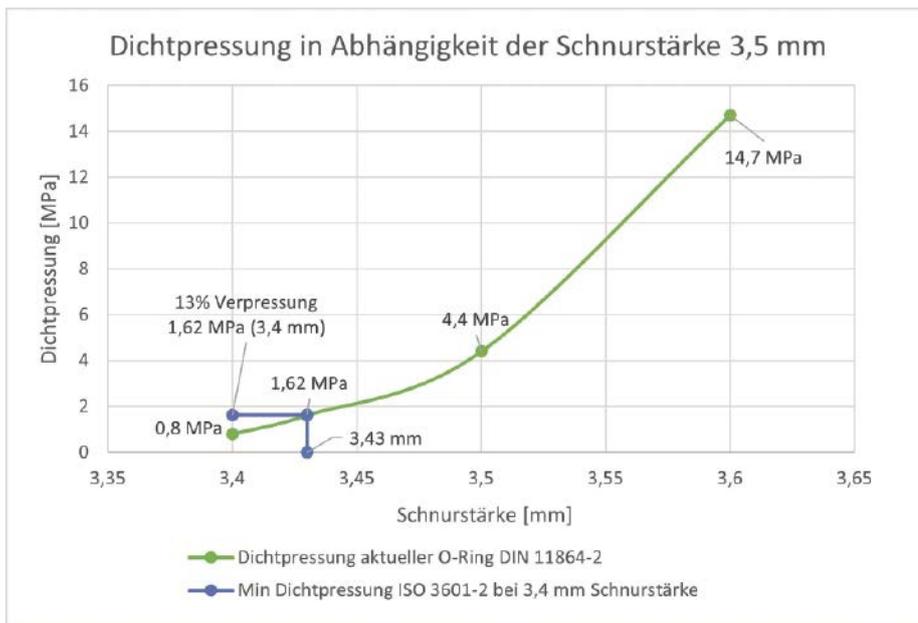


Abb. 4: Dichtflächenpression bei 3,5 mm Schnurstärke mit ungünstigster Konstellation.

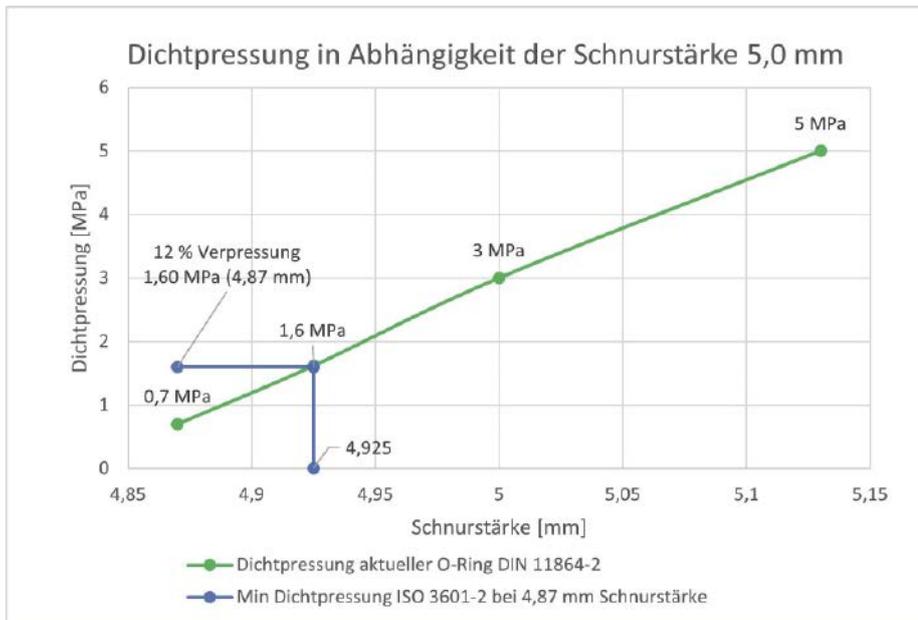


Abb. 5: Dichtflächenpression bei 5,0 mm Schnurstärke mit ungünstigster Konstellation.

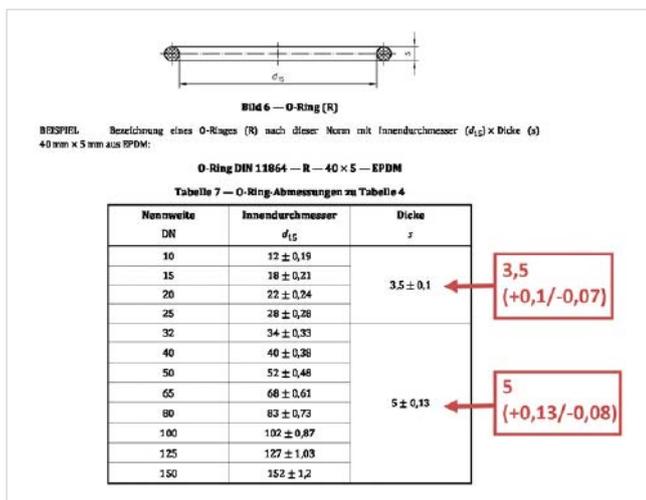


Abb. 6: Erhöhung der Mindestflächenpression durch Anpassung der unteren Toleranzen [Auszug aus DIN 11864-2 2017].

auf die Ergebnisse von Achenbach u.A.<sup>[4]</sup> und Richter<sup>[5]</sup> beziehen.

**Vergleich der Verpressungen**

Beim Vergleich der O-Ring-Einbauräume nach DIN 11864-2, Abb. 2, fällt auf, dass die Verformung des O-Ring-Querschnitts deutlich geringer, als nach ISO 3601-2 (Abb. 3) ausfällt. So liegt die minimal zulässige Verpressung nach ISO 3601-2 bei den Schnurstärken 3,53 mm bei 13 %, bei 5,33 mm bei 12 %, während diese bei einer Auslegung nach DIN 11864-2 bei 3,5 mm und 5,0 mm Schnurstärke minimal 3 % betragen kann, vgl. Abb. 4.

Die Verpressung, das heißt, die relative Verformung des O-Rings, dient dem Zweck, eine für die Dichtwirkung ausreichende Dichtflächenpression zu erzeugen. Bei einem Einbauraum nach ISO 3601-2 kann das durch die relative Verformung verdrängte Material senkrecht zur Verformungsrichtung ausweichen, womit sich der runde Querschnitt einer elliptischen Form annähert. Dagegen kann sich das durch die Verpressung verdrängte Material in einem Einbauraum nach DIN 11864-2 nur in eine Richtung hin verschieben, was einen deutlich höheren Widerstand erzeugt bzw. bei gleichen Verpressungen zu einer höheren Dichtflächenpression führt als bei der Rechtecknut nach ISO 3601-2.

**Flächenpression als Maß für die Verformung**

Richter<sup>[5]</sup> und Achenbach u.A.<sup>[4]</sup> verglichen mit Hilfe umfangreicher FEM-Analysen die Verpressung und die Dichtflächenpression von Abdichtungen nach ISO 3601-2 und DIN 11864-2 am Beispiel einer repräsentativen O-Ring-Anwendung mit einem Härtegrad der O-Ringe von 70 IHRD und zwei Schnurstärken von 3,5 mm ± 0,1 mm bzw. 5,0 mm ± 0,13 mm.

Ergebnis war, dass die Mindestflächenpression einer Flanschverbindung nach DIN 11864-2 bei ungünstigsten Voraussetzungen, also größter Nut und kleinstem O-Ring-Querschnitt, nicht die minimale Dichtflächenpression erzielt, die nach ISO 3601-2 bei einer Rechtecknut gefordert wird. Konkret ergab die Analyse der minimalen Schnurstärke von 3,4 mm eine maximale Dichtflächenpression von 1,62 MPa bei minimaler Verpressung nach ISO 3601-2. Die Steriflanschverbindung DIN 11864-2 erzeugt dagegen nur eine Flächenpression von 0,8 MPa. Die Vorgaben der TA Luft lassen sich damit also nicht erfüllen. Es müsste vielmehr mit unzulässig hohen Leckagen gerechnet werden, vgl. Abb. 5.

Das gleiche Problem existiert mit der Schnurstärke von nominell 5,0 mm (minimal 4,87 mm). Auch hier liegt die Dichtflächenpression nach DIN 11864-2 mit 0,7 MPa unter der zu erreichenden von 1,6 MPa nach ISO 3601-2, Abb. 6.

	EPDM	FKM	FFKM
DVR nach ISO 815-1 (Verfahren A, am O-Ring gemessen) nach 24h/150°C	max. 30%		
DVR nach ISO 815-1 (Verfahren A, am O-Ring gemessen) nach 24h/200°C		max. 30%	
TR10-Wert nach ISO 2921	Mindestens 10°C unter der geringsten Einsatztemperatur		
Anteil extrahierbarer Bestandteile (z.B. mittels TGA oder Soxhlet-Extraktion)	max. 8%		

Tab. 1: Mindestvorgaben zur Sicherstellung der Mindestqualität

**Problemlösung durch Toleranzanpassungen**

Es galt somit die Mindestflächenpressung bei Montage der DIN 11864-2-Verbindungen auf die der ISO 3601-2 zu heben. Das gelingt auf einfache Weise durch das Verringern der zulässigen unteren Toleranzen der O-Ring-Schnurstärken bei den nach DIN 11864-2 verwendeten Schnurstärken. Konkret wird die Mindestflächenpressung bei der Schnurstärke von nominell 3,5 mm mit einer Schnurstärke von 3,43 mm erreicht. Hierdurch muss die Toleranz von -0,1 mm auf -0,07 mm verringert werden, vgl. Abb.7. Analog ergibt sich für die Schnurstärke von nominell 5,0 mm eine Anpassung der Toleranz von -0,13 mm auf -0,08 mm.

Die oberen Toleranzen von +0,1 mm bzw. +0,13 mm können belassen werden, wobei aber in der Praxis darauf zu achten ist, dass der Kraftnebenschluss bei großen Schnurstärken in Verbindung mit kleinen Nuten sicher erreicht wird.

**Übertragbarkeit der Ergebnisse**

Die Ergebnisse sind weiterhin auf andere O-Ring-Härten übertragbar, da der härteunabhängige Verformungsgrad und nicht die härteabhängige Flächenpressung die entscheidende Größe für die Dichtheit darstellt. Das erklärt sich daraus, dass eine härtere Dichtung (z.B. 90 IRHD/Shore A) zwar eine höhere Flächenpressung erzeugt als eine weichere Dichtung (z.B. 50 IRHD/Shore A), jedoch im Vergleich zu einer weicheren auch einen höheren Verformungswiderstand hat. Zudem braucht ein härterer Werkstoff im Vergleich zu einem weicheren eine höhere Dichtflächenpressung, um dieselbe Dichtwirkung zu erzielen. Damit kann eine niedrige Primärleckage einer O-Ring-Abdichtung in einer Rechtecknut allein über die Verpressung, das heißt, über den relativen Verformungsgrad des O-Rings, unabhängig von der Härte, ausreichend kontrolliert werden. Zur Gesamtleckrate trägt auch der Anteil durch Permeation bei, die sogenannte Sekundärleckage. Bei einer sorgfältigen Werkstoffwahl unter Berücksichtigung der

Schnurstärke [mm]		min. Verpressung [%]	
ISO 3601-2	DIN 11864-2	ISO 3601-2	DIN 11864-2
3,53	3,4	13	circa 3
5,33	4,87	12	circa 3

Tab.2: Vergleich der minimal auftretenden Verpressung.

Medienbeständigkeit ist der Anteil der Sekundärleckage von O-Ring-Abdichtungen an der Gesamtleckage sehr gering. Damit kann davon ausgegangen werden, dass der hier, für einen Härtegrad von 70 IRHD/ShoreA, durchgeführte Vergleich der Einbauräume in ihrer Dichtwirkung auch für andere Härten übertragbar ist.

**Qualität der eingesetzten Gummimaterialien**

In jedem Fall ist sicherzustellen, dass die Dichtheit auch im Betriebszustand gewährleistet ist. Das wird erreicht, indem die Qualität der Gummimaterialien einem guten Stand der Technik entspricht. Gemäß [5] empfehlen sich folgende Mindestanforderungen, beispielhaft für EPDM (peroxidisch vernetzt), FKM und FFKM, vgl. Tabelle 1. Hierzu sind detaillierte Vorgaben in den Bestellvorschriften der Betreiber aufzunehmen.

Der Druckverformungsrest (DVR) sichert dabei einen ausreichenden Vernetzungsgrad insbesondere bei hohen Betriebstemperaturen ab. Der TR10-Wert ist wichtig, damit die Glastemperatur im Betrieb nicht erreicht wird, wodurch die Dichtung ihre (reversiblen) gummielastischen Eigenschaften verlieren würde.

**Zusammenfassung**

Die geforderte Dichtheit nach TA Luft lässt sich für Kraftnebenschlussverbindungen analytisch und durch den Bauteilversuch praktisch nicht nachweisen.

Abhilfe schuf die Betrachtung der Verformung der O-Ringe aus Gummi nach ISO 3601-2, die sich mittels FEM-Analyse auf die Dichtflächenpressung einer repräsentativen Verbindung nach DIN 11864-2 überführen lässt. Dabei wurde festgestellt, dass bei ungünstiger Konstellation (kleine O-Ring-Schnurstärken in Verbindung mit großer Nut) die Verformung bzw. die Dichtflächenpressung so gering sein kann, dass unzulässig hohe Leckagen auftreten können. Das lässt sich ausschließen, wenn die unteren Toleranzen der O-Ring-Schnurstärken verringert werden, wodurch eine höhere Dichtflächenpressung erreicht wird, die einer ausreichenden Verpressung entspricht, welche wiederum eine TA-Luft-konforme Dichtheit sicherstellt.

Die Ergebnisse sind auf alle in der Praxis eingesetzten Härten und Materialien übertragbar, sofern qualitativ ein guter Stand der Technik von Seiten der Betreiber eingefordert wird. Die Vorgehensweise ist problemlos auf ähnlich gela-

gerte KNS-Verbindungen mit Gummi-O-Ringen übertragbar. Explizit gilt das nicht für andere KNS-Verbindungen, bspw. Spiraldichtungen im KNS oder Verbindungen mit FEP-ummantelten O-Ringen.

Abschließend sei festgehalten, dass alle normgerecht ausgelegten Verbindungen, also solche die die Mindestverformung nach ISO 3601-2 erreichen, die Vorgaben der TA Luft erfüllen.

**Literatur**

- [1] Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft; kostenloser Download unter: [https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Glaeserne\\_Gesetze/19\\_Lp/ta\\_luft\\_neu/Entwurf/ta\\_luft\\_neu\\_refe\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Glaeserne_Gesetze/19_Lp/ta_luft_neu/Entwurf/ta_luft_neu_refe_bf.pdf) (07.03.2022)
- [2] Umweltbundesamt, Texte 36/2020, Harmonisierung der Anforderungen an dichte Verbindungselemente wie Flanschverbindungen zur Begrenzung von diffusen leichtflüchtigen organischen Emissionen (VOC); (Ausgabe Februar 2020), [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-02-26\\_texte\\_36-2020\\_flanschverbindungen.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-02-26_texte_36-2020_flanschverbindungen.pdf) (07.03.2022)
- [3] Verband der chemischen Industrie e.V., Bauteilversuch im Sinne der novellierten TA Luft, Entwurf (Stand 16. Juli 2018), <https://www.vci.de/ergaenzen-de-downloads/2019-09-10-bauteilversuch-beschreibung-pruefbericht-vci.pdf>
- [4] Achenbach, M. u.a., Umsetzung der TA Luft für Kraftnebenschlussverbindungen mit Gummidichtungen, Tagungsband Dichtungskolloquium 2021, Vulkan-Verlag, Essen, 2021
- [5] Richter, B., Vergleichende Gegenüberstellung je zweier O-Ring Auslegungen nach ISO 3601-2 und DIN 11864 zur Bewertung der Dichtheit, Gutachten des O-Ring-Labor-Richter (nicht veröffentlicht) für die Fa. Merck KGaA, Großbottwar, 2021

**Die Autoren**

**Thomas Gross**, Kompetenzzentrum Rohrklassenmanagement, Merck;  
**Prof. Dr.-Ing. Alexander Riedl**, Labor für Dichtungstechnik, FB Physikingenieurwesen, FH Münster;  
**Dr.-Ing. Manfred Achenbach**, Ingenieur- und Sachverständigenbüro Achenbach;  
**Bernhard Richter**, Geschäftsleitung, O-Ring Prüflabor Richter

Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:  
<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202200413>

**Kontakt**  
**Merck KGaA, Darmstadt**  
 Thomas Gross,  
 Kompetenzzentrum Rohrklassenmanagement  
 Tel.: +49 6151 72-4086  
 thomas.gross@merckgroup.com  
 www.merckgroup.com

## Durchflussmessung mit Zusatzinformationen für Pharma und Food

Pharmaproduktion und Lebensmittelindustrie stellen bei Durchflussmessern höchste Anforderungen an Genauigkeit, Zuverlässigkeit, Reproduzierbarkeit und Hygiene. Darüber hinaus variieren die Anwendungen jedoch stark. Bürkert Fluid Control Systems hat daher seine Flo-Wave-Sensorfamilie skalierbar aufgebaut. So bietet das wirtschaftliche Kompaktgerät Flo-Wave S ein glasfreies, unempfindliches, bruchfestes Gehäuse aus Edelstahl, z.B. für Lebensmittelanwendungen. Die Geräte werden wahlweise mit einer digitalen Schnittstelle (M12) oder alternativ mit analoger 4...20 mA Schnittstelle ausgestattet. Ausführungen mit digitaler Datenanzeige vor Ort sind ebenso verfügbar wie eine Flo-Wave L Ausführung mit ATEX-Zulassung für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen, z.B. beim Messen von Alkohol oder ätherischen Ölen. Die Sensoren sind für große Nennweiten bis DN 80 verfügbar und das bei nur max. 6 kg Eigengewicht gegenüber vergleichbaren Geräten, die bis zu 240 kg auf die Waage bringen. Auch kleinere Nennweiten bis DN 8 sind als Standardvariante z.B. für Pharma- und Kosmetikanwendungen lieferbar. Der Ein- und Ausbau der Sensoren sowie die Nachkalibrierung kann bequem von einer Person erledigt werden. Durch das Messprinzip Surface Acoustic Waves (SAW) arbei-



tet der Sensor mit glatten Messrohren ohne Einbauten und ist dadurch gut zu reinigen sowie zu sterilisieren. Das Messprinzip liefert neben dem Volumenstrom auch Temperatur und eine Medierkennung. Optional können über den Dichtefaktor Gasblasen und Partikel erkannt werden. Seit 2022 sind die Sensoren in Multiparameterausführung um weitere Messwerte wie Masse, Dichte, Brix, Stammwürze und Proteingehalt erweitert und sparen so in einigen Anwendungen zusätzliche Messtellen ein. Der Messbereich beträgt je nach Nennweite (DN 8 bis DN 80) 0,3 bis 3.300 l/min. Alle Varianten bieten die gängigen Prozessanschlüsse wie Tri-Clamp, Flansch oder SMS-Verschraubung. Für große Nennweiten gibt es zudem den Anschluss Milchrohrgewinde.

### Kontakt

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

## Prozessknoten für die Prozessindustrie 4.0

Der intelligente Prozessknoten Focus-1, wurde speziell für die Prozessindustrie 4.0 entwickelt. Dieses multifunktionale Durchflussregelgerät von Focus-ON – einem Unternehmen von Samson und Krohne – vereint Sensorik, Aktorik und Regelarmatur in einem Gerät. Indem das Modul gleichzeitig Durchfluss, Druck und Temperatur misst und seine Ventilfunktion unabhängig regelt, können alle vorgegebenen Sollwerte genau und zuverlässig erreicht werden. Dadurch fungiert das Gerät als autonomer Akteur für dezentrale Regel- und Steuerungsaufgaben. Der Aufbau komplexer Regelkreise und die Anbindung an ein Prozessleitsystem sind nicht erforderlich. Das macht Focus-1 zum idealen Durchflussregler für die autonom agierende Fabrik. Er eignet sich gleichermaßen für Industrie 4.0-Anwendungen



in neu geplanten Projekten (Greenfield-Anwendungen) wie auch für die Prozessautomatisierung in bestehenden Anwendungen (Brownfield-Projekte). Mit dem Prozessknoten lassen sich auch herkömmliche Ventile schnell austauschen, um die Diagnosefähigkeit zu erhöhen.

### Kontakt

**KROHNE Messtechnik GmbH, Duisburg**  
Tel.: +49 203 301-0  
www.krohne.com

## Eingriffsfreie Massenstrommessung im explosionsgefährdeten Bereich

Mit dem PIOX S 831 weitet Flexim sein Produktportfolio an Massendurchflussmessern auf den explosionsgefährdeten Bereich der ATEX-Zone 1 aus. Das Messsystem PIOX S nutzt Ultraschallsignale nicht nur zur Messung der Durchflussgeschwindigkeit, sondern auch zur Bestimmung der Dichte einer Flüssigkeit. Ob Flusssäure in einem Rohr DN15 in einem metallurgischen Betrieb, Natronlauge in einem Rohr DN100 in einer Chemieanlage oder Schwefelsäure in einem Rohr DN400 in der Düngemittelproduktion – unabhängig von der Rohrgröße erfüllt die Messgenauigkeit des Systems und seine außerordentliche Zuverlässigkeit alle Anforderungen für den Einsatz in Aufgaben der Prozessüberwachung und -steuerung. Das akustische Messsystem besitzt keine bewegten Teile, die verschleifen und einen erhöhten Wartungsaufwand verursachen könnten. Da die Ultraschallsensoren außen auf dem Rohr montiert werden, geraten sie nicht mit dem Medium in



Kontakt und erleiden keine Korrosion, noch gibt es irgendwelche in das Rohr ragende Teile, die einen Druckverlust verursachen könnten. Der Sensor bietet zudem eine hohe Betriebssicherheit.

### Kontakt

**Flexible Industriemesstechnik GmbH, Berlin**  
Tel.: +49 30 936 676-80  
info@flexim.de  
www.flexim.com

## Füllstandmessungen in Flüssigkeiten

Der LCR bietet kontinuierliche, berührungslose Füllstands- und Durchflussmessung (via Linearisierungstabelle), für den Einsatz in der Wasser- und Abwasserindustrie sowie für Hilfskreisläufe in allen Industrien. Die Inbetriebnahme ist via HART, drahtlos mit App und Bluetooth möglich. Der Radarsensor eignet sich zur kontinuierlichen, berührungslosen Füllstands- und Durchflussmessung vor allem in Lagertanks, Behältern, offenen Bassins und Pumpenschächten. Das hermetisch geschlossene Gehäuse erlaubt den Einsatz auch unter widrigen Prozessbedingungen. Die Signalkurve kann mit der Level App auf jedem Bluetooth-fähigen Smartphone oder Tablet (iOS, Android) angezeigt werden. Dank des Chipdesigns und der kompakten Bauform passt das Gerät auch in Anwendungen mit beengten Platzverhältnissen. In Flüssigkeiten kann das Geräte in einem Messbereich bis zu 20 m mit einer Messgenauigkeit von  $\pm 2$  mm messen. Es ist für einen Druckbereich von -1 bis 3 bar und einen Prozesstemperaturbereich von -40 bis 80 °C geeignet. Der Sensor verfügt über Explosionsschutz-Zertifikate.



### Kontakt

**Pepperl+Fuchs SE, Mannheim**  
Tel.: +49 621 776-2222  
pa-info@de.pepperl-fuchs.com  
www.pepperl-fuchs.com

## Überwachung der Ölkonzentration im Kältemittelkreislauf

Messungen, speziell im Kältemittelkreislauf, in der Forschung sowie in Testzentren sind vergleichsweise aufwendig und kompliziert. Probeentnahmen sind oftmals schwierig oder nicht realisierbar. Daher wird das Verhältnis zwischen Öl und Kältemittel in der Praxis häufig durch indirekte Methoden abgeschätzt. Um diese Messungen so präzise wie möglich durchführen zu können, hat Sensotech die Inline-Lösung Liqui-Sonic OCR entwickelt. Der Sensor misst bei der Überwachung der Ölkonzentration sehr präzise. Die Bestimmung der Ölkonzentration basiert auf Druck-, Temperatur- und Schallgeschwindigkeitsmessungen im flüssigen Kältemittel. Dieses Messprinzip ermöglicht eine hochgenaue und schnelle Einstellung des gewünschten Öl-Kältemittel-Verhältnisses. Der wohl größte Vorteil einer Online-Ölzustandsüberwachung in Echtzeit ist die permanente Verfügbarkeit der Messwerte. Aufgrund der sekundlichen Aktualisierung der Daten hat der Nutzer zu jeder Zeit genaue Kenntnisse über das Verhältnis von Öl und Kälte-



mittel. Im Controller des Messsystems können zahlreiche Produktdatensätze (Berechnungsmodelle) hinterlegt werden. Dadurch ist es problemlos möglich, ein breites Spektrum an Kältemitteln zu überwachen. Das Gerät ist wartungsfrei und verfügt über umfassende Dokumentationsmöglichkeiten. Der mitgelieferte Prozessadapter sorgt für eine einfache Installation und sofortige Einsatzbereitschaft. Damit bietet der Sensor ein kompaktes Messsystem mit vielfältigen Funktionen und Möglichkeiten.

### Kontakt

**SensoTech GmbH,**  
**Magdeburg-Barleben**  
 Tel.: + 49 39203 51410-0  
 info@sensotech.com  
 www.sensotech.com

## Einen Radarsensor für alle Füllstandsmessungen konfigurieren

Mit dem Vegapuls 6X hat Vega sein Radarsensor-Konzept neu aufgestellt. Die Idee: ein Radarsensor, der für alle erdenklichen Füllstandsanwendungen konfiguriert werden kann. Klassischerweise beginnt die Suche nach einem geeigneten Radar-Füllstandsensor mit der Frage zur Frequenz, die den konkreten Einsatzfall wohl am besten abdecken könnte oder aber zu Materialeigenschaften, Temperaturbereichen und Prozessanschlüssen. Vega setzt den Auswahlprozess mit einem Online-Konfigurator für den neuen Vegapuls 6X auf ein neues Niveau. „Letztlich zählt nicht der Sensor, sondern was die Anwender damit in ihren individuellen Prozessen erreichen können“, sagt Florian Burgert, der als Produktmanager die Entwicklung von Beginn an eng mitbegleitet hat. „Die Gewissheit, mit ihrer Sensorwahl nicht nur schneller zum Ziel zu kommen, sondern auch sicher zu gehen, die beste Lösung einzusetzen, macht im Alltagsgeschäft den Unterschied.“ Das neue Sensorkonzept bietet ein System zur Selbstdiagnose, das Beeinträchtigungen sofort erkennt und eine deut-



lich höhere Verfügbarkeit sicherstellt, neue Radar-Chiptechnologie, erweiterte Anwendungsmöglichkeiten und eine einfachere Bedienung. Neben der SIL-Zertifizierung ist auch das Thema Cybersecurity vollständig konform nach IEC 62443-4-2 abgedeckt:

### Kontakt

**VEGA Grieshaber KG, Schiltach**  
 Tel.: +49 7836 50-0  
 info.de@vega.com  
 www.vega.com/radar

## In-situ Bioprozessüberwachung mittels Raman-Spektroskopie

Eine Komplettlösung für die Prozessanalytik (PAT) ermöglicht Pharmaunternehmen, Bioprozesse durch Automatisierung und Echtzeitüberwachung zu intensivieren und dabei die sterile Barriere aufrechtzuerhalten. Das internationale Technologieunternehmen Schott, der Biotechhersteller Infors HT und der Prozessspektrometer-Hersteller Tec5 stellen eine Produktkombination für den Einsatz von Raman-Spektroskopie in Bioreaktoren vor. Das maßgeschneiderte, nahtlos ineinandergreifende System aus Bioreaktor, Spektrometer und Sensoraufnahme erfüllt industrienspezifisch instrumentelle und regulatorische Anforderungen. Das System umfasst den Bioreaktor Minifors 2 und die Bioprozesssoftware Eve von Infors HT. Letztere ermöglicht es Anwendern, alle Bioprozessdaten in einer Datenbank zu zentralisieren. So können Kontrollstrategien für Bioprozesse eingesetzt werden, während sie für die Integration weiterer Sensoren kontinuierlich weiterentwickelt werden. Am Port des Bioreaktors ist die sterile optische Sensoraufnahme Schott View-Port des Experten für optische Gläser und Glas-Metall-Verbindungen montiert. Sie verfügt über ein hermetisch abgedichtetes optisches Fenster aus Saphir für die in-situ Prozessüber-



wachung im Reaktor. Die etablierten optischen Sensoren und Raman-Spektrometersysteme von tec5 wurden speziell auf die verschiedenen Varianten des Ports abgestimmt. Für die chemometrische Methodenentwicklungen ist das System kompatibel mit etablierten Softwarelösungen für die multivariate Datenanalyse. Für einen leichten Einstieg in die Technik sind validierte Kalibrationsmodelle für gängige Anwendungen bereits in Vorbereitung.

### Kontakt

**tec5 AG, Steinbach**  
 Tel.: +49 6171 9758-0  
 info@tec5.com  
 www.tec5.com

## Differenzdrucktransmitter mit SIL-2-Zertifizierung

Ob Durchfluss- und Füllstandsmessung oder die Überwachung von Filtern und Pumpen: Der Differenzdrucktransmitter Typ DPT-20 von Wika kommt für viele Industrieprozesse in Frage. Als SIL-2-zertifiziertes Gerät erfüllt er höchste Sicherheitsansprüche. Der kompakt aufgebaute Transmitter arbeitet mit einer Genauigkeit von  $< \pm 0,065\%$  der Spanne. Aufgrund einer dreidimensionalen Temperaturkompensation beim Abgleich liefert er auch bei ungünstigen Umgebungsbedingungen ein verlässliches Messergebnis. Der DPT-20 ist mit Messbereichen zwischen -10 bis +10 mbar und -16 bis +16 bar verfügbar und für einen statischen Druck bis 400 bar ausgelegt. Seine Turndown-Funktion ermöglicht einen sehr flexiblen Einsatz und damit eine wirtschaftliche Lagerhaltung. Für den DPT-20 stehen



drei Kommunikationsprotokolle für die Integration in bestehende Systeme zur Auswahl. Der Differenzdrucktransmitter lässt sich auf zwei Wegen parametrieren: über die Prozesssteuerung mittels DTM bzw. EDD und Konfigurationssoftware oder direkt am Gerät über eine optionale Digitalanzeige.

### Kontakt

**WIKA Alexander Wiegand SE & Co. KG, Klingenberg**  
 Tel.: +49 9372 132-0  
 vertrieb@wika.com  
 www.wika.de

# NAMUR-Technologie-Roadmap „Prozess-Sensoren 2027+“

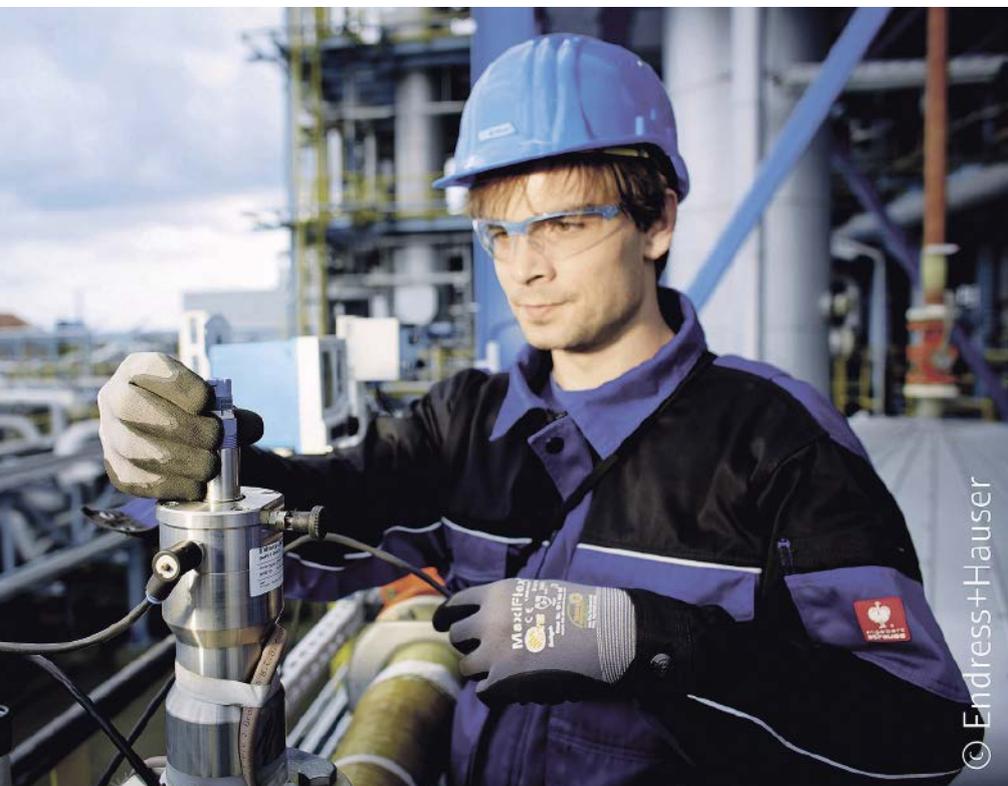
**Mess- und Analysetechnik für mehr Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit**

Die Technologie-Roadmap „Prozess-Sensoren 2027+“ der NAMUR fasst die gemeinsame Technologie- und Marktsicht von Anwendern, Herstellern und Forschungseinrichtungen im Bereich Prozesssensorik in der verfahrenstechnischen Industrie zusammen. Digitalisierung und Nachhaltigkeit sind übergreifende Kernthemen der künftigen Entwicklung.

lungen und erwartete technologische Entwicklungen zusammen zu tragen und aneinander zu spiegeln. Damit soll ein wichtiger Beitrag für die Transformation der Prozessindustrie und damit auch deren gesellschaftlicher Akzeptanz geliefert werden.

## Nachhaltigkeit und Digitalisierung

Der Trend zur Digitalisierung hat auch die Prozesssensorik erfasst und führt zu erheblichen Veränderungen. In fünf Thesen-Clustern (Allgemeine Anforderungen, neue Produktionsprozesse und Applikationsfelder, neue Messstrategien, Nutzung digitaler Daten und Standardisierung) mit insgesamt 19 Thesen fasst



**Einfacher und sicherer Sensortausch von vorkalibrierten digitalen Sensoren, hier am Beispiel eines Memosens pH Sensors von Endress+Hauser. Memosens Sensoren speichern alle sensorrelevanten Daten direkt im Sensorkopf und sind mit der vernetzten Erfassung von Mess-, Vital- und Prozessdaten optimiert auf vorausschauende Wartung im Rahmen von Industrie 4.0.**

Sprüche wie „Daten sind das Gold des 21. Jahrhunderts“ oder „Nichts kann geregelt werden, was nicht zuvor gemessen worden ist“ locken bei Automatisierungstechnikern bestenfalls ein müdes Lächeln hervor – für sie sind das Binsenweisheiten. Und sie wissen auch, dass man sich für Verbesserungen eines Regelkreises über dessen Zeitkonstanten und Systemdynamik im Klaren sein muss. Aber das bedeutet keinesfalls, dass es in der Mess- und Regeltechnik keine neuen Herausforderungen gibt. Im Gegenteil:

Der Klimawandel und die damit verbundene Verpflichtung zu mehr Kreislaufwirtschaft stellen die Herstellprozesse und Warenströme in der Prozessindustrie vor gewaltige Herausforderungen, und das in einer vergleichsweise sehr kurzen Zeit. Dieser Wandel kann nur mit einem Mehr an Prozesssensorik und dem daraus resultierenden Mehr an hochwertiger Information gelingen. Dies hat die NAMUR bewogen, mit der neuen Ausgabe der Technologie-Roadmap „Prozess-Sensoren 2027+“ aktuelle Anforder-

„  
*Die partnerschaftliche Zusammenarbeit führt zur Standardisierung von Digitalisierungsmaßnahmen zum allseitigen Nutzen.*



**Frank Gruemmel**, Leiter Prozessanalysetechnik, Lanxess und Leiter des AK 3.6, NAMUR

die Roadmap die Anforderungen und Entwicklungen der Prozesssensorik zusammen. Nachhaltigkeit und Digitalisierung sind übergreifende Kernthemen der künftigen Entwicklung – und erstere ohne die zweite kaum zu erreichen. Darin sind sich die 20 Experten der Prozesssensorik, die in sieben digitalen und einem abschließenden Präsenzmeeting die Roadmap erstellt haben, einig. Frank Gruemmel, Leiter Prozessanalysetechnik bei Lanxess und Leiter des AK 3.6 „Analysenmesstechnik“ bei der NAMUR resümiert: „Die konstruktive und partnerschaftliche Zusammenarbeit im Team hat zum gegenseitigen Verständnis beigetragen und führt zur Standardisierung von Digitalisierungsmaßnahmen zum beiderseitigen Nutzen. Diese Standardisierung und die gemeinsam abgestimmte Strategie und Zukunftsvision wird auch bei Lanxess dazu führen, Digitalisierungsmaßnahmen in eine heterogene Anlagenstruktur einfach und nach-

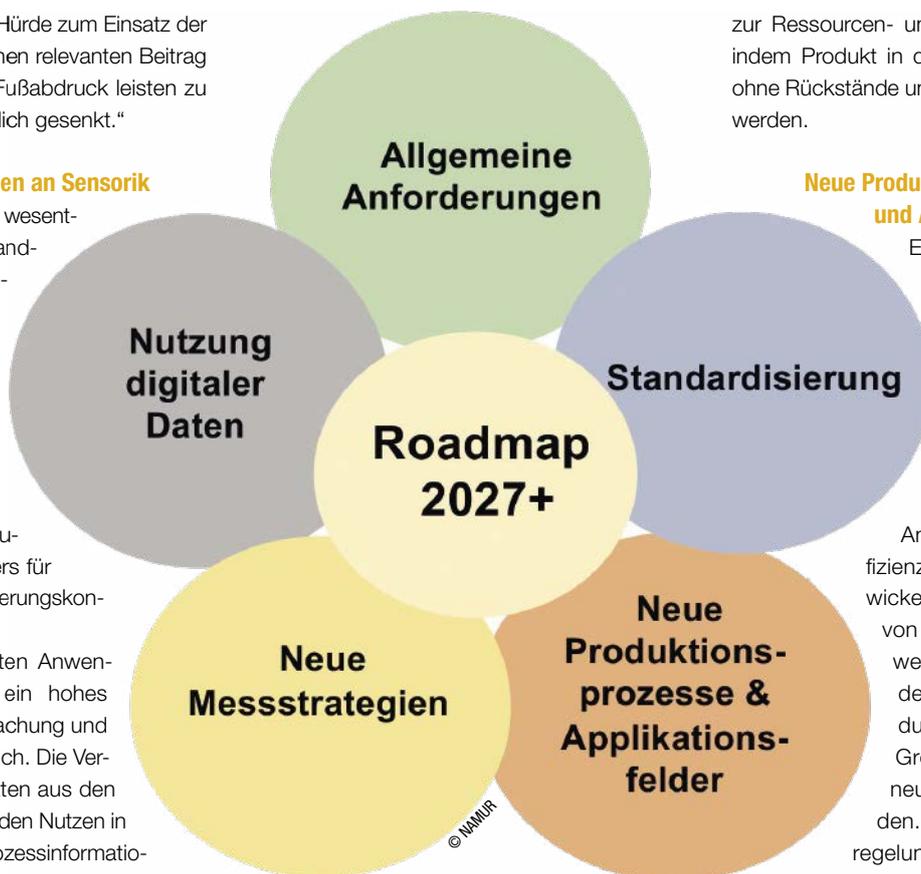
haltig zu integrieren. Die Hürde zum Einsatz der PAT-Messtechnik, um einen relevanten Beitrag zum Beispiel zum CO<sub>2</sub>-Fußabdruck leisten zu können, wird damit deutlich gesenkt.“

**Vielfältige Anforderungen an Sensorik**

Prozesssensoren sind ein wesentlicher und kritischer Bestandteil von verfahrenstechnischen Anlagen. Die Anforderungen an Robustheit, Genauigkeit, Verfügbarkeit und Standzeit der Sensoren sind dementsprechend hoch. Langzeitstabilität und eine hohe Reproduzierbarkeit sind besonders für den Einsatz in Automatisierungskonzepten erforderlich.

In sicherheitsgerichteten Anwendungen ist zusätzlich ein hohes Maß an Zustandsüberwachung und Selbstdiagnose erforderlich. Die Verfügbarkeit von Zusatzdaten aus den Messsystemen erweitert den Nutzen in Bezug auf sekundäre Prozessinformationen und Instandhaltung.

Um verbleibende Optimierungspotenziale in Anlagen heben zu können, wird Prozessanalysetechnik verstärkt auch in höheren Regelkonzepten (APC, Advanced Process Control) verwendet. Um z.B. in Reinkolonnen die Grenzkonzentrationen präziser anfahren zu können, müssen diese möglichst genau analysiert werden. So können deren Kapazitäten unter Einhaltung der Qualitätsanforderungen erhöht werden.



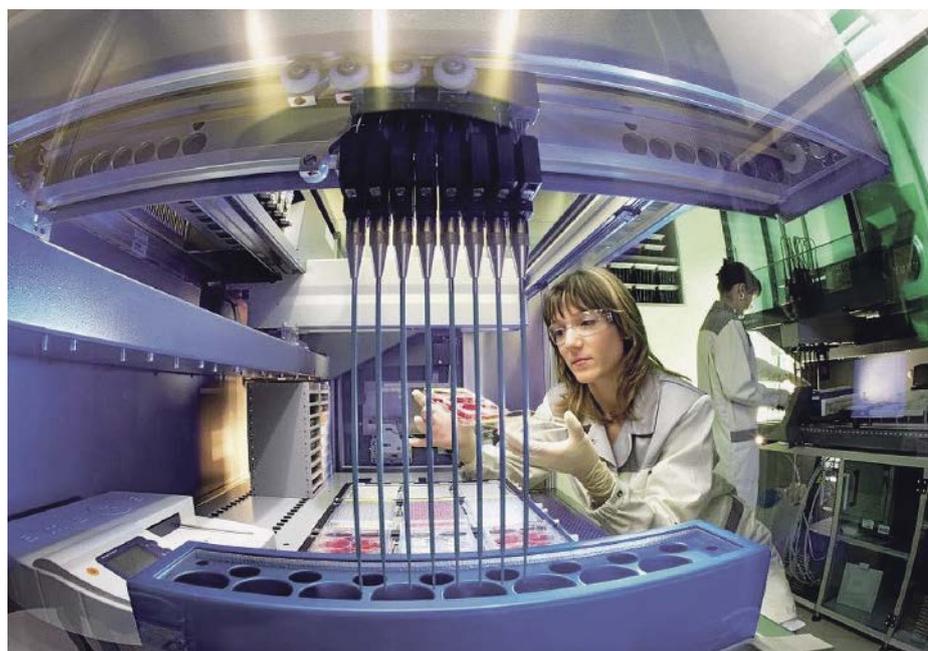
Die fünf Thesecluster der Roadmap „Prozess-Sensoren 2027+“ enthalten insgesamt 19 Thesen zu Anforderungen und Entwicklungen der Prozesssensorik

Aber auch die zunehmenden Anforderungen an Nachhaltigkeit machen den Einsatz entsprechender Prozess-Sensorik und -Analytik notwendig. So kann eine präzise Endpunktbestimmung und Reaktionsverfolgung große Beiträge

zur Ressourcen- und Energieeffizienz liefern, indem Produkt in der erforderlichen Reinheit ohne Rückstände und Nebenprodukte erzeugt werden.

**Neue Produktionsprozesse und Applikationsfelder**

Eine Reihe von traditionellen Herstellungsverfahren und Stoffklassen in der chemischen und pharmazeutischen Industrie müssen in Anbetracht der wachsenden Anforderung an Nachhaltigkeit und der fortbestehenden Anforderung an Kosteneffizienz substantiell weiterentwickelt, teilweise ersetzt oder von Grund auf neu etabliert werden. Bioprozesse werden neben der Pharmaproduktion auch in Fein- und Großchemie zunehmend neue Anwendungsfelder finden. Eine effiziente Prozessregelung wird dabei durch spezialisierte Sensorik für biologische Zielgrößen erreicht werden. Treiber dieser Entwicklung sind die Umstellung auf nachwachsende Rohstoffe und Kreislaufprozesse, zunehmender Kostendruck durch CO<sub>2</sub>-Abgaben sowie neuartige Stoffklassen und Produkte aus der Materialforschung oder personalisierte Therapeutika aus der Medizin. In der Folge ist eine weitaus höhere Anzahl von Prozessen und Herstellungsmethoden robust zu beherrschen, bei in vielen Fällen gleichzeitig zunehmender



Automatisierte RNA-Interferenz (RNAi)-Analyse zur Untersuchung natürlicher molekularbiologischer Mechanismen, die die Aktivität bestimmter Gene blockieren.

„Das volle Potenzial der Digitalisierung wird nur durch gemeinsames Handeln von Herstellern, Anwendern und Akademia ausgeschöpft.“



Monika Heisterkamp, Director Marketing, Endress+Hauser Liquid Analysis

Komplexität. Neue Messanforderungen sind zu erwarten und spezifische Qualitätssicherung wird benötigt werden. Michael Maiwald, Fachbereichsleiter Prozessanalytik bei der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) sagt dazu: „Die Überwachung spezifischer Informationen wie zum Beispiel physikalisch-chemische Eigenschaften oder

„  
*Ambulante Prozesssensoren werden vermehrt bei An- und Abfahrprozessen eingesetzt.*



**Armin Lambrecht**, Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM

Probennahme und Probenaufbereitung werden vermieden.

In vielen Fällen, bspw. bei An- und Abfahrprozessen von kontinuierlichen Prozessen, ist eine aufwändige Prozessanalytik nur für einen begrenzten Zeitraum erforderlich. Für die Prozessoptimierung reicht die „Lernkurve“ aus und das Messgerät kann nach einiger Zeit herausgenommen werden. Für diese „ambulante Sensorik“ ist es wichtig, dass die Schnittstellen in die Leittechnik (Konnektivität) sowie in den Prozess möglichst einfach sind. Dies betont auch Armin Lambrecht vom Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM in Freiburg, der die Moderation des Roadmap-Projektteams übernommen hatte: „Digitalisierte vernetzte Prozess-

chemische Reaktionen sind eine zwingende Voraussetzung für die „chemische“ Prozessführung, insbesondere wenn dabei gefährliche oder kurzlebige Zwischenprodukte gebildet werden. Um einen akzeptablen Weg zur „chemischen“ Prozesssteuerung zu finden und damit Sensoren und Aktoren den Anforderungen der digitalen Transformation und den damit verbundenen Aufgaben in Zukunft besser gerecht werden können, müssen sie mit intelligenten Funktionen ausgestattet werden.“

**Nichtinvasiv und ambulant**

Die Bedeutung von inline-Messverfahren und nichtinvasiven Messtechniken in der Prozessanalytik wird weiter zunehmen; dabei erfolgen die Messungen direkt im oder am Prozessmedium ohne explizite Probennahme. So können dynamische Prozesse ohne Verzögerung verfolgt und effizient geregelt werden. Fehler durch die

„  
*Produktionsprozesse können durch ein verbessertes Wissensmanagement flexibler gestaltet werden.*



**Michael Maiwald**, Fachbereichsleiter Prozessanalytik, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

sensoren ermöglichen neue Messstrategien für etablierte und neue Prozesse und Anlagen. Der Trend geht dabei zu nichtinvasiven Prozesssensoren, die vermehrt ambulant einsetzbar sind,

„  
*Die Roadmap liefert Beiträge zur Verbesserung der Nachhaltigkeit, Effizienz und Sicherheit der Anlagen.*



**Martin Gerlach**, Head of Process Analytical Technologies, Bayer

zum Beispiel beim An- und Abfahren von kontinuierlichen Prozessen.“

**Ausblick**

Die Roadmap betont die Notwendigkeit der intensiven, aktiven Zusammenarbeit aller Partner. Das bestätigt auch Monika Heisterkamp, Director Marketing bei Endress+Hauser Liquid Analysis: „Das volle Potenzial der Digitalisierung wird nur durch gemeinsames Handeln von Herstellern, Anwendern und Akademia ausgeschöpft. Die Roadmap schafft eine gemeinsame Sicht auf die Anforderungen an Prozesssensoren und ermöglicht eine abgestimmte Vorgehensweise aller zur optimierten Nutzung der generierten Messdaten.“

Wenn die Hersteller die für zukünftige Anforderungen erforderliche Sensorik entwickeln und herstellen und die Anwender die moderne und smarte Sensorik dann aber auch zur Anwendung bringen, kann die Tür zu einer nachhaltigen und wirtschaftlichen Produktion weiter geöffnet werden. Martin Gerlach, Head of Process Analytical Technologies bei Bayer, betont: „Für uns ergeben sich aus der Roadmap neue Perspektiven für den Einsatz der prozessanalytischen Messtechnik mit weiteren Beiträgen zur Verbesserung der Nachhaltigkeit, Effizienz- und Sicherheit der Anlagen. Persönlich wünsche ich mir, dass der in der Roadmap beschriebene technische Fortschritt inklusive der Digitalisierung möglichst bald Realität wird und Einzug in unsere Produktionsanlagen findet, um die Wettbewerbsfähigkeit der Prozessindustrie und natürlich insbesondere die von Bayer global zu stärken.“

**Der Autor:**  
**Volker Oestreich**, Redakteur CITplus

! Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:  
 ■ <https://dx.doi.org/10.1002/citp.202200415>

**Kontakt**  
**Namur Geschäftsstelle, Leverkusen**  
 Tel.: +49 214 30-71034  
 office@namur.de  
 www.namur.net



© Frank Grümbeil, Lanxess

Über den Dächern von Köln – Gruppenbild mit Dame. Die meisten Treffen der Projektgruppe Technologie-Roadmap „Prozess-Sensoren 2027+“ fanden digital statt – nur einmal traf man sich persönlich bei Lanxess in Köln. Die Teilnehmer (v.l.n.r.): Frank Frenzel, ABB; Andreas Schmidt, Lanxess; Frank Grümbeil, Lanxess; Michael Theuer, BASF; Rainer Ohlenkamp, Covestro; Nils Weber, NAMUR; Ulrich Kaiser, Michael Deilmann, Krohne; Michael Bassler, Fraunhofer IMM; Monika Heisterkamp, Endress+Hauser; Armin Lambrecht, Fraunhofer IPM; Thorsten Pötter, Samson; Wolfgang Ens, Siemens; Ulrich Schünemann, BASF; Martin Gerlach, Bayer; Albert Tulke, Bayer; Eckhard Roos, Festo; Philipp Pyka, Evonik. Nicht auf dem Foto sind Michael Maiwald, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), und Jürgen Großmann, Bilfinger Engineering & Maintenance.

### Kühlketten lückenlos überwachen

Bei Transport und Lagerung von Gütern wie Pharmazeutika oder Lebensmitteln ist die Einhaltung einer vorgegebenen, gleichbleibenden Temperatur zwingend erforderlich. Dabei hilft der neue Datenlogger MSR86: Er misst und dokumentiert Temperaturverläufe lückenlos und normenkonform. Das Schweizer Messtechnikunternehmen MSR Electronics erweitert mit dem Typ MSR86 seine Serie der MSR Budgetline-Datenlogger. Der kompakte Mehrweg-Datenlogger ist mit einem externen Temperatursensor (-100 bis +150 °C) ausgestattet, welcher leicht an Produkten aller Art angebracht werden kann, um laufend deren aktuelle Temperatur zu überwachen. Der Datenlogger wurde speziell zum Überwachen von extrem niedrigen

Temperaturen entwickelt, wie sie bei Transport und Lagerung von verderblichen Produkten wie Pharmazeutika, Enzymen, Geweben, Organen, Impfstoffen, biologischen Produkten, Proben, klinischen Materialien und vie-



len anderen empfindlichen Produkten benötigt werden, wenn bspw. auch Trockeneis verwendet wird. Er kann auch zur Überwachung der Temperaturbedingungen in Öfen, Autoklaven oder Sterilisatoren verwendet wer-

den. Das Multifunktions-LCD-Display zeigt den aktuellen Messwert, die Minimal-, Maximal- und Durchschnittswerte, den Status des Loggers, den Alarm und den Batteriestand an. Das Gerät ist manipulationssicher und verfügt über verschlüsselte, passwortgeschützte Aufzeichnungen zur Einhaltung der Richtlinien von 21 CFR Part 11. Die Genauigkeit des Loggers wird durch ein rückverfolgbares Kalibrierungszertifikat dokumentiert, das in seinem internen Speicher verfügbar ist. Das Gerät ist DIN12830- sowie 21 CFR Part 11-konform und erfüllt die EU-Vorschriften für die Lagerung und den Transport von gekühlten und tiefgefrorenen Lebensmitteln ebenso wie diejenigen der US Food and Drug Administration (FDA). Mittels USB-In-

terface lassen sich die aufgezeichneten Messdaten rasch auf einen PC übertragen. Durch Stoppen des Datenloggers wird automatisch ein PDF-Report der aufgezeichneten Messwerte generiert, welcher zu Dokumentationszwecken gespeichert oder abgelegt werden kann. Der Bericht enthält eine grafische Ansicht des Temperaturverlaufes, eine Tabelle der Messwerte und eine statistische Ansicht, die Minimum, Maximum, Durchschnitt, MKT-Werte usw. anzeigt.

**Kontakt**  
**MSR Electronics GmbH, Seuzach, Schweiz**  
 Tel.: +41 52 316 25-55  
 info@msr.ch  
 www.msr.ch

### Datenlogger-Programm für Datenerfassung, Prozessüberwachung und Vorausschauende Wartung

Für nahezu alle physikalischen Messgrößen, die mit industriellen Messgeräten von Müller Industrie-Elektronik oder Sensortypen anderer Hersteller gemessen werden, steht ein breites Produktprogramm an Datenloggern mit verschiedenen Datenerfassungslösungen zur Verfügung. Die Datenlogger bieten die volle Kontrolle aller relevanten Messwerte und sind je nach Anwendungsgebiet im kompakten, portablen Miniformat, als USB-Datenlogger oder multifunktionalen Feldversion im robusten Alugehäuse erhältlich. Typische Anwendungsgebiete für Datenlogger sind Lagerung, Trans-



port, Zubereitung und Präsentation von Lebensmitteln in der Lebensmittelindustrie, Logistik und Lagerhaltung, oder die Überwachung und Einhaltung von Temperaturvorschriften und Kühlketten bei Transport und Lagerung von

Impfstoffen, Blut- und medizinischen Produkten im Labor- und Gesundheitswesen. Für den Maschinen- und Anlagenbereich sind Datenlogger effektive Instrumente für die vorausschauende Wartung, Prozessüberwachung und

-optimierung. Egal, ob für Digitalisierung der Instandhaltung, Fernwartung von Maschinen und Anlagen oder Optimierung des digitalen Lebenszyklus-Managements – das neue Datenlogger-Programm mit drahtloser NFC- oder WiFi-Kommunikation bis hin zur Cloud-Lösung bietet für jede industrielle Anwendung die passende Lösung.

**Kontakt**  
**Müller Industrie-Elektronik GmbH, Neustadt am Rübenberge**  
 Tel.: +49 50 32 96 72-153  
 marketing@mueller-ie.com  
 www.mueller-ie.com

### Betriebshygiene in der Farben- und Lackindustrie

Das Thema Betriebshygiene rückt in vielen Industriebranchen immer stärker in den Fokus und damit die Erkenntnis, dass Biofilme in festgelegten Zyklen aus Tanks und Rohrleitungen entfernt werden sollten. Die von Vink Chemicals entwickelten biozidfreien Systemreiniger Vinkoclean SR1 (alkalisch) und Vinkoclean SR3 (sauer) sind als hochwirksame All-in-one-Reiniger zur nachhaltigen Entfernung von Biofilmen in industriellen Versorgungssystemen und Produktionsanlagen optimal auf diese Aufgabe zugeschnitten. Sie bieten eine hervorragende Reinigungsleistung gegen Schmutz und mikrobielle Verunreinigungen. Bio-

filme werden unterwandert und gelöst, Behälter und Leitungen werden auch an unzugänglichen Stellen gereinigt. Die Systemreiniger sind wirtschaft-



lich in der Anwendung und enthalten Biodispersatoren für einen wirksamen Austrag der gelösten Verunreinigungen

sowie Tenside für eine effiziente Reinigung. Außerdem sind sie gut ab- und ausspülbar. Anlagenhygiene: Reinigen ist besser als Desinfizieren. Der regelmäßige Einsatz von Vinkoclean-Systemreinigern ermöglicht einen effizienteren und nachhaltigeren Einsatz von Bioziden. Biofilme, die sich zum Teil über Jahre in den Leitungen aufgebaut haben, können sehr effizient ausgetragen werden. So wird die Anlagenhygiene nachhaltig verbessert, Produktrückrufe werden verhindert und der Einsatz von Bioziden kann deutlich effektiver und zurückhaltender erfolgen. Angewendet werden die Vinkoclean-Systemreiniger zur grundlegenden Anlagensa-

nierung im Verdünnungsverhältnis 1:5 und dann zur regelmäßigen Aufrechterhaltung der Betriebshygiene im Verhältnis 1:10 oder 1:20. Bei akuten Problemen und besonders hartnäckigen Verunreinigungen kann die Reinigungswirkung durch das Reinigungsverfahren Ecoline Pipe Purification verstärkt werden. Es sorgt gezielt für wesentlich höhere Fließgeschwindigkeiten und eine starke Scherwirkung an den überströmten Oberflächen.

**Kontakt**  
**Vink Chemicals, Tostedt**  
 Tel.: +49 4186 88797-0  
 p.zahn@vink-chemicals.com  
 www.vink-chemicals.com

# Passend für Ethernet-APL

## Gehäuselösungen samt Knowhow und Zertifizierung

Ethernet-APL stellt neue Anforderungen an die Gehäusetechnologie für Prozessanlagen. Die Lösung sind zertifizierte Gehäuse, die unterschiedliche Technologien zusammenführen und zu den lokalen, nationalen und internationalen Richtlinien passen.

Ethernet-APL erweitert die Schnelligkeit und Reichweite der global verbreiteten IT-Technologie bis hinunter zum einzelnen Feldgerät einer Prozessanlage. Direkt auf Feldebene treffen dabei Ethernet- und geschirmte Zweidrahtkabel aufeinander und müssen teilweise unter extremen Bedingungen einwandfrei funktionieren. Schon jetzt werden Kombinationen aus Ethernet-APL mit vorhandenen Feldbus- oder Remote I/O-Lösungen nachgefragt.

Eine wichtige Rolle nehmen dabei die Gehäuse ein, die auf der Feldebene eingesetzt werden. Sie müssen nicht nur alle bekannten Standards und Normen erfüllen, sondern auch auf die Kombination aus vorhandenen Techno-

logien und Ethernet-APL abgestimmt und als Komplettlösung für explosionsgefährdete Bereiche zugelassen sein.

### Fertig konfiguriert ab Werk

Gehäuse für die Installation im Feld schützen nicht nur elektrische Komponenten vor Umwelteinflüssen und mechanischen Belastungen. Sie bieten auch die Möglichkeit, komplette Funktionseinheiten für Ethernet, Feldbus oder Remote I/O zusammenzustellen, die direkt vom Hersteller konfiguriert werden und sich dann mit minimalem Aufwand vor Ort installieren lassen.

Der Betreiber einer Prozessanlage erhält auf diese Weise eine komplette Lösung aus einer



**Alexander Aust,**  
Pepperl+Fuchs



**Andreas Hennecke,**  
Pepperl+Fuchs

Hand. Das verringert nicht nur Engineering-Kosten. Es beschleunigt auch die Projektabwicklung und Installation vor Ort. Außerdem liegt die Einhaltung der erforderlichen Normen und Standards beim Hersteller, der die komplette Gehäuselösung installationsfertig und zertifiziert liefert.

### Sicher bis in den Ex-Bereich

Pepperl+Fuchs hat sich bereits jetzt auf die zukünftigen Anforderungen von Ethernet-APL



Ein Ethernet-APL Switch von  
Pepperl+Fuchs installiert im Feld.

eingerichtet und zwei komplett neue Gehäuse-Baureihen entwickelt. Die je nach Bedarf in Kunststoff oder Edelstahl ausgeführten Gehäuse zeichnen sich nicht nur durch maximale Flexibilität und zahlreiche durchdachte Details aus. Sie sind auch auf die speziellen Anforderungen nach Ex e und Ex i abgestimmt und passen damit optimal zu den besonderen Herausforderungen im Prozessbereich.

### Gehäuse aus Polyester

Die Gehäuse-Baureihe GR wird aus glasfaser-verstärktem Polyester gefertigt und ist gezielt auf die Anforderungen an elektrische Installationen in Prozessanlagen abgestimmt. Das Design wurde für maximale Flexibilität ausgelegt und passt zu einem breiten Anwendungsfeld.

Ein Kernmerkmal ist das ausgeklügelte Montagegeraster der GR-Baureihe. Es macht nicht nur die zusätzliche Montageplatte obsolet. Es ermöglicht auch die einfache Planung und Montage von zusätzlichen Anschlussklemmen und Schaltelementen. Außerdem wurden bereits bei der Entwicklung der Gehäuse Bautiefe und Anschlussmöglichkeiten des Pepperl+Fuchs APL-Switches berücksichtigt. Dabei zeigt sich, dass Pepperl+Fuchs nicht nur Gehäuse liefert, sondern als Systemanbieter von Infrastruktur-Komponenten eine rundum abgestimmte Gesamtlösung anbieten kann.

Die Gehäuse-Baureihe GR ist in unterschiedlichen Geometrien und Größen lieferbar, was eine nahezu grenzenlose Flexibilität bietet. Die geschäumten Silikondichtungen entsprechen IP66. Die mechanischen und thermischen Eigenschaften der Gehäuse erlauben auch einen Einbau in explosionsgefährdeten Bereichen der Zone 1, 21, 2 und 22.

### Gehäuse aus Edelstahl

Die neuen Edelstahlgehäuse der Baureihe SR sind in mehr als 30 Baugrößen lieferbar und decken damit praktisch jede Anforderung in der Prozessindustrie ab. Die Baureihe ist durchgängig modular aufgebaut und lässt sich damit auf praktisch jeden Anwendungsfall abstimmen. Durch die Veränderung der Türscharniere lassen sich die Gehäuse außerdem wahlweise in horizontaler als auch vertikaler Ausrichtung montieren.

Die Kabeleinführungen können entweder direkt an jeder Gehäusesseite platziert werden, oder der Kunde wählt eine Lösung mit bis zu vier Flanschplatten. Diese lassen sich individuell bestücken und an jeder beliebigen Gehäusesseite anbringen. Sollte eine Zugangsbe-



© Pepperl+Fuchs

Der Switch im GFK-Gehäuse ist für die Feldmontage geeignet.

schränkung zum Gehäuse erforderlich sein, stehen auf Wunsch Gehäusedeckel mit Sicherheitsverschlüssen oder Drehriegeln zur Verfügung.

Für eine einfache Montage werden die Gehäuse mit um 90° drehbaren Montagelassen geliefert. Alternativ lassen sie sich aber auch mithilfe von Nietmuttern direkt an der Wand oder einen dafür vorgesehenen Rahmen befestigen. Im Inneren der Gehäuse fällt die individuelle Anzahl und Ausrichtung von Hutschienen auf. Bei den Erdungsbolzen kann zwischen einer Ausführung aus vernickeltem Messing und einer Variante in SS316 Edelstahl gewählt werden.

Die Edelstahl-Gehäuse von Pepperl+Fuchs bestehen aus Edelstahl AISI 316L mit gebürsteter Oberfläche. Sie sind für Anwendungen im erweiterten Temperaturbereich von -60 °C bis +90 °C zertifiziert. Angeboten werden die Gehäuse in der Schutzart IP66 für die Explosionsschutz-Zonen 1, 21, 2 und 22.

### Individuelle Gehäuse-Lösungen

Je komplexer das Innenleben eines Gehäuses und seine Integration in das vorhandene Umfeld

ist, desto mehr empfiehlt es sich, diese Aufgabe Spezialisten zu überlassen, die sich mit allen technischen Details auskennen und die Anwendung der geltenden Standards und Normen beherrschen. Die Mannheimer Automatisierungsexperten haben sich auf genau diese Aufgabe spezialisiert und liefern dem Auftraggeber eine Komplettlösung einschließlich der erforderlichen Erdungs- und Schirmschienen, Kabelverschraubungen, Klemmenblöcke und einer genau abgestimmten Vorverkabelung.

Man kann davon ausgehen, dass es in Zukunft neben den global anerkannten Zertifikaten ATEX und IECEx noch lokale Zertifikate geben wird. Die Spezialisten von Pepperl+Fuchs sind weltweit vertreten und mit den regional unterschiedlichen Anforderungen vertraut. Das Unternehmen liefert daher auf Wunsch eine individuell ausgestattete und rundum zertifizierte Gehäuselösung, die sich bedenkenlos in die bestehenden Applikationen integrieren lässt. Das reduziert nicht nur Risiken, sondern garantiert auch eine Ethernet-APL Gehäuselösung aus einer Hand und aus einem Guss.

### Die Autoren

**Alexander Aust**, Produktmarketingmanager, Pepperl+Fuchs

**Andreas Hennecke**, Produktmarketingmanager, Pepperl+Fuchs

Durch die Dichtlippe mit doppelter Kante ist das Innenleben des Gehäuses vor Feuchtigkeit geschützt.



© Pepperl+Fuchs

Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202200417>

### Kontakt

**Pepperl+Fuchs SE, Mannheim**  
Tel.: +49 621 776-2222  
pa-info@de.pepperl-fuchs.com  
www.pepperl-fuchs.com

# Bereit für die grüne Energiezukunft

## Interface-Technik und Prozessanalytik in Elektrolyseuren



© Thomas - stock.adobe.com

Wasserstoff aus regenerativem Strom ist zweifelsfrei einer, wenn nicht der Energieträger der Zukunft. Um die anspruchsvolle Prozesstechnik im Elektrolyseur sicher und zuverlässig messen und steuern zu können, braucht es hochpräzise Hochspannungstrennverstärker und Prozessanalytik.

Wasserstoff gilt als der Energieträger der Zukunft. Insbesondere der grüne Wasserstoff ist zum Hoffnungsträger für eine CO<sub>2</sub>-freie und nachhaltige Energiewende avanciert, da bei den

anderen Methoden der Wasserstoffgewinnung CO<sub>2</sub> entsteht. Zwar liegt aktuell der Anteil von Wasserstoff am Energiebedarf in Europa nur bei rund 2 %, doch die Experten sagen einen rasanten Anstieg voraus, mit einem Anteil von H<sub>2</sub> im Energiemix von fast 25 % bis 2050. Deutschland hat das Ziel, Leitmarkt in diesem Bereich zu werden und fördert mit milliardenschweren Programmen die Entwicklung von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien im Wettlauf um den Innovationsvorsprung.

### Im Fokus: Power-to-Gas

Der sogenannte grüne Wasserstoff wird durch Elektrolyse mit Strom aus regenerativen Quellen gewonnen. Insbesondere Power-to-Gas-Anlagen stehen dabei im Fokus. Dabei wird regenerativ erzeugte, elektrische Energie in Wasserstoff umgewandelt, wenn die Energie aufgrund man-



**Christoph Manegold,**  
Redaktionsbüro techNeedsTalk

gelnder Netzkapazitäten oder geringer Nachfrage nicht ins Verbundnetz eingespeist werden kann. Mit Power-to-Gas kann die Energie kostengünstiger gespeichert und leichter transportiert werden als dies mit anderen Stromspeicherungsverfahren, wie Pumpspeicherwerken,

Redox-Flow-Batterien, Kondensatoren oder Schwungradspeichern möglich ist.

Wasserstoff wird in Elektrolyseuren gewonnen, die bspw. in einem Container direkt am Erzeugungsort der Energie untergebracht sind. Die Systeme bestehen aus Elektrolysezellen, die in Paketen, den sogenannten Stacks, zusammengefasst werden. Komplettiert wird die Anlage durch eine Wasseraufbereitungseinheit, Leistungselektronik, Mess- und Regeltechnik sowie eine Steuerung mit Schnittstellenmanagement.

In der Praxis haben sich zwei Verfahren für die Elektrolyse etabliert, die bereits im industriellen Maßstab Wasserstoff erzeugen. Dies sind die alkalische Elektrolyse (AEL) und die Membran- oder PEM-Elektrolyse. An weiteren Verfahren wird intensiv geforscht, vor allem um den Wirkungsgrad zu steigern, der aktuell bei rund 60 % liegt. Als aussichtsreiches Verfahren dafür gilt die Hochtemperatur-Elektrolyse.

### Elektrische Messtechnik für Elektrolysezellen

Um den Wasserstoff prozesssicher und wirtschaftlich erzeugen zu können, ist ein Monitoring der Zellen zur Detektion von Drift oder Alterung erforderlich, da diese die Funktionsfähigkeit der Zellen beeinflussen. Dafür ist die präzise Messung von Systemparametern, wie Strom, Spannung und Temperatur direkt in den Elektrolyseuren essenziell. Für das Alkaliverfahren ist die Stromüberwachung wichtig. Nicht überraschend legen die Betreiber zudem hohen Wert auf Zuverlässigkeit und lange Lebensdauer.

Knick Elektronische Messgeräte, ein Hersteller von Messtechniklösungen in der Pro-



Auch die Prozessanalytikprodukte von Knick, wie das Stratos Multi und der pH/Redox-Sensor sind für Wasserstoffanwendungen bestens geeignet.

zessindustrie greift auf seine Erfahrung in der Interface-Technik und Prozessanalyse für den Energiesektor zurück, um praxistaugliche Lösungen für die Messtechnik in der Wasserstoffgewinnung zu entwickeln.

Joachim Baumann, Director Sales Interface Technology bei Knick, erklärt dazu: „Aktuell sind die meisten Anlagen noch im Pilotstadium und entwickeln sich in unterschiedliche Richtungen, so dass sich bisher keine einheitlichen Anforderungen an die Messtechnik herauskristallisiert haben. Knick ist sehr daran interessiert, stärker in die Entwicklung von Elektrolyseuren bei Anlagenbauern miteinbezogen zu werden, um

die Vielfalt der Anforderungen noch besser zu verstehen. Denn Knick ist bekannt dafür, seine Produkte kundenspezifisch für spezielle Anforderungen zu adaptieren.“

### Hochspannung im Stack

Um den Strom in dem Elektrolyseur zu messen, wird ein sogenannter Stack oder Zellstapel als kleinste austauschbare Einheit betrachtet. Diese in Reihe geschalteten Elektrolysezellen werden im Fehlerfall komplett ausgetauscht, anstatt eine einzelne Zelle zu reparieren.

Bei den Stacks des PEM-Elektrolyseurs eines amerikanischen Herstellers sind je nach Leis-

## Ihr Lösungspartner für KOMPENSATOREN

Projektierung, Montage, Inbetriebnahme – alles aus einer Hand.

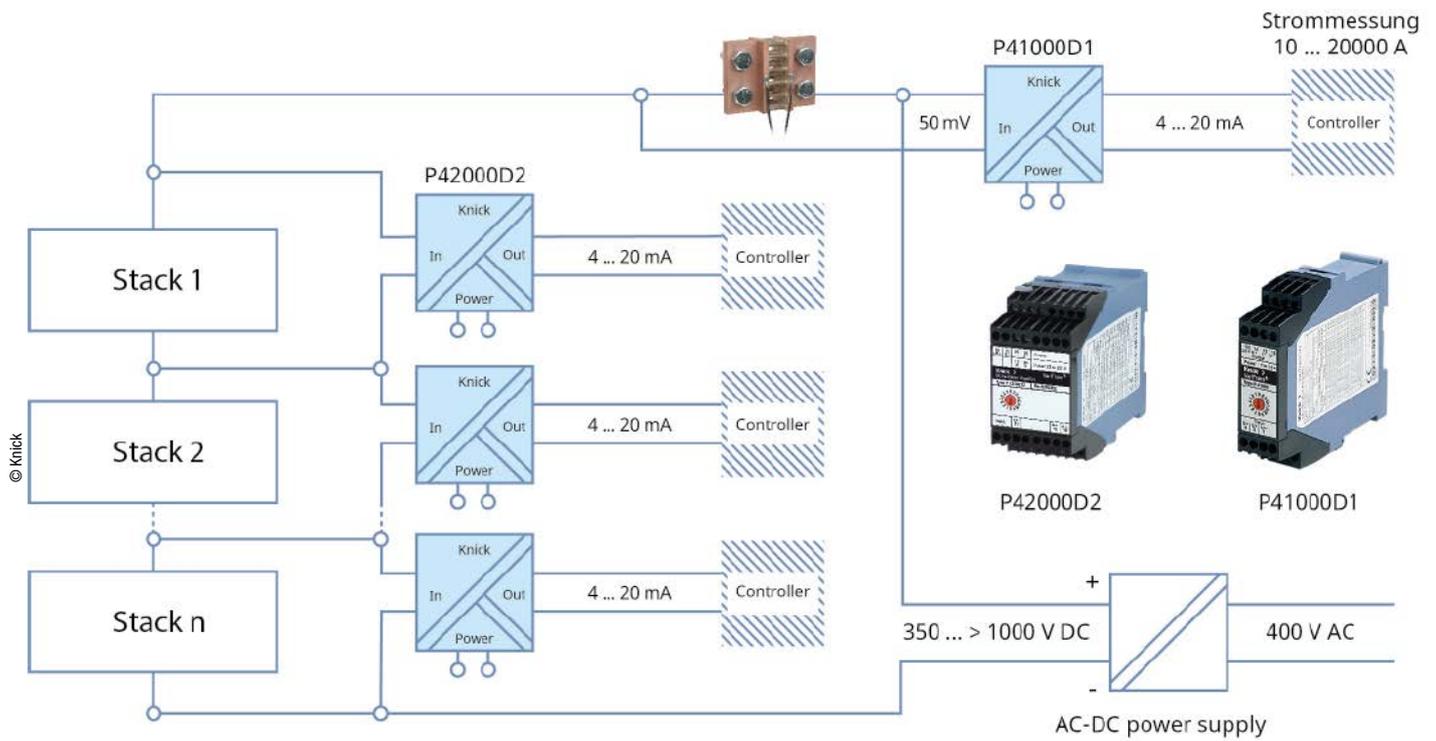
DICHTUNGEN | ISOLATIONEN | KOMPENSATOREN

Frenzelit GmbH | Frankenhammer 7 | 95460 Bad Berneck  
Phone +49 9273 72-0 | info@frenzelit.com | frenzelit.com



**Frenzelit**  
creating hightech solutions





Knick Hochspannungstrennverstärker messen die Spannung in den Stacks und den aufgenommenen Strom.

tungsstufe mehr als 100 Elektrolysezellen verschaltet. Da die Betriebsspannung einer einzelnen Zelle 2 bis 3 V DC liegt, beträgt die maximale Stackspannung mehrere 100 V. Üblicherweise werden mehrere Stacks zu einem Block zusammengefasst, so dass die Maximalspannung für einen Block 1.000 V DC überschreiten kann. Durch alle Stacks fließt ein Strom von bis zu 100 A DC. Es sind aber auch bereits Blocks mit einer elektrischen Leistungsaufnahme von mehr als einem Megawatt in Betrieb.

Um Funktionsstörungen im Elektrolyseur zu detektieren, werden die Spannungsunterschiede zwischen den Stacks kontinuierlich gemessen. Dafür kommen Knick-Hochspannungstrennverstärker zum Einsatz, die aufgrund ihrer Messgenauigkeit und kurzen Einstellzeit selbst geringste Spannungsunterschiede zwischen den Stacks in kürzester Zeit erkennen und an die nachgelagerte Anlagensteuerung melden.

Die Gerätefamilie von Hochspannungstrennverstärkern hat sich in Fotovoltaikanlagen oder in der Verkehrsinfrastruktur mit ihren sehr hohen Anforderungen an Zuverlässigkeit und Dauerfestigkeit bewährt. Sie sind vakuumvergossen, was eine hohe Lebensdauer bewirkt und bleiben über Jahre absolut stabil. Wie zuverlässig die Trennverstärker des Anbieters arbeiten, lässt sich daran ablesen, dass sie einen Weltmarktanteil von 85 % in DC-Unterwerken für die Versorgung von Schienenfahrzeugen haben.

So gibt der Hersteller bei der Produktreihe ProLine P40000 einen MTBF-Wert (Mean-Time-Between-Failure-Wert) von nicht weniger als 2.000 Jahren an, die aus der Betriebsdauer installierter Komponenten dieser Baureihe errechnet wurde. Damit eignen sich diese Trennverstärker auch für den Betrieb in Elektrolyseuren, die in der Regel unbeaufsichtigt an entfernten Standorten und mit maximaler Systemverfügbarkeit gefahren werden.

Für die Messung der Ströme in den Stacks muss eine Beschädigung der Messtechnik bei Kurzschluss unbedingt vermieden werden. Hier bietet sich eine Kombination aus Hochspannungstrennverstärker und Shunt-Widerstand an, mit der Ströme bis zu 20.000 A präzise gemessen werden können.

### Prozessanalytik in Rein(st)wasser

Entscheidend für eine optimale Wasserstoffausbeute ist die Qualität des Ausgangsprodukts Rein(st)wasser. Um schädliche Salzablagerungen auf Membranen und an Elektroden der PEM-Elektrolyseure zu vermeiden, muss die Qualität des Prozesswassers kontinuierlich überwacht werden. Auch für diese Aufgabe liefert Knick komplette Messtechniklösungen. Hierbei nutzen der Anbieter seine Erfahrung aus der Prozessanalytik in Kraftwerken und in der chemischen Industrie.

Mit seinem umfangreichen Portfolio an Sensoren, Transmittern und Armaturen bis hin zu automatischen Sensor-Wartungssystemen las-

sen sich alle pH- und Leitfähigkeitsmessungen an die Anforderungen der Elektrolyse anpassen. Die Knick Transmitter überwachen den Sensorverschleiß und kommunizieren die Messwerte über Profibus, Profinet, Foundation Fieldbus oder Ethernet/IP an die übergeordneten Steuerungen und Leitsysteme.

### Der Autor

Christoph Manegold,

Redaktionsbüro techNeedsTalk für Knick

Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:  
<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202200418>

### Kontakt

Knick Elektronische Messgeräte GmbH & Co. KG, Berlin

Tel.: +49 30 80191-0

info@knick.de · www.knick-international.com

Feiern Sie mit uns  
unser Jubiläum!

JAHRE  
CIT<sup>plus</sup>



**Wir sagen Danke  
mit 25 % Jubiläumsrabatt**  
und freuen uns über Ihre Beteiligung.

**Ausgabe 10/2022:**

Erscheinungstermin: 06.10.2022

Anzeigenschluss: 14.09.2022

Redaktionsschluss: 25.08.2022

**Wir freuen uns über Ihre Anfrage.**

**Kontakte Mediaplanung:**

**Stefan Schwartz**

+49 6201 606 491

sschwartz@wiley.com

**Marion Schulz**

+49 6201 606 565

mschulz@wiley.com

**WILEY-VCH**

# Sorgfältiger Umgang mit wertvollen Hochkonzentraten

## Mischer und Trockner in der Produktion von Pflanzenschutzmitteln, Teil 1

Um Pflanzenschutzmittel herzustellen, sind moderne Prozessanlagen notwendig. Denn die hochwirksamen Substanzen sind nicht nur wertvoll im doppelten Wortsinn, sondern wegen ihrer im Prozess hohen Konzentration für den Anlagenbediener nicht ungefährlich. Für mehr Sicherheit finden die mehrstufigen Synthesen und Formulierungsschritte daher in geschlossenen Systemen statt. Amixon-Apparate tragen aufgrund ihrer besonderen Konstruktionsmerkmale in diesem herausfordernden Umfeld viel zur Effizienz bei und können die Ausbringungsmenge einer Produktion entscheidend beeinflussen.



Ludger Hilleke,  
Amixon



Mehr als 7,8 Mrd. Menschen lebten bis Ende 2020 auf der Erde. Im Jahr 2050 werden es laut der aktuellen UN-Bevölkerungsprojektion 2019 rund 9,7 Mrd. Menschen sein. Um genügend Nahrungsmittel für die wachsende Weltbevölkerung produzieren zu können, kommt die Landwirtschaft weltweit nicht ohne Pflanzenschutzmittel oder Pestizide aus. Ohne Pflanzenschutzmittel wären die landwirtschaftlichen Erträge, die wir heute weltweit für selbstverständlich halten, nicht ansatzweise erzielbar.

Der Begriff Pestizide ist ein Sammelbegriff und umfasst Wirkstoffe mit unterschiedlichem Wirkungsspektrum: zur Abwehr von Milben (Arkrizide), mikrobiische Krankheitserregern (Bakterizide), Pilzen oder ihre Sporen (Fungizide), vielzehlenden Unkräutern (Herbizide), Insektenschwärmen (Insektizide), Fadenwürmern (Nematizide), sowie schädlichen Nagetieren (Rodentizide) (siehe Tab.).

Bei Pflanzenschutzmitteln handelt sich um chemische oder biologische Hightech-Wirkstoffe, die gegen unerwünschte Organismen in der Landwirtschaft mit dem Ziel, den Ertrag zu maximieren, eingesetzt werden. Ihr großflächiger Einsatz birgt leider auch Risiken für die Umwelt, ist jedoch wegen des hohen Nutzens für die landwirtschaftliche Produktion alternativlos. Der Effekt ist so groß, dass selbst im Ökolandbau bestimmte Pflanzenschutzmittel eingesetzt werden dürfen, wenn durch vorbeugende Maßnahmen, wie bspw. die Fruchtfolge, das massenhafte Auftreten von Schädlingen nicht verhindert werden kann. Welche Pflanzenschutzmittel z.B. im Ökolandbau eingesetzt werden dürfen, regeln die EU-Rechtsvorschriften für den ökologischen Landbau:

„Bei einer festgestellten Bedrohung der Kulturen dürfen lediglich solche Pflanzenschutzmittel eingesetzt werden, die nach Artikel 16 für die Verwendung in der ökologischen/biologischen Produktion zugelassen wurden.“ (Artikel 12 der Verordnung 834/2007).

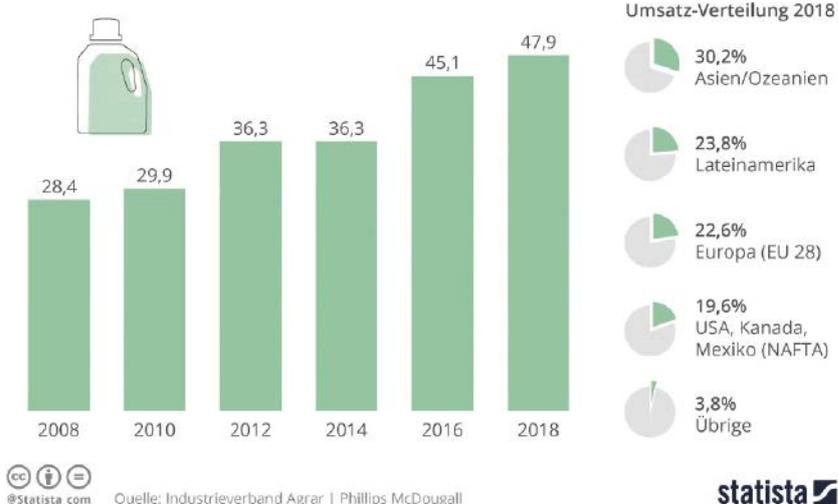
### Pflanzenschutzmittel sind ein globaler Markt

Der weltweite Markt für Pflanzenschutzmittel ist groß. Das Produktionsvolumen der Herbizide ist bei weitem das größte, gefolgt von Insektiziden und Fungiziden. 2018 wurden weltweit fast 48 Mrd. EUR mit Pflanzenschutzmitteln umgesetzt – das entspricht einem Plus von 0,5 % gegenüber dem Vorjahr. Der mit Abstand wichtigste Markt ist Asien vor Lateinamerika und Europa. In Deutschland belief sich der Umsatz im selben Zeitraum auf 1,3 Mrd. EUR. Er ist hierzulande seit 2015 rückläufig.

Die Menge der in Deutschland abgesetzten Pflanzenschutzmittel lag 2016 bei etwa 48.000 t und hat sich damit in zehn Jahren um 50 % erhöht (2006 waren es ca. 32.000 t). Herbizide (Unkrautvernichtungsmittel) machen dabei etwa

## Pflanzenschutz ist ein Milliarden-Geschäft

Weltweiter Umsatz mit Pflanzenschutzmittel (in Mrd. Euro)



### Pflanzenschutzmittel sind ein wachsender Milliardenmarkt.

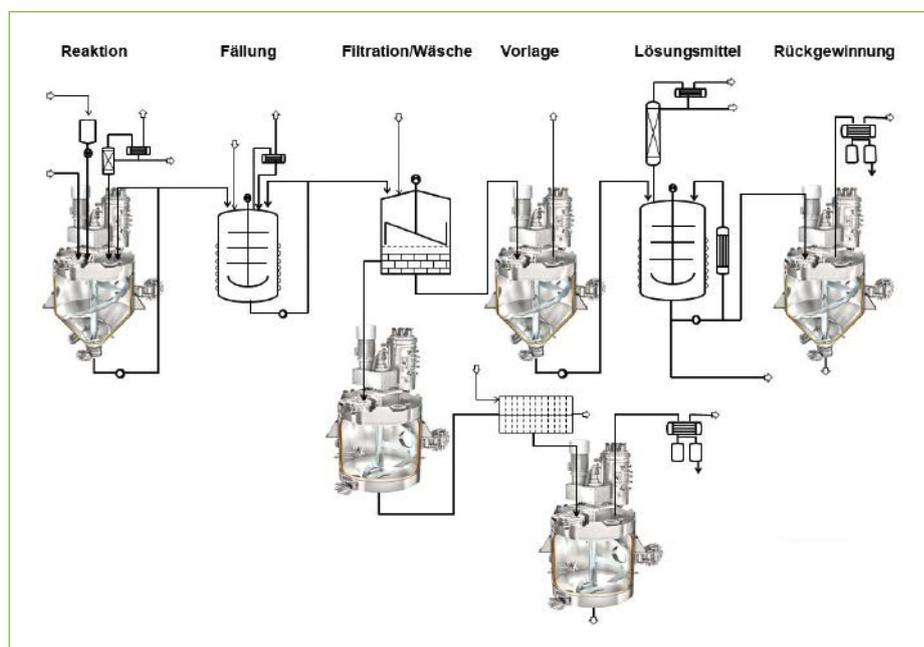
40 % aus , Fungizide (gegen Pilze und ihre Sporen) etwa 25 % und Insektizide (zur Abtötung, Vertreibung oder Hemmung von Insekten und deren Entwicklungsstadien) etwa 30 %.

In Deutschland waren 2016 circa 270 Wirkstoffe in insgesamt 753 verschiedenen Pflanzenschutzmitteln zugelassen. Die Forschung arbeitet derzeit an nachhaltigen Wirkstoffen, die sich nach dem Ausbringen im besten Fall rückstandslos zersetzen.

### Langwierige und teure Entwicklung

Bis ein Pflanzenschutzmittel zugelassen und auf den Markt gebracht werden kann, bedarf

es etwa zehn Jahre intensiver Entwicklungsarbeit. In dieser Zeit investiert der Hersteller etwa 200 Mio. EUR, führt ungefähr 200 Studien durch und testet anhand von mehr als 800 Parametern. Im Labor werden zunächst geeignete Substanzen gesucht und in Modellversuchen getestet. Schon für diese Tests werden die eigentlichen Wirkstoffe als sogenannte Formulierungen in landwirtschaftlich anwendbare Produkte umgewandelt. Für diese Formulierungen werden sogenannte Trägerstoffe – Gesteinsmehle oder organische Lösungsmittel – sowie Hilfsstoffe (meist Tenside als Emulgatoren, Netz oder Haftmittel) verwendet. Aufgabe der Formu-



Fließbild einer typischen Vielzweck-Synthesestraße mit Amixon-Apparaten: Reaktor/Fällung, Pastenbunker, Vakuumtrockner und Mischer-Kühler, Final-Hochleistungsmischer und Vakuumtrockner

Bezeichnung	Anwendung gegen	Anwendungsgebiete z.B.
Akarizide	Milben und Zecken, Hausstaubmilben, allgemein beißende Insekten	Obst-, Wein- und Gartenbau, Haustiere (Katze, Hund), Imkerei, Haushalt
Bakterizide (Mikrobiozide)	Bakterien	Pharmazeutika (Antibiotika)
Fungizide	Pilze und ihre Sporen	Landwirtschaft, Obst-, Wein- und Gartenbau
Herbizide	Unkraut	Landwirtschaft, Obst-, Wein- und Gartenbau
Insektizide (Pestizide)	Insekten und deren Entwicklungsstadien	Landwirtschaft, Obst-, Wein- und Gartenbau
Molluskizide	Weichtiere (Schnecken)	Gartenbau, Obstbau

## Arten von Pflanzenschutzmitteln

lierungshilfsstoffe ist, die Wirkstoffe technisch sicher und anwendbar zu machen, damit ihre Ausbringung sicher und ihre Wirksamkeit optimal ist.

Anschließend werden unterschiedliche Aufbereitungstechnologien gegeneinander abgewogen: Beispielsweise die Mikronisierung – sehr feines Zermahlen für eine gleichmäßige Suspension im Wasser und dann später die sichere Versprühung oder Verträufelung auf der Nutzpflanze – oder die Verkapselung, die die Verfügbarkeit und Wirkung der Substanz für einen längeren Zeitraum selbsttätig reguliert.

Wenn alle Parameter und weitere anwendungsbezogene Merkmale optimiert sind, werden im Technikum Pilotversuche durchgeführt, um die Prozessparameter zu optimieren. Ziel ist es, den Wirkstoff rein, stabil, hochkonzentriert und reproduzierbar zu synthetisieren. Diese Projektphase ist verfahrenstechnisch besonders herausfordernd. Denn die hier pilotierten Apparate müssen hinreichend Scale-up-fähig sein, um die späteren Massenströme und Chargengrößen zu bewältigen, die in der Regel um die Faktoren 20 bis 100 größer sind.

## Mehrstufiger Produktionsprozess mit hohen Anforderungen

Die Syntheseschritte zur Herstellung von Pflanzenschutzmitteln unterscheiden sich naturgemäß je nach Wirkstoff und gewünschter Ausbringungsform. Die grundlegenden Prozessschritte sind jedoch für die als Pulver erhältlichen Grundsubstanzen ähnlich.

Zunächst wird im Reaktor ein Lösungsmittel vorgelegt, pulverige Reagenzien werden zugefügt und gelöst oder homogen suspendiert. In dieser Flüssigphase findet der erste Reaktionsschritt statt. Der Rührprozess kann durch Umlaufpumpung unterstützt werden, um die Reaktionskinetik zu begünstigen. Nach vollständigem Ablauf der Reaktion liegt der neue Stoff in Flüssigform vor. Er wird mit Additiven vermischt, um eine Kristallisation des Wirkstoffs auszulösen, was durch geschickte Temperaturänderungen begünstigt wird. Im Moment des Phasensprungs ist eine besonders effektive Mischwirkung notwendig – vor allem wenn sehr schnell, gleichmäßig und schonend zu kühlen ist.

Die weiterhin suspendierten Feststoffe bleiben in der Regel pumpfähig und werden im nächsten Prozessschritt einer mehrstufigen Wäsche unterzogen. Hier werden die Wirkstoffkristalle zumeist mit Wasser oder Lösemittel von Reagenzien befreit. Es können weitere Aufreinigungsstufen erfolgen. Es erfolgt die mechanische Fest-Flüssigkeitrennung mit Hilfe von kontinuierlich arbeitenden Zentrifugen, die bevorzugt eingesetzt werden, oder zuweilen auch Filterpressen. In der Regel sind gasdicht geschlossene Systeme zu bevorzugen. Zuletzt findet die thermische Trocknung statt.

## Langlebige Synthese-Reaktoren dank umfassendem Werkstoff-Know-how

Tendenziell werden die chemischen Synthesen komplexer und die eingesetzten Lösemittel erfordern einen höheren Anspruch an die Korrosionsbeständigkeit der verwendeten Werkstoffe. Da sind übliche Edelstähle nicht mehr ausreichend, weshalb auf höherwertige Werkstoffe auszuweichen ist. Dazu gehören austenitisch-ferritische Edelstähle (sogenannte Duplex- oder Superduplex wie 1.4462, 1.4410, 1.4501), hochlegierte Sonderedelstähle (sog. „Superaustenite“ 1.4529 oder 1.4562) bis hin zu hochlegierten Nickelbasiswerkstoffe (Hastelloy C22 oder Alloy 59) bei besonders stark korrodierenden Suspensionen. Neben der korrosiven Beanspruchung verursacht der Wechsel von Vakuum und Druck sowie der Wechsel von Heiß-Kaltoperationen zusätzlichen Stress für den Prozessapparat.

Die durchschnittliche Lebensdauer von Amixon-Apparaten ist länger als 30 Jahre. Erreicht wird diese lange Lebensdauer durch Maßnahmen und Vorkehrungen des mechanischen Verschleißschutzes und der chemischen Beständigkeit.

Amixon verfügt über langjährige Expertisen im Umgang mit hochlegierten Werkstoffen. So erfordert deren Verschweißung stringent einzuhaltende Schweißreihenfolgen bei kontrolliert eingetragener Streckenenergie und absolute Sauberkeit. Bereits die fertigungsbegleitenden, mechanischen Prüfungen und die Korrosionstests, wie ASTM G48 oder Cabot-Test können einen ungewollten Abbruch der bereits geleis-

teten Arbeiten auslösen. Der Anlagenbauer verfügt über die erforderlichen Schweißqualifikationen zur Herstellung von Druckgeräten aller Klassen nach internationalen Regelwerken (AD 2000-Merkblatt, EN 13445, ASME, JIS B 8265, sowie die Voraussetzungen für den KGS Code (Korea), China Manufacture License).

Ist das Synthesegut trocken und kühl genug, um ausgetragen zu werden, sind in der Regel wieder einfache Edelstahlwerkstoffe wie 1.4571 oder 1.4404 ausreichend.

Aus der abschließenden Vakuumtrocknung resultiert ein erstes Syntheseresultat, das als Edukt für einen zweiten Syntheseschritt dienen kann. Hochwirksame, moderne pulverige Chemikalien sind meist das Resultat mehrerer Syntheseschritte, die fast immer mit einer Vakuum-Mischtrocknung abschließen. Der Wirkstoff wird dabei mit jedem Syntheseschritt wertvoller und oft empfindlicher. Beim Trocknen ist deshalb thermischer und mechanischer Stress zu vermeiden. Insofern ist dem Trocknungsregime besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden.

## Der Autor

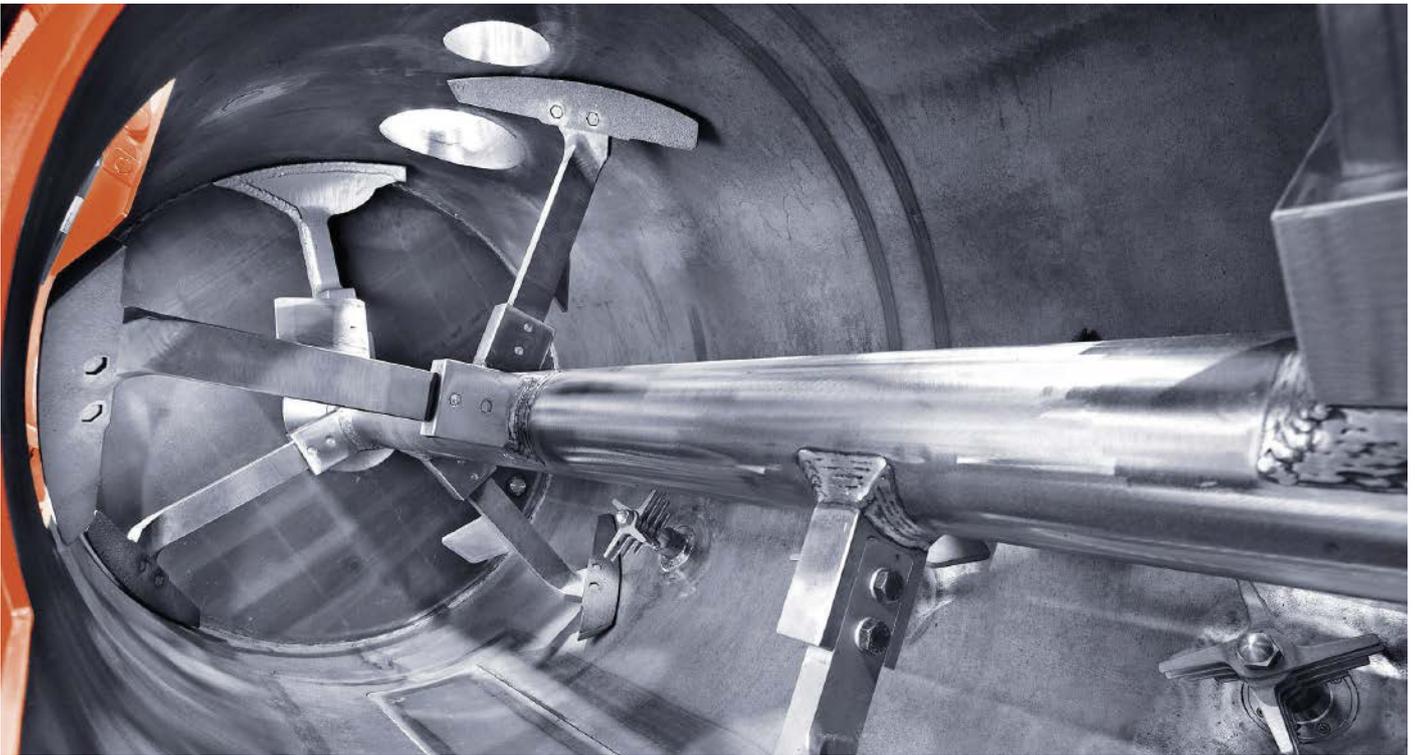
**Ludger Hilleke**, technischer Leiter und Mitglied der Geschäftsführung, Amixon

Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202200419>

## Kontakt

**Amixon GmbH, Paderborn**  
Tel.: +49 5251 688888-0  
sales@amixon.de  
www.amixon.de



# Explosionsschutz in der Prozesstechnik

Lösungen und Maßnahmen für einen sicheren Mischprozess

**Dirk Hansjürgen,**  
Gebr. Lödige  
Maschinenbau



Ob Umwelt- und Baustoffindustrie, Chemie- und Pharmaindustrie, Kosmetik- oder Lebensmittelherstellung. In nahezu allen Industriebereichen werden Schüttgüter gemischt. Dabei kommen Mischer auch in explosionsgefährdeten Bereichen zum Einsatz. Ein präventiver Explosionsschutz kann Mitarbeiter und Anlagen wirksam schützen. Von der Konstruktion bis zum Betrieb der Maschine sind dabei eine Reihe von Punkten zu beachten.

Wie alle Maschinen, die für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen vorgesehen sind, müssen Mischer, die innerhalb der EU in Verkehr gebracht werden, der Richtlinie 2014/34/EU entsprechen. Die 2016 in Kraft getretene ATEX-Richtlinie richtet sich in erster Linie an den Hersteller und regelt die grundlegenden Anforderungen an den Explosionsschutz. Andere Länder, andere Sitten bzw. Richtlinien: Das gilt auch beim Explosionsschutz. So gelten in Russland, China, den USA oder Australien/Neuseeland andere Vorgaben, wie bspw. NFPA/NEC, TR CU, IECEx oder CCC. Erfahrene Maschinenbauer wie Lödige Process Technology besitzen die erforderliche Expertise, um

die gültigen Richtlinien – ob europäisch oder international – umzusetzen.

## Konstruktiver Explosionsschutz

Der erste Schritt in Richtung konstruktiver Explosionsschutz ist die Auswahl des richtigen Materials. Grundsätzlich können Mischer, je nach Kundenwunsch und Einsatzgebiet, aus verschiedenen Materialien gefertigt werden. Das Spektrum umfasst dabei hochlegierte, nicht rostende Stähle sowie legierte und unlegierte Stähle. In Bezug auf den Explosionsschutz sind funkenarme Werkstoffe, wie bspw. die meisten Edelstähle, jedoch die erste Wahl.

Ein weiterer Punkt, den es bei der Konstruktion zu beachten gilt, ist der Abstand der Schaufeln zur Behälterwand des Mixers. Nach Möglichkeit sollen nur geringe Restmengen des zu mischenden Produkts in der Maschine verbleiben. Dazu ist es notwendig, die Schaufeln sehr nah an die Behälterwand heranzuführen. Doch insbesondere, wenn die Maschine mit einem Doppelmantel zum Heizen und Kühlen ausgestattet ist, können hier Risiken durch den Wärmeeintrag entstehen: Es besteht die Gefahr einer unregelmäßigen Ausdehnung des Druckbehälters, sodass eine Kollision der Schaufeln mit der Behälterwand möglich ist. Die Festlegung der optimalen

Schaufelabstände wird zum einen auf der Basis von Erfahrungswerten in Versuchsreihen ermittelt. Zum anderen werden Berechnungen herangezogen, bei denen die Schaufelabstände simuliert dargestellt werden.

Im Rahmen des konstruktiven Explosionsschutzes kann es zudem erforderlich sein, eine Temperaturüberwachung an den heißesten Stellen im Mischer vorzusehen. Diese Stellen treten in der Regel an den Abdichtungen auf. Dazu zählen sowohl die Abdichtungen der Hauptwelle, aber auch die Abdichtungen an den einzelnen Messerköpfen. Die Wärmeentwicklung entsteht durch die Drehbewegung der Welle, die von der Maschinengröße, dem Maschinentyp und dem jeweiligen Verfahren abhängt. Diese Drehzahlen, die bei der Welle teilweise >500 1/min und bei den Messerköpfen >1.500 1/min betragen können, lassen sich durch den Einsatz von Frequenzumrichtern beeinflussen.

Weitere heiße Oberflächen können durch den Wärmeeintrag eines Doppelmantels für Beheizung und Kühlung entstehen. Hierbei ist es wichtig, dass die zugeführte thermische Energie unterhalb der Zündtemperatur liegt. Beispielsweise ist das Betreiben eines Doppelmantels mit einer Temperatur von 300 °C und einem Produkt mit

einer Zündtemperatur von 200 °C nicht ohne weiteres möglich. In diesem Fall müssen z.B. Maßnahmen aus dem Bereich des primären Explosionsschutzes zum Einsatz kommen. Spezialisierte Maschinenbauer sind in der Lage vor der Umsetzung eines Kundenauftrags Lösungen für entsprechende Sonderfälle zu erarbeiten.

## Primärer Explosionsschutz – Vermeiden einer explosiven Atmosphäre

Die Inertisierung des Mixers zur Vermeidung einer explosiven Atmosphäre zählt zu den primären Explosionsschutzmaßnahmen. Hierbei wird in der Regel ein Vielfaches des Mischervolumens an Inertgas (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, Edelgase etc.) in den Mischer gegeben und der Durchfluss sicherheitsgerichtet überwacht. Die Menge hängt von dem zu mischenden Produkt ab. Dabei wird das Inertgas mittels eines separaten Stützens in den Mischer eingeblasen. Dies erfolgt vorzugsweise mittels Druckwechselverfahren unter Anwendung von Vakuum oder Überdruck. Dabei sind die Auslegungsparameter des Mixers zu beachten. Zusätzlich wird, nach der erfolgreichen Inertisierung, über die Abdichtungen das Inertgas nachgeführt. Dies dient der Aufrechterhaltung der Inertisierung. Bei



Durch den Wärmeeintrag eines Doppelmantels für Beheizung und Kühlung können am Mischer heiße Oberflächen entstehen. Hierbei ist es wichtig, dass die zugeführte thermische Energie unterhalb der Zündtemperatur liegt.

Bedarf kann mittels des Stützens nachinertisiert werden.

Die Inertisierung ist dann sinnvoll, wenn das Produkt extrem zündfähig ist und es sich ggf. um hybride Gemische handelt. Hybride Gemische sind Gemische aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln, gepaart mit brennbarem Staub. Um hybride Gemische beurteilen zu können, sind in der Regel Untersuchungen zu den sicherheitstechnischen Kenngrößen erforderlich. Hier sollte

daher eine separate Betrachtung durch ein Prüflabor erwogen werden. Dabei gilt es zu untersuchen, wie sich die vorhandenen Gase, Dämpfe oder Nebel auf die sicherheitstechnischen Kenngrößen des Staubes wie Zündtemperatur oder Mindestzündenergie auswirken. Von hybriden Gemischen ist dann auszugehen, wenn die Konzentration des Gases (bspw. Lösemittel) mehr als 20 % der unteren Explosionsgrenze (UEG) beträgt.

## Sekundärer Explosionsschutz – Vermeiden wirksamer Zündquellen

Bei Mixern, bei denen keine hybriden Gemische auftreten können, ist in der Regel der sekundäre Explosionsschutz, also das Vermeiden wirksamer Zündquellen, ausreichend. Grundsätzlich sind alle Zündgefahren zu berücksichtigen, die bei Mixern auftreten können, dazu zählen auch Blitzschlag oder Ultraschall. Besonders relevant sind folgende Zündquellen:

- heiße Oberflächen
- mechanisch erzeugte Funken
- elektrische Anlagen
- statische Elektrizität

Diese Gefährdungen sind in der Zündgefahrenbewertung zu betrachten. Gegebenenfalls sind entsprechende Maßnahmen zur



Die Festlegung der optimalen Schaufelabstände zur Behälterwand des Mixers – hier im Hygienic Design ausgeführt – erfordert große Expertise beim Hersteller.



Eine Temperaturüberwachung an der Abdichtung der Hauptwelle, als einer der heißesten Stellen im Mischer, kann im Rahmen des konstruktiven Explosionsschutzes erforderlich sein.

Vermeidung wirksamer Zündquellen einzuleiten. Dazu zählt z.B. die beschriebene Temperaturüberwachung der heißesten Stellen im Mischer sowie der Einsatz von konform zur Richtlinie 2014/34/EU in Verkehr gebrachter elektrischer Anlagen und Bauteile.

Besondere Vorsicht ist bei Mixern geboten, die zusätzlich zum Doppelmantel eine beheizte Welle besitzen. Beim An- und Abfahren der Maschine sind aufgrund der unterschiedlichen thermischen Ausdehnungen besondere Reihenfolgen einzuhalten, um eine Kollision des Mischwerkzeugs mit der Behälterwand zu verhindern.

Auch in Sachen Reinigung muss der Explosionsschutz berücksichtigt werden. Die Reinigung von Mixern erfolgt zum Teil händisch, teilweise aber auch durch WIP-Systeme (Washing in Place) oder CIP-Systeme (Cleaning in Place). Dabei können unterschiedlichste Detergenzien wie Säuren oder Laugen zum Einsatz kommen. In aller Regel stellen diese Reinigungssysteme keine Gefahr aus Ex-Schutzsicht dar. Bei der Handreinigung wie dem Ausfegen der Maschine bei pulverförmigen Stoffen ist jedoch darauf zu achten, dass ein Aufwirbeln des Produkts vermieden wird. Insbesondere bei Stäuben sind das Absaugen mit einem

Atex-zertifizierten Industriesauger oder eine Nassreinigung vorzuziehen. Ein besonderer Anwendungsfall liegt bei der Reinigung dann vor, wenn mit Reinigern auf Lösemittelbasis gearbeitet wird. Hier könnte es durch Ausgasung zu einer explosionsfähigen Atmosphäre kommen.

### Sicherer Betrieb

Für einen sicheren Betrieb von Mixern in explosionsgefährdeten Bereichen sind weitere Punkte von Bedeutung. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf den zu mischenden Produkten. Hierbei wird unterschieden, welche Mindestzündenergie (MZE) das jeweilige zu mischende Produkt hat. Es wird unterschieden:

- $MZE \geq 10 \text{ mJ}$   
(normal zündempfindlich)
- $3 \text{ mJ} \leq MZE < 10 \text{ mJ}$   
(besonders zündempfindlich)
- $MZE < 3 \text{ mJ}$   
(extrem zündempfindlich)

Besitzt eines der zu vermischenden Produkte eine sehr geringe Mindestzündenergie, so kann bspw. die Reihenfolge der Beschickung des Mixers geändert werden, um die erforderliche Sicherheit zu gewährleisten. Die Zugabe der Produkte mit der geringen MZE erfolgt in diesem Fall erst dann, wenn Produkte mit einer

höheren Zündtemperatur bereits gemischt werden. Produkte, bei denen mit einer exothermen Reaktion zu rechnen ist, sind dabei als problematisch anzusehen und bedürfen einer detaillierten Betrachtung. Betreiber sind zudem in der Pflicht mögliche Fehlanwendungen zu verhindern.

### Hierzu zählen:

- Zündwirksame Fremdkörper, die sich im Produkt befinden und darüber in den Mischer gelangen
- Fremdkörper, die bspw. nach Reinigungs- und Wartungsarbeiten im Mischer verbleiben
- Staubablagerungen, die sich außerhalb des Mixers auf Bauteilen befinden und dann z.B. durch den Einsatz von Druckluft aufgewirbelt werden. Diese sollten nach Möglichkeit mit explosionsgeschützten Staubsaugern entfernt werden
- Austausch von Bauteilen im Rahmen von Wartungs- und Reparaturarbeiten, die nicht die erforderliche Kennzeichnung besitzen
- Verändern der Parameter und Bauteile (Drehzahl, Leistung, Temperatur des Doppelmantels etc.)

### Beratung durch erfahrene Hersteller

Betreiber von Mixern, die in explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt werden, finden in spezialisierten Maschinenbauern wie Lödige Process Technology kompetente Ansprechpartner in Bezug auf Explosionsschutz. Lödige – im Jahr 1938 gegründet – hat mit der

Erfindung des Pflugschar-Mischers die Misch- und Aufbereitungstechnik maßgeblich beeinflusst. Mehr als 35.000 ausgelieferte Maschinen und Systeme dokumentieren die Erfahrung für kundenorientierte Systemlösungen. Erfahrene und qualifizierte Hersteller bieten Lösungen nicht nur für das Neumaschinengeschäft, sondern auch für die Modernisierung von Bestandsanlagen sowie deren Anpassung an gesetzliche Anforderungen. Zudem sind sie in der Lage, Betreiber bei der Auslegung, Prüfung und Zonierung ihrer Anlage gemäß den jeweils aktuellen Anforderungen zu unterstützen – sowohl im Hinblick auf den europäischen Markt als auch bei Fragen zu weltweit geltenden rechtlichen und sicherheitstechnischen Anforderungen.

### Der Autor

**Dirk Hansjürgen**, Leiter Qualitätswesen, Gebr. Lödige Maschinenbau

alle Bilder © Lödige

Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202200420>

### Kontakt

**Gebr. Lödige Maschinenbau GmbH, Paderborn**  
Dirk Hansjürgen  
Tel.: +49 5251 309-251  
hansjuergen@loedige.de  
www.loedige.de



Safety is for life.™ **REMBE® Rush Order**

**Berstscheiben innerhalb von 24 Stunden**

+49 2961 7405-0

[www.berstscheiben24.de](http://www.berstscheiben24.de)

Made in Germany

# Pumpen zu vermieten

## Mietaggregat pumpt kurzfristig 600 m<sup>3</sup> Wasser aus altem Teilstück

Als drei Tage vor der geplanten Einbindung eines neuen Teilstücks in die Mainzer Trinkwasser-Transportleitung eine Pumpe ausfällt, organisiert Atlas Copco für das Bauunternehmen kurzfristig ein Mietaggregat sowie passende Schnellkupplungsrohre. Die trocken ansaugende Entwässerungspumpe entleert die alte Leitung binnen weniger Stunden sicher. Das Wasser wird 400 m weiter in ein Sammelbecken gefördert.

Der Tag X im Projekt „Trinkwasser-Transportleitung der Mainzer Stadtwerke“, das die Keil & Purkl Tiefbau Gesellschaft 2020 umsetzt, ist ein Dienstag. An diesem Tag soll ein neues Leitungsteilstück eingebunden werden. „Am Donnerstag davor stellten wir fest, dass unser Pumpaggregat defekt war“, sagt Ralf Purkl, einer der beiden Geschäftsführer. Das Unternehmen mit Sitz in Groß-Zimmern ist vorwiegend im Rhein-Main-

Gebiet tätig, hat viel Erfahrung mit Projekten im kommunalen Segment und seit einigen Jahren eine eigene Abteilung für den Rohrleitungsbau. Doch an diesem Donnerstag wird es hektisch. Eine Ersatzpumpe muss her, und zwar schnell.

Die Erneuerung einer Trinkwasser-Transportleitung will gut geplant und vorbereitet sein. „Ungefähr zehn Monate haben wir an diesem Projekt gearbeitet“, sagt Purkl. Doch der eigent-

liche Austausch eines Rohrelements muss binnen kürzester Zeit erfolgen. „Für das Teilstück einer Hauptwasserleitung steht dafür ein fester Zeitraum von maximal 48 Stunden zur Verfügung“, weiß der Bauunternehmer. „Dann muss alles klappen, denn die Trinkwasserversorgung wird in dieser Zeit heruntergefahren.“

### Grauguss-Transportleitung durch Stahlrohre ersetzt

In dem Mainzer Projekt sanierte Keil und Purkl eine von drei großen Transportleitungen: „Wir haben auf etwa 1 km Länge ein Stück der alten Graugussleitung mit einer Nennweite von 800 mm durch eine moderne Stahlleitung ersetzt“, erklärt Purkl. Hierzu wurde zunächst eine provisorische PE-600-Leitung gelegt, durch die das Trinkwasser während der Umbaumaßnahmen geleitet werden konnte.

Für die Zeit der Einbindung des neuen Leitungsteils soll die Trinkwasserversorgung im Versorgungsgebiet der Mainzer Netze um 30 % reduziert werden. Dann muss alles reibungslos über die Bühne gehen: „Das Wasser wird aus dem alten Leitungsteilstück gepumpt, das Grauguss-Teilstück entfernt und die neue Leitung eingebunden“, sagt Ralf Purkl. „Wir müssen Sorge dafür tragen, dass beim Leerpumpen des alten Rohrs keine Keime hineingeraten; denn das Wasser hat Lebensmittelqualität.“ Andernfalls könnten die Anbauteile zur neuen Leitung verkeimen und das Wasser der Hauptversorgungsleitung kontaminiert werden.

### Keine Tauchpumpe

Doch als die vorgesehene Pumpe ausfällt, drohen plötzlich alle Planungen Makulatur zu werden: „Es ging ja um keine kleine Pumpe, die man an jeder Ecke bekommt“, erklärt Ralf Purkl. „Ein mobiles Aggregat mit so hoher Leistung, wie wir sie auf die Schnelle brauchten, hat kaum ein Händler vorrätig!“ Zudem durfte es keine Tauchpumpe sein, da diese Öl oder Bakterien eintragen könnte. Der Bauunternehmer wendet sich daher an Jörg Habener bei der Atlas Copco Power Technique in Essen. Der Pumpenspezialist setzt alle Hebel in Bewegung, telefoniert sein gutes Netzwerk von Vertragshändlern und anderen Bauunternehmen nach einer Lösung ab. „Wir standen dabei vor zwei großen Aufgaben“, blickt Habener zurück: „Einerseits mussten wir eine mobile Pumpe mit Schlauch organisieren, die genug Anlaufleistung mitbringt, um den Höhenunterschied zu überwinden. Andererseits waren



Die rot-graue Entwässerungspumpe des Typs PAS 150MF von Atlas Copco konnte kurzfristig als Mietaggregat herbeigeschafft werden. Sie saugt trocken an und eignete sich bestens zum Leerpumpen dieses Teilstücks einer Trinkwasser-Transportleitung.



Diese zur Pumpe passenden Schnellkupplungsrohrleitungen wurden von der Hettmansperger Spezialtiefbau in Karlsruhe geliefert. Über die SK-Rohre mit ihrem Durchmesser von DN 150 wurden die 600 m<sup>3</sup> Wasser in ein Sammelbecken gefördert.

etwa 600 m<sup>3</sup> Wasser zu entsorgen.“ Geplant war zunächst, das Wasser auf die angrenzenden Felder fließen zu lassen. „Die Bauern hatten aber gerade ihre Saat ausgebracht und wären mit dieser Lösung sicher nicht einverstanden gewe-

sen“, sagt Habener. Um die Standfestigkeit der Baustelle nicht zu gefährden, sollte das Wasser zudem nicht in der Nähe abgelassen werden. „Wir brauchten also zur Pumpe passende Rohrleitungen, die das Wasser über 400 m Strecke in ein Sammelbecken befördern konnten.“

### Große Saughöhe gemeistert

Habener ist daher froh, als er bei Bierganz Pumpenvertrieb in Duisburg schnell fündig wird: „Unser Vertragshändler konnte eine Entwässerungspumpe des Typs PAS 150 MF als Mietgerät zur Verfügung stellen.“ Das trocken ansaugende Diesel-Pumpaggregat von Atlas Copco eignet sich bestens für die Anforderung: Diese Baureihe ist auf hohe Leistung ausgelegt und arbeitet unter jeglichen Bedingungen zuverlässig. Auch Saughöhen von mehreren Metern meistern diese Pumpen problemlos, indem sie die Saugleitung schnell entlüften und mit dem Pumpen beginnen.

Jetzt fehlen nur noch zur Pumpe passende Schnellkupplungsrohrleitungen. Die findet Jörg Habener bei der Hettmansperger Spezialtiefbau in Karlsruhe. Die SK-Rohre mit einem Durchmesser von DN 150 können fliegend verlegt werden. „Am Freitag war schon das ganze Equipment auf der Baustelle“, sagt Ralf Purkl. Am Montag wird etwa drei bis vier Stunden lang abgepumpt,

um die neue Leitung einbinden zu können. Nach Abschluss der Arbeiten können die Hochbehälter wieder hochgefahren werden.

„Wenn bei einem so großen Projekt, das einen über Monate beschäftigt, der wichtigste Termin durch einen Ausfall gefährdet ist, kommt man ganz schön ins Rotieren“, resümiert Ralf Purkl. Der Bauingenieur ist froh, durch Jörg Habeners schnelle Vermittlung der beteiligten Unternehmen eine so gute Lösung gefunden zu haben. „Uns ist es wichtig, dass unsere Auftraggeber sich auf unser Engagement und höchste Verfügbarkeit verlassen können.“

### Der Autor

Thomas Preuß, Pressebüro Turmpresse

Bilder © Atlas Copco/Keil & Purkl

Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202200421>

### Kontakt

Atlas Copco Power Technique GmbH, Essen  
Tel.: +49 201 2177-665  
anja.wiehoff@atlascopco.com  
www.atlascopco.de



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

**Marion Schulz**  
Mediaberatung  
Tel.: +49 (0) 6201 606 565  
marion.schulz@wiley.com

**Stefan Schwartze**  
Mediaberatung  
Tel.: +49 (0) 6201 606 491  
stefan.schwartze@wiley.com

**Lisa Colavito**  
Assistenz  
Tel.: +49 (0) 6201 606 018  
lisa.colavito@wiley.com

**Beate Zimmermann**  
Assistenz  
Tel.: +49 (0) 6201 606 316  
beate.zimmermann@wiley.com

WILEY

Immer für  
Sie **aktiv**

Special LVT 10/22  
Energieeffizienz

Redaktionsschluss: 24.08.22  
Späteste Manuskript-Einreichung: 07.09.22  
Anzeigenschluss: 28.09.22  
Erscheinungstermin: 18.10.22  
LVT-WEB.de-Newsletter: Dienstag, 25.10.22

### Verdampfer als Komplettpaket

GEA hat eine neue, kompakte Verdampferbaureihe für die Aufkonzentrierung von Flüssigkeiten aller Art entwickelt. Alle Komponenten, die für den Betrieb benötigt werden, sind in zwei Modulen installiert, die die Standards für den Containertransport erfüllen. Alle Teile sind zugänglich, da Plattformen bis zur Oberseite vorgesehen sind. Die Anlage wird komplett verkabelt und ab Werk mit einer vollautomatischen Steuerung nach GEA Codex Standard (Siemens SPS) geliefert. Die Kompaktverdampfer sind für Verdampfungsleistungen von 50 bis 3.000 kg/h ausgelegt. Je nach Produkt und gewünschter Konzentration werden zwei Verdampfungstechnologien eingesetzt: Fallfilmverdampfung (FF) und Zwangsumlaufverdampfung (FC). Zusätzlich bietet der Hersteller zwei Beheizungsoptionen an: thermisch (T) direkt mit Dampf oder mit Hilfe von thermischer Brüdenverdichtung (TVR – thermal vapor recompression) oder elektrisch (E) über mechanische Brüdenverdichtung (MVR – mechanical vapor recompression). Die thermischen Brüdenkompressoren werden mit hohem Wirkungsgrad ausgelegt. Für die mechanische Brüdenkompression werden die neuesten auf dem Markt erhältlichen Kompaktgeräte eingesetzt. Sie werden über einen Frequenzumrichter gesteuert. Die Verdampferanlage benötigt dann während des Betriebs keinen Frischdampf. Die CompaCon Baureihe (FF) ist in vier Größen erhältlich: XS, S, M, L – von 50 bis 3.000 kg/h Verdampfung. Die Beheizungsmöglichkeiten der FF-Se-



rie sind thermisch (T) für die Größen XS, S, M und elektrisch (E) für die Größen M und L. Die FC-Serie ist in zwei Größen (S und M) mit einem Bereich von 100 kg/h bis 1.500 kg/h Verdampfung erhältlich. Die Beheizungsmöglichkeit für diese Anlagen ist thermisch (T) durch Direktdampf oder mit TVR. Durch den hohen Modularisierungsgrad ist die Zeitspanne von der Bestellung bis zum ersten Produktlauf sehr attraktiv, da keine langen Installations- und Inbetriebnahmezeiten notwendig sind. Eine Kapazitätserhöhung ist in vielen Fällen durch den Austausch eines der Module möglich.

**Kontakt**  
**GEA Group AG, Düsseldorf**  
 Tel.: +49 211 9136-1492 ·  
 www.gea.com

### Zuverlässige und vibrationsarme Turbopumpe

Pfeiffer Vacuum stellt die neue Turbopumpe HiPace 80 Neo vor, die sich durch längere Lebensdauer sowie geringere Vibrationen und Schallemissionen auszeichnet. Gleichzeitig wird das Laser Balancing der Rotoren von Turbopumpen eingeführt. Dank dieser Technik ist die Vakuumpumpe besonders für vibrationsensitive Einsätze geeignet. Das Anwendungsgebiet erstreckt sich von Massenspektrometrie und Elektronenmikroskopie über Lecksucher bis hin zu RGA-Systemen. Die integrierte Rotortemperaturmessung sorgt dafür, dass die HiPace 80 Neo jederzeit die beste Performance liefert. Die Hybridlagerung besteht aus einem ölgeschmierten, keramischen Kugellager auf der

Vorvakuumsseite und einem permanentmagnetischen Radiallager auf der Hochvakuumsseite. Kleiner, kompakter und leichter als vergleichbare Turbopumpen ermöglicht sie die Integration in portable und mobile Applikationen. Durch Micro-USB-Schnittstellen mit automatischer Zubehörerkennung ist die Betriebsbereitschaft des Systems mit wenigen Schritten in kurzer Zeit hergestellt. Die Anlagen laufen bis zu fünf Jahre wartungsfrei.

**Kontakt**  
**Pfeiffer Vacuum GmbH, Asslar**  
 Tel.: +49 6441 80 2-0  
 info@pfeiffer-vacuum.de  
 www.pfeiffer-vacuum.com

### Zertifizierte Sicherheit für Lebensmittelapplikationen

Aerzen erfüllt die ISO 22000, ein weltweiter Standard für Managementsysteme zur Lebensmittelsicherheit. Das Zertifikat ist gültig für alle Gebläse, Schraubengebläse und Verdichter, die das Traditionsunternehmen am Stammsitz in Niedersachsen baut. Das Managementsystem für Lebensmittelsicherheit vereinheitlicht die Normenlandschaft auf internationaler Ebene. Die Maschinenlösungen des Anlagenbauers sind auf vielfältige Weise in der Lebensmittel- und Futtermittelindustrie im Einsatz. Das Vertrauen von Anlagenbauern und produzierenden Endkunden ist entsprechend groß. Gerade in der Lebensmittelindustrie ist es entscheidend, sich auf die Prozessluft verlassen zu können. Sie muss garantiert frei sein von Verunreinigungen wie Öl, Abrieb oder Dämmmaterial. Aus gutem Grund hat der Anbieter z.B. dämmmaterialfreie Schalldämpfer nach dem Reaktionsprinzip entwickelt und rüstet diese

mit Blick auf den Explosionsschutz auch noch mit einem speziellen Funkenfänger aus. Mit dem einheitlichen Handlungsrahmen der ISO 22000 lassen sich Risiken im direkten und indirekten Umfeld der Herstellungskette von Lebensmitteln auf internationaler Ebene einheitlich sicher identifizieren. Das strukturierte Erkennen von Gefahropotenzialen bildet dann die Grundlage für ein effektives Risikomanagement. Wie bereits in anderen Managementnormen erfolgreich praktiziert, stellt auch bei der ISO 22000 der kontinuierliche Verbesserungsprozess (KVP) ein wesentliches Werkzeug für nachhaltige Verbesserungen der Prozesse dar.

**Kontakt**  
**Aerzener Maschinenfabrik GmbH, Aerzen**  
 Tel.: +49 5154 81-0  
 info@aerzen.com  
 www.aerzen.com

### Leistungsstarke Kreiselpumpen im hygienischen Design

Die Kreiselpumpe Dura-Circ kombiniert durch ihr Design Hochleistung, Hygiene, Produktsicherheit und Wartungsfreundlichkeit. Insgesamt 13 Pumpenmodelle ermöglichen ein breites Spektrum an Durchflussraten und Förderhöhen. Die 100%-Edelstahlkonstruktion sorgt für einen zuverlässigen Langzeitbetrieb. Sie ist für Prozesse der Lebensmittel-, Getränke- und Kosmetikindustrie geeignet. Die Pumpe erreicht eine hohe volumetrische Effizienz und kombiniert EHEDG- und 3-A-Konformität sowie schnelle und einfache Wartung. Das Sortiment aus 13 Modellen erlaubt eine optimale Auslegung für Fördermengen bis zu 150 m³/h und Drücke bis zu 40 bar. Die Pumpe wurde mit geringem Spaltmaß konzipiert, um den volumetrischen Wirkungsgrad und die Prozessausbeute zu maximieren. Eine fortschrittliche Anschluss- und Pumpenkopfgeometrie reduziert das Kavitationsrisiko zum Schutz von Pumpe und Medium, während die Prozessflexibilität in anspruchsvollen Anwendungen erhöht wird. Stabile Lagerstützen die starren Wellen im Getriebegehäuse für minimale Kontakte zwischen Pumpe und Kopf. Ein modulares Dichtungsdesign gestattet das einfache Umrüsten ohne Nachbearbeitung oder zusätzliches Spülgehäuse bei verän-

derter Prozessanwendung. Die Kreiselpumpen bietet gute Hygieneeigenschaften. Ein Konstruktionsmerkmal sind die produktberührten Elastomere, die profiliert und FDA-konform sind und eine definierte Kompression aufweisen, was Spalten und Totraum vermeidet. Das Risiko einer Produktkontamination verringern die minimierten Kontakte zwischen Pumpe und Kopf. Mehr Reinigungseffizienz bewirken die vollständig in das Fördermedium eintauchenden Dichtungsflächen. Wartungsarbeiten lassen sich schnell und einfach durchführen. Die frontlastige und selbsteinstellende Gleitringdichtung ermöglicht den Dichtungswechsel, ohne die Pumpe aus der Prozessleitung auszubauen. Auch die Rotoren und das Rotorgehäuse können ohne Weiteres ausgetauscht werden. Die Feinabstimmung ist gut zugänglich außerhalb des Getriebes platziert und alle Ersatzteile sind vollständig austauschbar. Ein einziger, besonders langlebiger und FDA-zugelassener Getriebeschmierstoff verlängert das Wechselintervall auf 3.000 Stunden.

**Kontakt**  
**Alfa Laval Mid Europe GmbH, Glinde**  
 Tel.: +49 40 72 74-03  
 www.alfalaval.de



## 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@gemue.de](mailto:info@gemue.de)  
<http://www.gemu-group.com>



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

### Dichtungen



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

### Pumpen



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



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



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

### Pumpen



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

### Pumpen, Zahnradpumpen



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

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

### 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@gemue.de](mailto:info@gemue.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@gemue.de](mailto:info@gemue.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](mailto:kontakt@hs-umformtechnik.de)  
[www.hs-umformtechnik.de](http://www.hs-umformtechnik.de)

### Strömungssimulationen



Ihr Spezialist für  
Strömungssimulationen  
in der Verfahrenstechnik.  
[www.proceng.ch](http://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@gemue.de](mailto:info@gemue.de)  
<http://www.gemu-group.com>

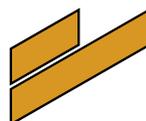
### Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung



**Spökerdamm 2  
25436 Heidgraben  
Tel. +49(0)4122 922-0  
[info@helling.de](mailto:info@helling.de)  
[www.helling.de](http://www.helling.de)**

## Ingenieurbüros

### Biotechnologie



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

*Fermentation, Destillation  
Evaporation, Separation  
Adsorption, Chromatographie*

## Lager- und Fördertechnik

### Dosieranlagen

**ProMinent Dosiertechnik GmbH**  
Im Schuhmachergewann 5-11  
D-69123 Heidelberg  
Tel.: 06221/842-0, Fax: -617  
[info@prominent.de](mailto:info@prominent.de)  
[www.prominent.de](http://www.prominent.de)

## Mechanische Verfahrenstechnik

### Koaleszenzabscheider



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

### 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](http://www.goudsmitmagnetics.com)  
[info@goudsmitmagnetics.com](mailto:info@goudsmitmagnetics.com)

### Tröpfchenabscheider



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

### Vibrationstechnik



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



## Messtechnik

### Aerosol- und Partikelmesstechnik



**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®**  
**UMWELTTECHNIK**  
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

# Wir sagen Danke mit 25 % Jubiläumsrabatt und freuen uns über Ihre Beteiligung.

## WILEY-VCH

### Ausgabe 10/2022:

Erscheinungstermin: 06.10.2022  
Anzeigenschluss: 14.09.2022  
Redaktionsschluss: 25.08.2022

Feiern Sie mit uns  
unser Jubiläum!



Wir freuen uns über Ihre Anfrage.

### Kontakte Mediaplanung:

**Stefan Schwartze**  
+49 6201 606 491  
sschwartze@wiley.com

**Marion Schulz**  
+49 6201 606 565  
mschulz@wiley.com

Aerzener Maschinenfabrik	48	Gemü	49, 50	Lutz-Pumpen	49	RCT Reichelt Chemietechnik	5, 49, Beilage
Alfa-Laval	48	Gericke Holding	20	Maschinenfabrik Gustav Eirich	13	Rembe Safety + Control	3, 45
Alino	49	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh)	6	Meorga	Beilage	Schott	29
Amixon	40	GIG Karasek	50	Merck	24	Seipenbusch Particle Engineering	50
Arbeitskreis Instandhaltung Nord	6	Göhler Anlagentechnik	6, 8	Messe München	6	Sensotech	29
Atlas Copco Kompressoren u. Drucklufttechnik	9, 46	Goudsmit Magnetics Systems	49	MSR Electronics	33	Tec5 Sensorik und Systemtechnik	29
Beinlich Pumpen	49	Hamilton Bonaduz	19	Müller Industrie-Elektronik	33	Technische Akademie Esslingen (TAE)	6
Bürkert Fluid Control Systems	28	Helling	49	Namur	30	TU Dortmund	10
Coperion	9	Hima Paul Hildebrandt	13	Netter Vibration	49	ULT	6
Dechema	6, 8	HS Umformtechnik	49	Noge	49	Vega Grieshaber	2. US, 29
Deutsche Messe	6	HTE	8	NSB Gas Processing	50	Venjakob	50
Easyfairs	8	Ing.-Büro Pierre Strauch	50	Pactware	13	Verein Dt. Ingenieure (VDI)	6
Endress+Hauser	9, 17	Jessberger	49	Palas	50	Vink Chemicals	33
Envirotec	50	Jumo	6	Pepperl+Fuchs	28, 34	Viscotec	21
Findeva	49	Knick Elektronische Messgeräte	36	Pfeiffer Vacuum	48	Vogelbusch	49
Flexim Flexible Industriemesstechnik	28	Krohne Messtechnik	28	Proceng Moser	49	Wika Alexander Wiegand	29
Frenzelit-Werke	37	KSB	49	Profibus-Nutzerorganisation	6	Will & Hahnenstein	50
GEA	19, 48	KTI Piersch Kältetechnik	14	Prominent Dosiertechnik	49	Witte	49
Gebrüder Lödige Maschinenbau	43	Lewa	22	Pumpen Center Wiesbaden	49	WK Wärmetechnische Anlagen-, Kessel- und Apparatebau	50
				Rationator	15		

## 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 2022

10 Ausgaben im Jahr  
 Druckauflage 20.000  
 (IVW Auflagenmeldung:  
 Q4 19.716 tvA)

### Bezugspreise Jahres-Abonnement 2022

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@vuser.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 Anzeigenpreisliste  
 vom 1. Januar 2022

Stefan Schwartz  
 Tel.: 06201/606-491  
 stefan.schwartz@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

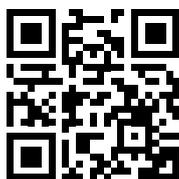
# WILEY-VCH



**CIT**plus  
[IN SIGHT]

## CITplus Insight **Themen-Newsletter**

Einmal monatlich sendet CITplus einen Überblick über ein aktuelles Thema für die Ingenieure der prozess- und verfahrenstechnischen Industrien – aus der Praxis für die Praxis – im digitalen Format.



Registrieren Sie sich hier:  
<https://www.chemanager-online.com/citplus/newsletter>

**Wir freuen uns über Ihre Teilnahme.**

**Kontakte Mediaplanung:**  
**Stefan Schwartz**  
+49 6201 606 491  
sschwartz@wiley.com

**Marion Schulz**  
+49 6201 606 565  
mschulz@wiley.com

**Kontakt Redaktionsplanung:**  
**Dr. Etwina Gandert**  
+49 6201 606 768  
egandert@wiley.com

**WILEY-VCH**