

**Sonderteil**  
Industrie 4.0

Endress+Hauser

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

## Temperaturprofile im Hydrocracker überwachen

Mehr Produktivität und Sicherheit mit neuer Kabelsonde

**12** Neue Perspektiven für Betriebsingenieure  
12. Jahrestreffen der VDI BING

**17** RWTH Aachen gewinnt ChemCar 2021

**26** Verbindung ins Feld

**30** Systemlösungen sind der Schlüssel

**36** Ammoniak einfach dosiert

**39** Disziplinübergreifend in einem Datenmodell

**42** Funktionelle Füllstoffe mit  
energieeffizienter Strahlmühle



Verfahrenstechnik  
auf einem neuen Level?  
It takes  
#HumanChemistry

Wir suchen kreative Ingenieurinnen und Ingenieure, die mit uns gemeinsam neue Wege gehen wollen – mit Fachwissen, Unternehmertum und Kreativität für innovative Lösungen. Informieren Sie sich unter:

[evonik.de/karriere](https://evonik.de/karriere)



 **EVONIK**  
Leading Beyond Chemistry

# Klimaschutz wird zum Strategieziel

„Facis de necessitate virtutem“ schrieb Kirchenvater Hieronymus (347–420) in seiner „Rede gegen die Schriften des Rufinus“ und ermahnte damit seine Zuhörer, aus der Not eine Tugend zu machen. Wenn klar ist, dass der eingeschlagene Weg nicht zum Erfolg führt, ist es eine Tugend und es braucht Mut, den alten Pfad zu verlassen, einen neuen Weg zu gehen und dies sogar als Chance zu erkennen.



**Etwina Gandert**  
Chefredakteurin

Als vor zwei, drei Jahren VW-Chef Herbert Diess begann, den Volkswagenkonzern auf Elektroantriebe einzuschwören, brauchte es Mut und Überzeugungskraft. „Volkswagen treibt die Wende zur Elektromobilität voran – stärker als die anderen deutschen Autohersteller. Kann diese Strategie aufgehen, oder ist sie zu riskant?“ titelte im Mai 2019 eine Meldung im ZDF. Doch Diess wich nicht von seinem Kurs ab, wurde dafür teilweise belächelt. Heute gilt er damit als einer der Vorreiter innerhalb der deutschen Industrie. Herbert Diess hat jedoch diese Strategie vermutlich nicht aus hehrer Motivation verfolgt, sondern weil er VW im internationalen Wettbewerb frühzeitig technologisch weit vorn platzieren wollte. Der Vorstandsvorsitzende hat aus der Not eine Tugend gemacht, denn VW war und ist durch die Auswirkungen des Dieselskandals stark gebeutelt. Inzwischen gilt VW in Deutschland als ernstzunehmender Konkurrent von Tesla. Elektromobilität ist eine Chance für die Unternehmen der gesamten Wertschöpfungskette und dazu gehört auch die Chemieindustrie – Batterieproduktion, Energiespeichertechnologien oder Leichtbaulösungen aus Polymeren sind nur ein paar wenige Beispiele dafür.

Vorausschauende Planung und die Einsicht, dass ein Strategiewechsel unausweichlich ist, kann letztlich zum Vorsprung führen. Inzwischen haben führende Köpfe der Industrielandschaft in Deutschland erkannt, dass Klimaschutz erstens unumgänglich ist und zweitens sich daraus neue Geschäftsmodelle generieren lassen – aus der Not eine Tugend machen. 2011 gründeten sechs deutsche Unternehmen die Stiftung 2 Grad. Dazu gehörten Deutsche Bahn, EWE, M+W Group,

Otto Group, Puma sowie Xella. Die Unternehmen waren sich einig, dass auch sie sich dauerhaft und verlässlich für effizienten Klimaschutz einsetzen müssen. Inzwischen sind es 32 Unternehmen, unter denen sich auch in der Chemiebranche bekannte Firmen wie Lanxess, Phoenix Contact, Salzgitter und Wacker finden. Und im Oktober 2021 forderten 69 deutsche Unternehmen die

in den Sondierungsgesprächen verhandelnden Parteien auf, Deutschland auf einen Pfad zur Klimaneutralität zu bringen. Den Firmen geht es um Verlässlichkeit, Planbarkeit und Wettbewerbschancen. Für die Transformation zur Klimaneutralität müsse der Ausbau wichtiger Technologien und Infrastrukturen beschleunigt vorangetrieben werden. Dies gelte insbesondere für den Ausbau erneuerbarer Energien und der dafür erforderlichen Stromnetze, klimafreundliche Industrieanlagen und Verkehrsinfrastrukturen sowie die energetische Gebäudesanierung, heißt es in der Mitteilung. Dazu müssen nicht nur die technologischen Hürden genommen werden, sondern auch die politischen Randbedingungen – auch auf internationalem Parkett – fair gesteckt werden.

Die Notwendigkeit, den Ausstoß von klimaschädlichem CO<sub>2</sub> zu reduzieren, ist unumgänglich. Wer seine Strategie frühzeitig danach ausrichtet, kann voraussichtlich langfristig von diesem Vorsprung profitieren. Die Chemieindustrie hält zum Erreichen dieser Ziele sehr wichtige Schlüssel in der Hand, denn die Entkopplung der Wertschöpfung von fossilen Rohstoffen und neue Energiespeicherlösungen gehören zu ihren Kernkompetenzen. Begleitet werden diese Entwicklungen vom umfassenden Einsatz digitaler Technologien wie KI, Blockchain und Industrie 4.0, der wir in dieser Ausgabe einen Sonderteil gewidmet haben.

Mit diesem Ausblick stehen uns spannende und umwälzende Entwicklungen bevor, auf die ich mich freue und über die wir in CITplus weiter informieren werden.

Ihre Etwina Gandert

# EKATO



**Ihr kompetenter Partner weltweit für rührtechnische Lösungen in allen Branchen der prozessorientierten Industrie:**

- Industrie-Rührwerke
- Prozessanlagen
- Pilotanlagen
- Gleitringdichtungen und Versorgungssystemen

**Kennen Sie schon die EKATO Online-Seminare? Informativ und kostenfrei unter:**

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



+49 (0) 7622 29-0 / [info@ekato.com](mailto:info@ekato.com)

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



**18** Temperaturprofile im Hydrocracker überwachen  
**Mehr Produktivität und Sicherheit mit neuer Kabelsonde**

Eine genaue und zuverlässige Temperaturkartierung dicht gepackter Katalysatorbetten von Reaktoren leistet einen wichtigen Beitrag zu einem stabilen und profitablen Anlagenbetrieb. Bei der Raffinerie Heide kommt nun ein Multipoint-Thermometer vom Typ iTherm Multisens von Endress+Hauser im Hydrocracker zum Einsatz, mit dem Temperaturprofile überwacht und dadurch sowohl die Profitabilität als auch die Sicherheit der Anlage gesteigert werden.

Endress+Hauser, Weil am Rhein  
 Tel.: +49 7621 975 01  
 info.de@endress.com · www.de.endress.com

**Sonderteil**  
 Industrie 4.0

**28**



© Colours-Pic - stock.adobe.com

KOMPAKT

- 6 Termine
- 7 Forschung + Entwicklung
- 9 Personalia
- 10 Wirtschaft + Produktion

IM PROFIL

- 8 **Was Menschen bewegt, die etwas bewegen**  
 Im Profil: Dr. Christian Poppe, Program Manager Rollout Digitalisierung bei Covestro Deutschland

REPORT

- 12 **Neue Perspektiven für Betriebsingenieure**  
 Themen auf dem 12. Jahrestreffen der Betriebsingenieure – wieder als digitale Veranstaltung  
 L. Woppowa, VDI-GVC
- 17 **RWTH Aachen gewinnt Wettbewerb ChemCar 2021**  
 Internationale Begeisterung und Innovative Konzepte  
 L. Woppowa, VDI-GVC

TITELSTORY

- 18 **Temperaturprofile im Hydrocracker überwachen**  
 Mehr Produktivität und Sicherheit mit neuer Kabelsonde  
 P. Miceli, Endress+Hauser Deutschland



**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**

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

**22 Scannen und Wiegen mit  
gleichzeitiger Datenübertragung**

Effiziente Batchdatenerfassung durch  
optimierte HMIs

N. Walther, Pepperl+Fuchs

**24 Pneumatische Drehantriebe  
überwachen**

Armaturentrieb mit integrierter  
Messeinrichtung beugt Anlagenausfall vor

F. Saal, Wesa-Control

**SONDERTEIL INDUSTRIE 4.0**

**26 Verbindung ins Feld**

Wahl des richtigen industriellen Ethernet-Protokolls

V. Gupta, Emerson

**30 Systemlösungen sind der Schlüssel**

Modulares Assistenzkonzept mit fahrerlosen Trans-  
portfahrzeugen in der Logistik

N. Magrone, U. Marmann, SEW-Eurodrive

**33 Ex-geschützt und smart**

Herstellerunabhängiger Pumpen-Retrofit mit  
cloud-basierter Überwachungslösung

KSB

**34 Ortsunabhängig, effektiv und sicher**

Smarter Fernzugriff auf Pumpen per App

M. Birmelin, Prominent

**FORUM ENGINEERING-  
SOFTWARE | PROZESS-IT**

**36 Ammoniak einfach dosiert**

Automatisierungssystem sorgt für hohe Regelgüte

M. Müller, Jumo

**38 Von der Greenfield-Idee zur  
Brownfield-Realität**

Digitale Kommunikation in bestehenden Anlagen

Proxia Software

**39 Disziplinübergreifend  
in einem Datenmodell**

Infraserv Höchst setzt auf neuen  
Digitalisierungslevel im Engineering

Aucotec / Infraserv Höchst

**40 Digitales Datenmanagement  
in der Instandhaltung**

Die sieben Mythen über Instandhaltungssoftware

P. Dittmar, MobileX

**41 Produkt**

von Flexco

**MECHANISCHE VERFAHREN  
| SCHÜTTGUTTECHNIK |  
LOGISTIK**

**42 Funktionelle Füllstoffe mit  
energieeffizienter Strahlmühle**

EEU-System reduziert spezifischen Energiebedarf  
der trockenen Feinstvermahlung

V. Mayer, J. Roth, PMT-Jetmill

**45 Unscheinbar und unverzichtbar**

Klopfer aus der Schweiz für die Welt

A. Grüniger, CEO, Findeva

**THERMISCHE UND CHEMISCHE  
VERFAHREN | WERKSTOFFE  
UND GASE**

**46 Wasserstoffeinspeicherung mit  
bestehenden Erdgasverdichtern**

Pulsationstechnische Aspekte als  
Schlüsselement für die Energiewende

J. Lenz, P. Tetenborg,  
Kötter Consulting Engineers

**49 Bezugsquellenverzeichnis**

**51 Index | Impressum**

**Beilagen**

*Bitte beachten Sie die Beilage der Firma  
RCT Reichelt Chemietechnik, Heidelberg –  
Thomoplast-I; sowie die Teilbeilage von  
Easyfairs – SOLIDS RegioDay*

**CITplus in der Wiley Online Library**

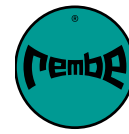
*Die Beiträge, die in CITplus veröffentlicht  
werden, sind auch in der Wiley Online Library  
(WOL) abrufbar. Dafür wird jeder Artikel mit  
einem dauerhaften digitalen Identifikator aus-  
gezeichnet, dem Digital Object Identifier (DOI).*

*In einem Webbrowser kann ein Beitrag in  
WOL aufgerufen werden durch Eingabe ei-  
ner Adresse, die sich aus dem DOI-Resol-  
ver <https://doi.org/> und dem jeweiligen DOI  
zusammensetzt. Dieser beginnt immer mit  
10. gefolgt von einer Ziffer, die eindeutig  
einem Verlag zugewiesen ist. Im Falle von  
Wiley-VCH bzw. des Mutterverlages John  
Wiley & Sons ist das 1002. . Danach folgt  
eine Abkürzung für die Zeitschrift citp. sowie  
eine fortlaufende Artikelnummer.*

Beispiel:

<https://doi.org/10.1002.citp.202100000>

*Den DOI eines Artikels in der CITplus finden  
Sie am Ende vor den Kontaktdaten.*



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](http://www.rembe.de)

## November 2021

Theorie und Praxis der UHPLC	11.–12. Nov.	Leipzig	GDCh, fb@gdch.de, www.gdch.de
Strategisches Technologiemanagement	11.–12. Nov.	online	GDCh, fb@gdch.de, www.gdch.de
Heute nur Maschine, morgen auch Gefahrgut?	16. Nov.	Essen	Denios, ecomed, www.denios.de/academy
Gefahrstofflagerung – Das Profi-Seminar	16.–17. Nov.	Bad Oeynhausen	Denios, Haus der Technik, www.denios.de/academy
Lithiumbatterien – vom Einkauf bis zum Versand	17. Nov.	Mannheim	Denios, ecomed, www.denios.de/academy
Brandschutz und Explosionsschutz für Produktionsanlagen sowie für Lager und Füllstellen brennbarer Flüssigkeiten	17.–18. Nov.	Bochum	DEKRA Testing and Certification, www.dekra-testing-and-certification.de
Exotherme chemische Reaktionen	17.–18. Nov.	Pfanztal	CSE-Engineering, https://cse-engineering.de/
Gefahrstofftag	18. Nov.	online	Denios, www.denios.de/academy
12. Anwenderforum „Chemikalienrecht Aktuell – REACH und CLP im Fokus“	18.–19. Nov.	Dortmund	Akademie Fresenius, www.akademie-fresenius.de
Misch- und Rührtechnik in Theorie und Praxis	19. Nov.	online	Dechema, kurse@dechema.de, www.dechema-dfi.de
Die Qualitätssysteme GMP und GLP im Überblick – Ein Leitfaden der Guten Praxis	22. Nov.	Frankfurt am Main und Online	GDCh, fb@gdch.de, www.gdch.de
Zielgerichtete Bioprozessentwicklung	22.–23. Nov.	online	Dechema, kurse@dechema.de, www.dechema-dfi.de
Chemical Development and Scale-up in the Fine Chemical and Pharmaceutical Industries	22.–26. Nov.	online	GDCh, fb@gdch.de, www.gdch.de
Weiterbildung für befähigte Person im Ex-Schutz	23. Nov.	Bad Oeynhausen	Denios, WEKA, www.denios.de/academy
SPS	23.–25. Nov.	Nürnberg	Mesago Messe Frankfurt, sps.mesago.com
Verfahrenstechnik kompakt	23.–25. Nov.	online	Dechema, kurse@dechema.de, www.dechema-dfi.de
Qualitätsmanagement im analytischen Labor	23.–26. Nov.	online	GDCh, fb@gdch.de, www.gdch.de
Qualitätsmanagement im analytischen Labor	23.–26. Nov.	online	GDCh, fb@gdch.de, www.gdch.de
Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen	24. Nov.	online	Dechema, kurse@dechema.de, www.dechema-dfi.de
Sicherer Umgang mit Gefahrstoffen – Schwerpunkt: Lagerung (Modul 2b)	24.–25. Nov.	Bad Oeynhausen	Denios, www.denios.de/academy
Hintergründe und Essentials der GMP auf deutscher, europäischer und amerikanischer Ebene – mit Praxisteil	24.–25. Nov.	online	GDCh, fb@gdch.de, www.gdch.de
Hochschulkurs Destillation	24.–26. Nov.	München	GVT Forschungs-Gesellschaft Verfahrenstechnik, https://gvt.org/Kurse
Patent-Know-how für Chemiker	25.–26. Nov.	online	GDCh, fb@gdch.de, www.gdch.de
Aktuelle Trends der molekularbiol. Lebensmittelanalytik	25.–26. Nov.	Freiburg	GDCh, fb@gdch.de, www.gdch.de
12. Jahrestreffen der Betriebsingenieure	26. Nov.	online	VDI – GVC, gvc@vdi.de, www.vdi.de
Methodenvalidierungen in der Analytischen Chemie unter Berücksichtigung verschiedener QS-Systeme	29. Nov.	Frankfurt am Main und Online	GDCh, fb@gdch.de, www.gdch.de
Datenmanagement und regulatorische Anforderungen zur Erstellung und Pflege von Sicherheitsdatenblättern	29. Nov.	online	GDCh, fb@gdch.de, www.gdch.de
Behälterauslegung und Konstruktion nach EN 13445 Teil 3	29. Nov.	Essen	Haus der Technik, Essen, hdt@hdt.de, www.hdt.de
Regelungstechnik – Praxis für verfahrenstechn. Prozesse	29.–30. Nov.	online	Dechema, kurse@dechema.de, www.dechema-dfi.de
Grundkurs Gentechnikrecht	29.–30. Nov.	online	Dechema, kurse@dechema.de, www.dechema-dfi.de
Die neue AwSV – Das ändert sich für Sie!	30. Nov.	Essen	Denios, ecomed, www.denios.de/academy
Ausbildung »Befähigte Person im Ex-Schutz«	30. Nov.–1. Dez.	Bad Oeynhausen	Denios, WEKA, www.denios.de/academy

## Dezember 2021

EtherNet/IP Technologie Training	7.–8. Dez.	Reinach, Schweiz	Endress+Hauser (Deutschland), info.de@endress.com
Druckstöße, Dampfschläge und Pulsationen in Rohrleitungen	7.–8. Dez.	Essen	Haus der Technik, Essen, hdt@hdt.de, www.hdt.de
GHS/CLP Basisseminar	7.–8. Dez.	Essen	Haus der Technik Essen, hdt@hdt.de, www.hdt.de
Baustellenmanagement im Anlagenbau – von der Montageplanung bis zur Fertigstellung	7.–8. Dez.	Essen	Haus der Technik Essen, hdt@hdt.de, www.hdt.de
Führungstraining: Vom Mitarbeiter zum Laborleiter	7.–9. Dez.	Essen	Haus der Technik, Essen, hdt@hdt.de, www.hdt.de
Ausbildung zum Explosionsschutzbeauftragten	7.–10. Dez.	Essen	Haus der Technik, Essen, hdt@hdt.de, www.hdt.de
Vom Sicherheitsdatenblatt zur Gefährdungsbeurteilung – (Modul 3c)	8. Dez.	Bad Oeynhausen	Denios, ecomed, www.denios.de/academy
Rechtliche Grundlagen Prozess- und Anlagensicherheit	8.–9. Dez.	Pfanztal	CSE-Engineering, https://cse-engineering.de/
Management Tool-Set für effiziente Prozesse	8.–9. Dez.	online	Dechema, kurse@dechema.de, www.dechema-dfi.de
Aktualisierungskurs für Projektleiter und Beauftragte für Biologische Sicherheit	9. Dez.	online	Dechema, kurse@dechema.de, www.dechema-dfi.de

## Demontage von Rotorblättern

Rotorblätter von Windkraftanlagen stellen nicht nur durch ihre Verbundwerkstoffe eine Herausforderung für das Recycling dar, sondern bei der Demontage auch durch ihre großvolumige Bauweise. Ein neuer Ansatz zur Zerlegung von Verbundbauteilen mithilfe energetischer Materialien könnte eine Alternative zu herkömmlichen Verfahren darstellen. In einer Studie wurde die Demontagewirkung von Sprengschnüren und Schneidladungen verglichen sowie deren Abhängigkeit von den Materialfraktionen, der Materialdicke, dem Lagenaufbau

und der Faserarchitektur betrachtet. Während Sprengschnüre aufgrund der wenig gerichteten Wirkung nicht den gewünschten Erfolg erzielten, ließen Schneidladungen wegen ihrer gerichteten Wirkung eine Optimierung hinsichtlich des Sprengmitteleinsatzes zu.

### Kontakt

**Elisa Seiler,**  
Fraunhofer Institut für Chemische  
Technologie ICT, Pfinztal  
elisa.seiler@ict.fraunhofer.de  
DOI: 10.1002/cite.202100135

## Indium aus dünner Lösung

Die zunehmende Nachfrage nach Indium erfordert neue Wege der Gewinnung wie Biohydrometallurgie und Recyclingverfahren. Ein Problem dabei sind die nur sehr geringen Indium-Konzentrationen der erhaltenen Lösungen bei hohem Gehalt an anderen Metallen. Die Selektivität kommerzieller Ionenaustauscher-Harze ist in diesen Fällen zu gering für eine effektive Abtrennung des Indiums. In einer Studie wurde ein klassischer Lewatit TP 208 mit gängigen Extraktionsmitteln imprägniert. D2EHPA

und Cyanex 272 verbesserten nicht nur die selektive Wiedergewinnung von Indium, sondern auch die Kapazität des Harzes. Ein mit Cyanex 272 imprägnierter Lewatit TP 208 konnte die Reinheit des Indiums im Eluat von 0,75 % auf 85 % erhöhen.

### Kontakt

**Martin Bertau, Freiberg University  
of Mining and Technology**  
martin.bertau@chemie.tu-freiberg.de  
DOI: 10.1002/cite.202100106

## Recycling von Wärmedämmverbundsystemen

Der Anteil an verbauten Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) hat deutlich zugenommen, aktuell kommt es zu einem signifikanten Anstieg der WDVS-Abfälle, für die noch keine etablierte Recyclingstrategie existiert. In einer Studie wurden WDVS-Abfälle im Sinne der Kreislaufwirtschaft aufbereitet, um die erhaltenen Sekundärrohstoffe industriell nutzbar zu machen. Dabei wurde der Einfluss verschiedener Prozessparameter während der Zerkleinerung auf die partikulären Eigenschaften der Sekundärrohstoffe ermittelt, wie Zerkleinerungsgrad, Sphärizität, Dispersität sowie die

Fließfähigkeit und Kompressibilität der Rezyklate. Die entwickelte Recyclingstrategie könnte durch ein zukünftiges Up-Scaling direkt in die Abfallwirtschaft übertragen und komplexe WDVS mit den gewünschten partikulären Eigenschaften ökonomisch aufbereitet werden.

### Kontakt

**Thomas Fehn,**  
Technische-Hochschule Nürnberg  
thomas.fehn@th-nuernberg.de  
DOI: 10.1002/cite.202100054

## Katalysator-Recycling

Für die Produktion von Cumol werden Phosphorsäurehaltige Zeolith-basierte Katalysatoren eingesetzt, die mit der Zeit verkoken, sodass der Katalysator ausgetauscht und entsorgt werden muss. Verschiedene Ansätze für das Recycling wurden untersucht. Vorversuche haben gezeigt, dass eine Kalzinierung der gebrauchten Katalysatoren vor der Wiederverwertung notwendig ist. Durch einen Aufschluss mit Fluorwasserstoffsäure konnten ca. 96 % Phosphat rückgewonnen werden. Dieser Prozess ist jedoch sehr teuer hinsichtlich der benötigten

Prozesstechnik. Erfolgversprechender ist der Aufschluss über basische oder saure Routen. Als besonders vorteilhaft und wirtschaftlich erwies sich der Aufschluss mit  $H_3PO_4$  mit einer Phosphat-Ausbeute bis zu 98,8 %. Der Katalysator kann dabei in derselben Anlage mit den gleichen Reagenzien hergestellt und recycelt werden.

### Kontakt

**Peter Fröhlich,**  
TU Bergakademie Freiberg  
peter.froehlich@chemie.tu-freiberg.de  
DOI: 10.1002/cite.202100108

## Solarzellen-Recycling

Für die Rückgewinnung wertvoller Metalle aus photovoltaischen Modulen wurde ein elektrochemisch unterstützter Laugungsprozess entwickelt, der mit Bor-dotierten Diamant-Elektroden arbeitet. Mithilfe der Elektroden wird Peroxydisulfat aus Schwefelsäure erzeugt, um Kupfer, Zinn und Silber oxidativ aus den Kontakten von Solarzellen zu lösen. Da das Oxidationsmittel regeneriert wird, benötigt der neue Prozess keine gefährlichen und flüchtigen Chemikalien und kann allein durch Strom betrieben werden.

Außerdem können die gelösten Metalle elektrochemisch an der Kathode derselben Zelle wiedergewonnen werden. Die übrig bleibenden Silizium-Wafern können weiter aufgearbeitet oder wiederverwendet werden.

### Kontakt

**Claudia Weidlich, Dechema-Forschungsinstitut, Frankfurt am Main**  
claudia.weidlich@dechema.de  
DOI: 10.1002/cite.202100105

## Kunststoff-Pyrolyse

Das chemische Recycling von Kunststoff-Abfällen kann eine nützliche Ergänzung zum mechanischen Recycling sein, um die geforderten Recycling-Quoten zu erreichen und eine klimaneutrale, ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft zu etablieren. Verschiedene Abfälle aus gemischten Kunststoffen wurden unter einheitlichen Bedingungen einer intermediären Pyrolyse – charakterisiert durch eine mittlere Aufheizgeschwindigkeit und Pyrolyse-Temperatur – unterzogen und Produktverteilungen, ausgewählte Produkteigenschaften sowie Massen- und Energiebilanzen

ermittelt. Die Ausbeuten und Zusammensetzungen der Produkte zeigten sich stark abhängig von der Art der pyrolysierten Abfälle. Die Studie ergab, dass die Pyrolyse ein geeignetes Verfahren für die Rückgewinnung chemischer Rohstoffe aus verschiedensten komplexen gemischten Kunststoff-Abfällen ist.

### Kontakt

**Michael Zeller, Karlsruhe Institute  
of Technology (KIT), Eggenstein-  
Leopoldshafen**  
michael.zeller@kit.edu  
DOI: 10.1002/cite.202100102

# Was Menschen bewegt, die etwas bewegen

**Im Profil: Dr. Christian Poppe,  
Program Manager Rollout Digitalisierung  
bei Covestro Deutschland**

## **Wer oder was hat Sie geprägt?**

Von Nichts kommt Nichts. Es ist mir bewusst, dass es kein Recht auf Wohlergehen gibt...

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

Der Umgang mit Menschen, die Freiheit, Entscheidungen treffen zu dürfen (und dafür geradezustehen)

## **Was war Ihr größter Erfolg?**

Die größten Erfolge bestehen darin, Rückschläge als unvermeidlichen Teil eines aktiven Lebens akzeptieren zu können.

## **Was war Ihr größter Misserfolg?**

Ich war leider nie kreativ genug, um eine Geschäftsidee für ein eigenes Unternehmen zu entwickeln und bewundere diejenigen, die das können.

## **Was vermissen Sie in Ihrem Beruf?**

Nicht viel. Vielleicht, dass ich nicht noch viele andere Sachen ausprobieren kann...

## **Worauf würden Sie gerne verzichten?**

Ich freue mich immer, wenn Rechte und Pflichten sowie Freiheit und Verantwortung als unzertrennlich gesehen werden.

## **An welchen Prinzipien orientieren Sie sich?**

Ich orientiere mich stark am 80:20-Prinzip, oder anders ausgedrückt: man muss sechseckige Schrauben nicht noch sechseckiger machen!

## **Welche Trends fördern Sie? – Was erhoffen Sie von der Zukunft?**

Ich hoffe, dass Wissenschaft und Technik auch in Zukunft als Teil der Lösung gesehen werden



## **Die berufliche Seite...**

und beim Schutz unseres Planeten eine tragende Rolle spielen können.

## **Welche Trends möchten Sie aufhalten? – Was befürchten Sie in der Zukunft?**

Man muss nicht jeden Trend mitmachen, wenn er einem nicht passt; ob man Trends aufhalten kann, ist noch eine ganz andere Frage.

## **Was sind Ihre nächsten Pläne?**

Im Moment beschäftige ich mich stark mit den Möglichkeiten, die uns die Digitalisierung des Arbeitslebens bietet, um lästige Tätigkeiten zu automatisieren und effizienter zu werden.

## **Lebenslauf von Christian Poppe**

### **Privat:**

**Geburt:** 29.06.1967 in Hannover

**Eltern:** Dr. Imke Poppe (Zahnärztin), Dr. Michael Poppe (Ingenieur)

**Geschwister:** Katrin und Annika

**verheiratet mit:** Sandra Poppe

**Kinder:** Livia und Sebastian, 11 Jahre

**Hobbies:** Radfahren, Segeln, Lesen, Klavierspielen

### **Beruflich:**

**Schule:** Gymnasium Fabritianum, Krefeld

**Studium:** Maschinenbau (Verfahrenstechnik), RWTH Aachen

**Abschlüsse:** Dipl.-Ing., PhD in Mechanical Engineering am Imperial College of Science, Technology & Medicine

**Juni 2019 – Heute:** Program Manager „Rollout Digitization in NRW“ Covestro Deutschland AG

**Mai 2017 – Mai 2019:** Head of Maintenance, Covestro Deutschland Leverkusen

**Jan. 2012–Apr. 2017:** Director of Technical Services TDI-Train Dormagen, Covestro

**Jan. 2001 – Dez. 2011:** Director of Technical Service, Bayer

**Mai 1999 – Dez. 2000:** Projektingenieur, Bayer

**Mai 1997–1999:** Projektingenieur, Hoechst

**1993-1997:** PhD Student / Research Assistant, Imperial College London

**Ämter, Ehrenämter:** Vorsitzender der Betriebsingenieure in der VDI-GVC



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

Geradlinig, zuverlässig, vielseitig.

### Was treibt Sie an?

Gutes Bewahren und Neues ausprobieren.

### Was gibt Ihnen Kunst/Kultur?

Kunst und Kultur erfreuen und unterhalten mich, regen mich aber auch zum Nachdenken an.

### Ihr Verhältnis zum Reisen?

Ich reise gern, vor allem in Europa, muss aber nicht überall gewesen sein.

### Womit beschäftigen Sie sich in Ihrer Freizeit?

Familie und Freunde, Haus und Garten, Sport. Wenn dann noch Zeit bleibt, mit Lesen und Musik.

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

Ich lese gerade „Skin in the Game“ von N. Taleb. Meine Lieblingsbücher sind American Hard Boiled Fiction und John Le Carré.

### Ihre Lieblingsmusik?

Musik von Johann Sebastian Bach. Ansonsten alles, außer kommerzieller Volksmusik...

### Was wären Sie auch gern geworden?

Mit 16 wollte ich zur See fahren und bin heute froh, dass ich es nicht gemacht habe. Den

## Die private Seite...



Beruf als Arzt oder Tierarzt finde ich auch sehr interessant.

### Was schätzen Sie an Ihren Freunden?

Vertrauen, Hilfsbereitschaft, Kreativität und gute Laune.

### Was möchten Sie in Ihrem Ruhestand machen?

Arbeiten, so lange es geht. Anschließend das, wofür heute keine Zeit bleibt.

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

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202101106>

### Kontakt

**Dr. Christian Poppe**  
Covestro Deutschland AG, Leverkusen  
christian.poppe@covestro.com  
www.covestro.com

## Karsten Danielmeier wird Präsident der GDCh

Zum 1. Januar 2022 wird Dr. Karsten Danielmeier, Leiter des Bereichs Wachstumsgeschäfte in der Geschäftseinheit Coatings und Adhesives bei Covestro, Präsident der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh). In das Amt der Stellvertretenden Präsidentin wurde Jungchemikerin Katharina Uebele gewählt. Danielmeier wurde in der Vorstandssitzung am 30. August 2021 vom amtierenden GDCh-Vorstand zum zukünftigen Präsidenten gewählt. Er wird Nachfolger von Professor Dr. Peter R. Schreiner, der das Amt turnusgemäß zwei Jahre lang bekleidete und nun zu einem der Stellvertretenden Präsidenten gewählt wurde. Das Präsidium wird vervollständigt durch GDCh-Vorstandsmitglied und Wirtschaftschemikerin Katharina Uebele. Mit ihr wurde erstmals eine Jungchemikerin zur Stellvertretenden Präsidentin gewählt. Dr. Timo



Dr. Karsten Danielmeier

Fleßner, Bayer AG, wurde als Schatzmeister im Amt bestätigt. Für die nächste Amtszeit hat sich das neue Präsidium viel vorgenommen. Insbesondere möchte es die drei Leitbilder der Gesellschaft mit einem Fokus auf Digitalisierung, Diversität und Internationalisierung noch stärker mit Leben füllen. Auch der in den vergangenen



Katharina Uebele

Jahren eingeschlagene Kurs, die Modernisierung der GDCh voranzutreiben, soll fortgesetzt werden. „Wir können stolz darauf sein, was die GDCh erreicht hat und was sie darstellt, wollen aber auch die Veränderungen in Gesellschaft und Wissenschaft begleiten und damit die Zukunft der GDCh aktiv gestalten“, hebt Danielmeier

hervor. Karsten Danielmeier, geboren 1967 in Werl, studierte an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn und wurde dort 1995 bei Professor Dr. Eberhard Steckhan in Synthetischer Organischer Chemie promoviert. Im Jahr darauf trat er in die Bayer AG ein und war dort in zahlreichen Positionen mit aufsteigender Verantwortung in der Rohstoffforschung für Lacke und Klebstoffe in Deutschland und den USA tätig. Zuletzt leitete er die Forschung für den Bereich Functional Films in Leverkusen und war von 2015 bis 2021 Senior Vice President für Forschung und Entwicklung im Segment Coatings, Adhesives, Specialties bei Covestro. Danielmeier gehört dem Vorstand der GDCh seit Juli 2020 an und war zuvor einige Jahre im wissenschaftlichen Planungskomitee der GDCh-Fachgruppe Lackchemie aktiv.

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

## Trotz Corona zieht die Jumo-Geschäftsführung eine positive Bilanz für 2020

Über das Ergebnis des Geschäftsjahres 2020 zeigte sich Jumo-Geschäftsführer Dimitrios Charisiadis zufrieden. Mit einer Umsatzeinbuße von 6 % liege man im Mittelfeld im Vergleich zum Marktumfeld des Anbieters für Sensor- und Automatisierungslösungen

aus Fulda und sei mit einem blauen Auge davongekommen. Auf einer virtuellen Pressekonferenz am 23. September 2021 zogen die Geschäftsführung und Gesellschafter von Jumo, Fulda, Bilanz und gaben einen Ausblick auf die Zukunft des Unternehmens. Das



Unternehmen mit Stammsitz in Fulda habe bereits frühzeitig weltweit ein konsequentes Hygiene- und Schutzkonzept umgesetzt, bei dem die Gesundheit der Mitarbeitenden höchste Priorität hatte, erklärte der Geschäftsführer. Wirtschaftlich hat die Coronapandemie trotzdem deutliche Spuren hinterlassen: „Wir haben 2020 mit einem Umsatzminus von rund 6 % im Vergleich zum Vorjahr abgeschlossen“, erläuterte Charisiadis. Die leicht erhöhte Nachfrage aus den Branchen Lebensmittel, Pharma und Medizin habe Einbußen in anderen Bereichen gut ausgeglichen. Auch habe Jumo moderat das Instrument der Kurzarbeit genutzt und kein Personal abbauen müssen – im Gegenteil sogar in Personalentwicklung und Ausbildung des Fachkräftenachwuchses investiert. Über das aktuelle Geschäftsjahr mit einem aktuellen Umsatzplus von 17 % sagte

Charisiadis: „2021 konnten wir zwar eine Aufholjagd mit überdurchschnittlichen Auftragseingangs- und Umsatzzahlen starten, umso mehr spüren wir aktuell die weltweite Materialknappheit.“ Insgesamt sei die Prognose für das laufende Jahr dennoch positiv. Jumo habe schon länger ein sehr gutes Bestandsmanagement und eine tiefe Wertschöpfung. Damit sei das Unternehmen auch mittelfristig in der Lage, Lieferzusagen einzuhalten. Geschäftsführer Michael Juchheim erläuterte abschließend: „Zum einen werden wir auf Basis eines ganz klaren Branchenfokus unser Portfolio mit neuen Messgrößen ergänzen und abrunden. Zum anderen wollen wir als Lösungsanbieter für die Automationsbranche die Digitalisierung unserer Kunden vorantreiben. Die dritte Wachstumssäule ist der Ausbau der Service- und Schulungsangebote für unsere Kunden.“ [www.jumo.de](http://www.jumo.de)

## Pepperl+Fuchs verbindet seine „Digital Expo“ mit Auftritt auf der SPS 2021

Die Automatisierungsspezialisten von Pepperl+Fuchs kombinieren nun erstmalig ihren Auftritt auf der Branchenmesse SPS in Nürnberg vom 23. bis 25. November 2021 mit der kostenlosen hauseigenen Digitalmesse Digital Expo vom 15. bis 26. November 2021. Zielsetzung des Projekts ist es, unter dem Motto „Your Future Automation“ eine Wechselwirkung zwischen den jeweiligen Vorteilen analoger und digitaler Kommunikation herzustellen und beide Veranstaltungen für die Besuchenden zu einem ganzheitlichen hybriden Erlebnis zu transformieren. Hierfür bestückt das Unternehmen im Rahmen seiner Hausmesse die virtuelle, browsergestützte 3-D-Umgebung Digital Expo mit neuen, detailgetreuen Exponaten

rund um seine Produkte und Lösungen für die Fabrik- und Prozessautomation. Gleichzeitig werden diese 3-D-Modelle, ergänzt um einige ausgewählte klassische Messeexponate, auf der SPS in Nürnberg in adaptierter Form an digitalen „Touch Tables“ präsentiert. Besuchende erhalten im direkten Dialog mit den Experten von Pepperl+Fuchs Informationen zum digitalen Exponat. Bei Bedarf können sie sich dann nach ihrem Aufenthalt auf der SPS erneut innerhalb der virtuellen Digital Expo mit dem zuvor vor Ort gesehenen Produkt beschäftigen. Dort erwarten sie zudem weiterführende digitale Inhalte wie Broschüren oder 3-D-Animationen. Zusätzlich werden exklusiv für Interessierte auch Live-Vorträge von der SPS per



Stream innerhalb der Digital Expo zu sehen sein. Auf beiden Veranstaltungen adressiert Pepperl+Fuchs drei übergeordnete Schwerpunkte aus der Automatisierungstechnik: E-Mobility – New Solutions for New Production Processes, Functional Safety – from

Extraordinary Products to Customized Safety Concepts, Industrial Communication – Digitized Processes for Hazardous Areas. Kostenlose Tickets für die SPS 2021 sind unter folgendem Link erhältlich.

[www.pepperl-fuchs.com/sps-ticket](http://www.pepperl-fuchs.com/sps-ticket)

## Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft chemische Auftragssynthese in Deutschland

In Frankfurt traf sich Ende September die Arbeitsgemeinschaft chemische Auftragssynthese in Deutschland (CASID) zu ihrer Jahrestagung. Turnusmäßiger Ausrichter war die WeylChem Group. Diskutiert wurde unter anderem die Rückverlagerung von Wertschöpfungsschritten aus Asien nach Europa, die im Kontext der Coronakrise nochmals deutlich an Dynamik gewonnen hat. Eine Initiative der EU soll beteiligte Unternehmen dabei unterstützen, Lieferketten

entsprechend abzusichern. Experteneinschätzungen zu dieser Thematik lieferten am gestrigen Donnerstag Steffen Denzinger, Director Strategy and Business Development bei Merck, und Maggie Saykali von der EFCG (European Fine Chemicals Group) innerhalb der CEFIC (Chemical Industry Council) in Brüssel. Zu den mehr als 20 Mitgliedern der CASID gehören fast alle deutschen Unternehmen, die sich mit Lohn- und Auftragssynthese beschäftigen. Die Bandbreite reicht

von kleineren, flexiblen Spezialisten im Pilot- und Laborbereich bis zu Abteilungen multinationaler Chemiekonzerne. Sie repräsentieren insgesamt einen Umsatz von fast einer Milliarde Euro. „Eine sichere Verfügbarkeit dieser Produkte hat für die Kunden strategische Bedeutung“, sagt Dr. Michael Hassler, Head of Strategic Projects bei WeylChem und CASID-Vorstandsmitglied. „In diesem Zusammenhang kann das sogenannte Re-Shoring nicht nur die Lieferketten der Kunden

deutlich robuster machen, sondern auch generell die europäische Chemiebranche stärken. Ein Beispiel dafür ist die neue Halogenaustausch-Anlage der WeylChem am Allessa-Standort in Frankfurt-Fechenheim. Damit wird eine traditionelle Spezialtechnologie, die heutzutage praktisch nur noch in China und Indien möglich ist, in Deutschland wieder gestärkt. Mehrere Kunden haben den Neubau dieser Anlage mit Exklusivverträgen ermöglicht.“ [www.casid.de](http://www.casid.de)



### Busch verleiht Innovation in Vacuum Award an Quantafuel ASA

Der Hersteller von Vakuumpumpen Busch hat den Innovation in Vacuum Busch Award an das norwegische Unternehmen Quantafuel ASA verliehen. Das Unternehmen erhält den Preis für den innovativen Einsatz der Dolphin Flüssigkeitsring-Vakuumpumpen im Pyrolyseprozess von Kunststoffabfällen. Busch unterstützt Quantafuel bei der Entwicklung des innovativen Pyrolyseverfahrens, bei dem alle Arten von gebrauchten, recycelten Kunststoffabfällen geschmolzen und anschließend aus dem Pyrolysegas Mineralöl erzeugt wird. Das Mineralöl selbst fällt im

Schmelzprozess an. Zur Entgasung während des Pyrolyseprozesses werden Dolphin Flüssigkeitsring-Vakuumpumpen von Busch eingesetzt. Das Gas wird dann für den weiteren Prozess mit Hilfe der Vakuumtechnik verdichtet. Dieses innovative Verfahren macht das Recycling von Kunststoffabfällen wesentlich umweltfreundlicher. Hans-Christian Felde von Quantafuel nahm den „Innovation in Vacuum Busch Award 2020“ im Rahmen einer kleinen Feierstunde am Hauptsitz von Busch Vacuum Solutions in Maulburg entgegen.

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

Wir schenken Ihnen 30 % Jubiläumssrabatt auf Ihre Glückwunschanzeige!

30

JAHRE

CHEManager

FEIERN SIE MIT UNS

WILEY-VCH

### ZVEI verzeichnet 2021 starken Zuwachs bei Auftragseingängen

Die globalen Auftragseingänge bei den Mitgliedsunternehmen des ZVEI-Fachbereichs Messtechnik und Prozessautomatisierung (M+P) lagen im Zeitraum Januar bis August 2021 für viele Produktgruppen und Regionen zweistellig über Vorjahr. Der Ausblick auf das vierte Quartal 2021 ist zuversichtlich, wenn auch nicht mehr auf demselben Niveau wie in den vorherigen Quartalen: „Für 2021 erleben wir einen großen Nachholeffekt. Das gilt für sehr viele Produktgruppen und Regionen der Messtechnik und Prozessautomatisierung. Wir gehen davon aus, dass wir am Ende des Jahres etwa 12 % über Vorjahr liegen werden“, erklärt Stephan Neuburger, Stellvertretender Vorsitzender des Fachbereichs Messtechnik und Prozessautomatisierung im ZVEI-Fachverband Automation. Auch für 2022 ist Neuburger zuversichtlich und erwartet ein hohes einstelliges Wachstum. Positive

Impulse kommen vor allem aus Asien, hier besonders China, Europa und Lateinamerika. Ebenfalls stark zugelegt hat der US-Markt, allerdings zeichnet sich hier noch ein unausgeglichenes Bild, da das dort wichtige Öl- und Gasgeschäft noch nicht in allen Segmenten gleichermaßen angesprungen ist. Schwächer zeigen sich Russland und der Mittlere Osten, in denen der Aufschwung bisher verhalten ausfällt. Fast alle Abnehmerbranchen der Prozessautomation, wie Chemie- und Pharmaindustrie, Life Sciences, Nahrungs- und Genussmittel, Anlagenbau und Marine weisen starke Zuwächse auf. Auch im Öl- und Gassektor ist vielfach eine Erholung erkennbar. Getrübt wird das positive Bild von einer angespannten Liefersituation bei Vormaterialien, Rohstoffen und Komponenten, wie z.B. Halbleiter von der auch die Unternehmen der Prozessautomation betroffen sind. [www.zvei.org](http://www.zvei.org)



## Elapharm® + ElaSil® Schlauchleitungen



Zwei Schlauchvarianten für den sauberen Transfer (Pharma/Food/Kosmetik), konform nach FDA, USP Class VI und 3-A Sanitary Standard.

**Elapharm® Schläuche:** nach DIN 26055-3, flexibel und knickstabil, erhältlich in 'spaltminimiert' und 'totraumfrei' umbördelt.

[elaflex.de/Elapharm](http://elaflex.de/Elapharm)

**ElaSil® Silikonschläuche:** hoch flexibel, knickstabil, Temperaturen -60° bis +200°C.

[elaflex.de/ElaSil](http://elaflex.de/ElaSil)



ELAFLEX HIBY GmbH & Co. KG · SAT Vertriebsteam  
Tel. +49 40 540 005-0 · [info@elaflex.de](mailto:info@elaflex.de)  
[www.elaflex.de](http://www.elaflex.de)



Ohne sie läuft hier nichts

Der Betriebsingenieur ist Garant für reibungslose Arbeitsabläufe in seinem Betrieb und damit für die chemische Industrie von großer Bedeutung. Er trägt die Verantwortung für Instandhaltung und Verfügbarkeit seiner Anlage sowie für die Prozess- und Anlagensicherheit. An dieser Stelle beschreiben wir in lockerer Folge Aufgaben und Themenschwerpunkte im betrieblichen Alltag und berichten über die regelmäßigen Treffen der Regionalgruppen der Informationsplattform für Betriebsingenieure der VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (VDI-GVC).

# Neue Perspektiven für Betriebsingenieure

**Themen auf dem 12. Jahrestreffen der Betriebsingenieure – wieder als digitale Veranstaltung**

Corona, Klima, Energie, Lieferengpässe – all dies sind nicht nur Themen der Nachrichtenagenturen, sondern Herausforderungen, denen sich Betriebsingenieure im praktischen Alltag stellen müssen. Sie bieten aber auch neue Perspektiven für diese Garanten einer zuverlässigen Produktion und bestmöglichen Anlagenverfügbarkeit. Zur

Diskussion darüber lädt die VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen zum 12. Jahrestreffen der Betriebsingenieure am 26.11.2021 ein.

Wenn zukünftig wieder verstärkt im Inland oder Europa produziert werden soll, sind Betriebsingenieure unerlässlich nach dem Motto „Ohne uns läuft hier nichts“. Auch im Hinblick auf Anlagenoptimierung, Energieeinsparpotenziale und Nachhaltigkeit ist ihr Know-how gefragt, denn keiner kennt die Anlage besser als der verantwortliche Betriebsingenieur. Diese Zukunftstrends diskutiert Christian Poppe, Covestro und Vorsitzender des VDI-Fachbereichs „Betrieb verfahrenstechnischer Anlagen, mit Alba Mena Subiranas, BASF, und Michael Weirauch, Evonik. Alle sind sich einig, dass Schulungsangebote – zu denen zunehmend auch Soft Skills gehören – sowie unternehmensübergreifende Austauschmöglichkeiten elementar sind, um die immer komplexer werdenden Aufgaben im betrieblichen Alltag zu bewältigen. Die VDI-Regionalgruppen und das traditionelle VDI-Jahrestreffen der



Betriebsingenieure am 26.11.2021 leisten dazu einen wichtigen Beitrag und werden seit 2016 durch den Zertifikatslehrgang „Betriebsingenieur\*in VDI“ ergänzt, den inzwischen über 70 Absolventinnen und Absolventen erfolgreich abgeschlossen haben.

### Neue Aufgaben der Betriebsingenieure

Die Kernaufgaben einer Betriebsingenieurin, eines Instandhaltungsingenieurs etc. haben sich in den letzten Jahrzehnten kaum verändert. Allerdings hat sich die Art und Weise, wie man diesen Aufgaben gerecht wird, stark geändert – und in gleichem Maße die Erwartungen an eine Karriereentwicklung – sowohl auf Arbeitnehmer- als auch auf Arbeitgeberseite. Diese Erwartungen werden auch stark durch die gesellschaftlichen Entwicklungen geprägt. Die Arbeitnehmenden hinterfragen häufiger den Zweck des Unternehmens; Nachhaltigkeits- und soziale Aspekte rücken deutlich in den Vordergrund. Die meisten Herausforderungen im Bereich Nachhaltigkeit in der chemischen Industrie erfordern allerdings technische Lösungen. Hier sind spezifische Fachkenntnisse in unterschiedlichen Disziplinen stark gefragt. Zusätzlich nehmen der Automatisierungsgrad und damit die fachlichen Anforderungen zu. Interdisziplinarität und Teamarbeit gewinnen an Bedeutung. Gleichzeitig spüren wir bereits den Fachkräftemangel und leider nimmt das Interesse an einer fachlichen Karriere bei jungen Menschen ab. Vor diesem Hintergrund müssen wir Karrierepfade für technische Fachkräfte im betrieblichen Umfeld neu denken.

### Eigeninitiative und Kreativität sind gefragt

Erfolg für und im Unternehmen ist heute ein Zusammenspiel vieler Kompetenzen: Ergebnisorientierung, strategisches Denken, Innovations- und Veränderungsfähigkeit, Kommunikations- und Kooperationsfähigkeiten bis hin zu interkultureller Expertise rücken immer stärker in den Vordergrund. Hingegen tritt der Ausbau der fachlichen Fähigkeiten relativ zurück bzw. wird als selbstverständlich vorausgesetzt. Das Bild des Betriebsingenieurs wird häufig noch als rein fakten- und lösungsorientierte Aufgabe gezeichnet. Die sogenannten Soft Skills sind nicht die typischen Felder, in denen sich Betriebsingenieure wohlfühlen. Um sich den oben genannten Kom-



**Dr. Alba Mena Subiranas,**  
Vice President Europe  
Operations Additives &  
Resins, BASF



**Michael Weihrauch,**  
Produktionsleiter,  
Evonik Operations



**Dr. Christian Poppe,**  
Program Manager Rollout  
Digitalisierung, Covestro  
Deutschland

petenzen zu nähern, ist eine Reflexion der eigenen Persönlichkeit sinnvoll und ratsam. Fragen „Wer bin ich?“, „Was ist mir wichtig?“, „Was will ich?“, „Was ist für mich attraktiv?“ geben Orientierung, um die Balance der eigenen Fähigkeiten zu erkennen. Hier gilt es immer wieder durch Feedback einen ehrlichen Abgleich zwischen Fremd- und Eigenbild zu finden. Die so bestimmten persönlichen Potenziale können allerdings nur optimal genutzt werden, wenn sie sichtbar sind. Sichtbarkeit zu schaffen ist eine gemeinsame Aufgabe für Führungskräfte und Mitarbeitende. Während die Führungskraft die Bühne zur Verfügung stellt, liegt es am Teammitglied diese zu bespielen. Für Führungskräfte ist dies in enger Kommunikation mit ihren Mitarbeitenden eine Führungsaufgabe, während das Teammitglied in der Verantwortung steht, seine Vorstellungen und persönlichen Perspektiven darzustellen. Führungskräfte sind in der Regel keine Hellseher. Eigeninitiative und Kreativität setzen daher die Potenziale für eine erfolgreiche Karriere für sich und für das Unternehmen frei.

## Aus dem Programm

### Ersatzprüfungen an Rohrleitungen, Substitution der Wasserdruckprüfung: Stand der Technik und Herausforderungen der Zukunft

Die wiederkehrende Prüfung von Rohrleitungssystemen ist eine zentrale Aufgabe des Betreibers chemischer Anlagen. Dabei kann er sich auch auf zugelassene Überwachungsstellen und akkreditierte Prüflaboratorien stützen, um eine Beurteilung des sicheren Zustandes vorzunehmen. Die konventionelle Vorgehensweise sieht für Rohrleitungssysteme eine Wasserdruckprüfung vor. Alternativ darf unter bestimmten Randbedingungen die Wasserdruckprüfung durch zerstörungsfreie Prüfmethode ersetzt werden.

Dabei stellt die Auswahl eines geeigneten zerstörungsfreien Prüfverfahrens im Hinblick

auf die im Prüfkonzept genannten Schädigungsformen eine besondere Herausforderung dar. Während die On-Stream-Prüfung von Rohrleitungen bereits gut beherrscht ist, sind Ersatzprüfung von Behältern und Apparaten bei erhöhten Prozesstemperaturen im laufenden Anlagenbetrieb noch schwierig. Hier liefert das Forschungsgebiet des Structural Health Monitoring Lösungsansätze, um zukünftig ganz oder teilweise auf die Freistellung von Apparaten im Zuge der wiederkehrenden Prüfung verzichten zu können.



**Dr. Dirk Treppmann,**  
Head of Materials  
Engineering,  
Evonik Operations



**B. Eng. Rainer Vortmann,**  
Head of Pipe Inspection,  
Evonik Operations

## Leckage-Überwachungsverfahren für Rohrfernleitungsanlagen laut TRFL

Ein Großteil von Produktleitungen außerhalb der Werksgelände unterliegen der Rohrfernleitungsverordnung mit den technischen Regeln für Rohrfernleitungen (TRFL). Danach sind Verfahren zum Feststellen und Orten von Verlusten erforderlich. Zum Feststellen von Verlusten müssen zwei voneinander unabhängige Verfahren die Anlage im stationären Betrieb kontinuierlich überwachen. Die Unabhängigkeit ist gewährleistet, wenn unterschiedliche Berechnungsalgorithmen verwendet werden. In Förderpausen sowie im instationären Betrieb genügt ein Verfahren. Ein Verfahren muss in der Lage sein, Leckagen schnell orten zu können. Feste Erkennungsgrenzen und Ortungsgenauigkeit sind nicht gefordert. Diese müssen im Rahmen der physikalischen Gegebenheiten festgelegt und von einer Prüfstelle

bewertet werden. Zur Erzielung optimaler Ergebnisse müssen die Messdaten sowie die Datenanbindung in guter Qualität zur Verfügung stehen. Dabei muss immer ein Kompromiss aus einer möglichst niedrigen Erkennungsgrenze, Erkennungszeit und Fehlalarmwahrscheinlichkeit gefunden werden. Basierend auf den Vor- und Nachteilen der einzelnen Verfahren ist es bei den überwiegenden Anlagen empfehlenswert, mindestens ein Verfahren nach Anhang VIII (7 – modellbasiert) zu verwenden. Auch zwei oder drei Verfahren nach Anhang VIII (7) stellen eine gute Wahl dar, um viele der zuvor genannten Anforderungen nach TRFL zu erfüllen. Bei dem Verfahren nach Anhang VIII (8) für schleichende Undichtheiten werden häufig externe Verfahren den modellbasierten Verfahren vorgezogen. Aus der



© Evonik

**Stefan Chudoba,**  
Fachbereichsleiter  
EMR / NT / KKS,  
Evonik Operations

Vielzahl an Möglichkeiten zur Leckerkennung ist eine Anlage immer individuell zu betrachten und ein sinnvolles Konzept zur Erfüllung der TRFL zu entwickeln.

## Behälterinspektionen mit Robotern

Prüfungen von Druckbehältern und Rohrleitungen gemäß Betriebssicherheitsverordnung stellen für Anlagenbetreiber zahlreicher Industriebranchen seit jeher einen nicht unbedeutenden Aufwand dar. Damit die Prüfung am vereinbarten Tag durchgeführt werden kann und die Sicherheit des Prüfers gewährleistet ist, müssen viele Vorbereitungen und Sicherheitsmaßnahmen für den Einstieg zur inneren Prüfung getroffen werden. Dem Prüfer diesen Behälterereinstieg zu ersparen, genau das ist das Ziel von Inspektionsrobotern, die sich z.B. auf gummierten Kettenbändern und mittels Vakuum- oder magnetischer Haftung gezielt an Behälterwänden, Böden und Decken fortbewegen können. Mit spezieller Sensorik ausgestattet liefern sie gestochen scharfe Bilder vom Innenraum eines Behälters oder einer Rohrleitung

und können sogar Messungen zur zerstörungsfreien Materialprüfung vornehmen. Die Befunde werden, nach Fehlertyp klassifiziert, anschließend in einem Prüfbericht positionsgenau dargestellt. Durch diese Form der inneren Prüfung können nicht nur Zeit und Kosten eingespart, sondern auch die Arbeitssicherheit erhöht werden. Bei der Firma Merck in Darmstadt wurden bei den diesjährig durchgeführten ersten Testläufen mit Robotern spannende Erkenntnisse gesammelt. Innerhalb weniger Minuten war das Inspektionsequipment aufgebaut, und der Roboter wurde in den Stahlbehälter eingebracht. Die hochauflösende Kamera konnte, auch von der gegenüberliegenden Behälterwand aus, mechanische Beschädigungen und Produkt-rückstände zuverlässig erfassen. Die Manövrierbarkeit des Roboters ist allerdings abhängig



© Merck

**Valeska Zindl,**  
Merck

von den Behältereinbauten. So wurde z.B. festgestellt, dass der Roboter auf dem Behälterboden durch die Blätter des eingebauten Rührwerks im Manövrieren behindert wurde.

## Operational Excellence: Verfügbarkeit und Kostenoptimierung

Was sind gute Entscheidungen in Management und Operations? Was macht sie so schwierig? Und wie können Datenanalysen dazu beitragen, bessere Entscheidungen zu treffen? Gute Entscheidungen bestehen aus drei Elementen: der richtigen Definition der Ziele, der richtigen Auswahl aus den bestehenden Handlungsoptionen und der richtigen Umsetzung. Allerdings werden die Anforderungen und Umgebungsbedingungen in der Industrie ständig komplexer: Ziele sind häufig nicht eindeutig und stehen miteinander im Wettbewerb, die Vielzahl der Handlungsmöglichkeiten nimmt zu und organisatorische Barrieren verhindern die erfolgreiche Umsetzung von Maßnahmen. Betriebsingenieure erleben

diese Komplexität täglich am eigenen Leib: Ihre Ziele pendeln zwischen „Kostensenkung“ und „Verfügbarkeitssicherung“, sie betreuen viele tausend technische Plätze und Equipments, und sie müssen eine Unmenge von Instandhaltungsmaßnahmen überwachen. Automatische Algorithmen und Data-Mining-Methoden sind hier die Lösung. Immer mehr erfolgreiche Praxisbeispiele zeigen, wie die Ableitung der Instandhaltungsstrategien automatisiert und wie Benchmarks für Best-Practices statistisch ermittelt werden können. Zudem können verfügbare Ressourcen für die vorbeugende Instandhaltung so gesteuert werden, dass IH-Kosten und Verfügbarkeit optimiert werden.



© Ahorner &amp; Innovators

**Markus Ahorner,**  
Geschäftsführer,  
Ahorner & Innovators

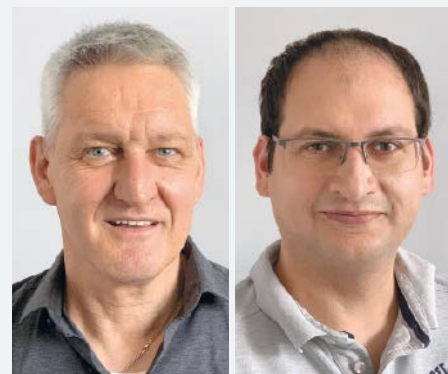
## Erweiterung der Creamino-Produktionsanlage mit digitaler Unterstützung bei Planung und Bau

Im Zuge einer Kapazitätserweiterung wurde am Standort Trostberg mit einem Investitionsvolumen in Höhe von 50 Mio. EUR in nur 24 Monaten eine neue Produktionsanlage für Creamino nebst Koppelprojekten realisiert. Bereits im Vorprojekt fiel die Entscheidung, alle Projekte intern ohne Generalunternehmer oder Generalplaner abzuwickeln, nur die betreffenden Fachabteilungen wurden mit externen Kräften verstärkt. Insgesamt fielen ca. 90.000 Planungsstunden an, wobei 55 % mit internen Kräften abgedeckt werden konnten. Neben den technischen Fachabteilungen waren auch weitere Abteilungen wie z.B. F&E, Verfahrensentwicklung und Einkauf beteiligt. Bei AlzChem gibt es für Investitionsprojekte nicht den „Projektleiter“. Diese Position ist aufgeteilt in den Projektverantwortlichen (i.d.R. der Betriebsleiter) und den Projektmanager (i.d.R. aus der Anlagenplanung). Hierbei sind die Verantwortlichkeiten im Projekt für beide klar definiert.

Der digitale Zwilling brachte bei der Montage der Erweiterung der Creamino-Produktionsanlage ausgedehnte Unterstützung. Durch die Integration der Systeme 3D, P&ID, ERP und

Daten- und Dokumentenmanagement standen die Informationen und Dokumente für die Rohrleitungs- und Apparatemontage online auf der Baustelle zur Verfügung. Abläufe wie Planung, Fertigung, Montage und Prüfung der Rohrleitungen wurden durch elektronische Workflows unterstützt und geleitet. Für die Apparatemontage sind die Herstellervorgaben zur Aufstellung, wie z.B. die Toleranzen bei der Rührwerksmontage, online verfügbar. Aufstellungskontrollen und Messungen wurden online protokolliert. Die montierten Apparate und Rohrleitungen wurden mit QR-Codes gekennzeichnet, somit sind die Objekte online eindeutig identifizierbar und der Nutzer wird mittels Smartphone oder Tablet in das Zentrum, den eindeutigen Ausgangspunkt, der Daten und Dokumente geleitet. Zum Ende der Montage wurden die Prüfungen vor Inbetriebnahme digital vor Ort dokumentiert und für die Meldung der mechanischen Fertigstellung die Reports aus dem System erzeugt.

Die Entscheidung, das Projekt intern und mit digitalem Ansatz abzuwickeln, hat viele Vorteile gezeigt, so blieb viel Know-how im Unternehmen bzw. konnte weiter aufgebaut



**Peter Koj,**  
Leiter Technischer Service,  
Alzchem

**Martin Schindler,**  
Projektmanager,  
Alzchem

werden. Auch konnten Kosten eingespart (keine Gewinnabsicht in der Planung) und ein Augenmerk auf die Wartungsfreundlichkeit – und somit Nachhaltigkeit – sowie auf die Schnittstellen der Anlage gelegt werden. Desweiteren konnte während des Projektes flexibler auf neue Erkenntnisse aus F&E und Verfahrenstechnik reagiert werden.

## Maschinensicherheit im Lifecycle der Intralogistik

Während für die klassische chemische Produktionsanlage im Sinne der Anlagensicherheit der Schutz vor Gefahrstoffen, Explosionen u.Ä. im Vordergrund steht, ist es bei Intralogistikanlagen die Maschinensicherheit, bei der das Personal vor Gefährdungen geschützt werden soll, die aufgrund der häufig notwendigen Mensch-Maschine-Interaktion von der Maschine selbst ausgehen. Die Betrachtung der Maschinensicherheit beginnt bereits bei der Planung einer neuen Intralogistikanlage und ist mehr als nur das Einfordern einer CE-Konformität vom Hersteller. Das Sicherheitskonzept muss das betriebliche Umfeld mitberücksichtigen und hier insbesondere die Qualifikation und Arbeitsweise des Bedienpersonals. Bei der nach BetrSichV verpflichtenden Prüfung von Maschinen und Anlagen vor der ersten Nutzung müssen u.a. die einzelnen Sicherheitsfunktionen getestet werden und die Umsetzbarkeit der Betriebsanweisungen zur Nutzung und Bedienung der Maschine verifiziert werden. Oft vergessen wird hier, dass zur Nutzung der Maschine nicht nur die Bedienung im operativen Betrieb, sondern auch die Instandhaltung der Maschine gehört. Eine besondere Herausforderung stellt der Umbau von Maschinen im



**Dr. Ansgar Münnemann,**  
BASF

Bestand dar, wenn nur Teile einer Gesamtanlage umgebaut oder erneuert werden sollen. Hier ist von vornherein zu klären, wer für das Thema Maschinensicherheit und Konformitätsbewertung verantwortlich ist, und wie derjenige dies auch regelkonform umsetzen kann. Innovative Intralogistiktechnologien (z.B. fahrerlose Transportsysteme) versprechen wirtschaftliche und sicherheitstechnische Vorteile. Doch auch hier muss der Betreiber bewerten, ob und wie diese Technologien in seinem spezifischen betrieblichen Umfeld geeignet eingesetzt werden können.

### 12. Jahrestreffen der Betriebsingenieure

Am 26.11.2021 ab 08:30 Uhr findet das 12. Jahrestreffen der Betriebsingenieure statt – erneut im digitalen Format.

#### Themenschwerpunkte 2021:

- *Betreiberpflichten (AwSV, Leckage-Überwachung, Ersatzprüfung von Rohrleitungen)*
- *Dokumentation in Produktion und Instandhaltung*
- *Asset-Strategie und Instandhaltungsstrategie*
- *Karriereentwicklung von und für Betriebsingenieure*
- *Podiumsdiskussion und Firmenchats*

**Der Kostendeckungsbeitrag beträgt 165,00 EUR inkl. einer der nachfolgenden VDI-Richtlinienentwürfe als PRINT zur Auswahl:**

- *VDI 2105:2021-02 Emissionsminderung, Fackelanlagen*
- *VDI MT 3800:2021-08 Ermittlung der Aufwendungen für Maßnahmen zum betrieblichen Umweltschutz*
- *VDI 4602-03:2021-03 Energiemanagement, Messung und Auswertung*
- *VDI 5207-02:2021-01 Energieflexible Fabrik, Identifikation und technische Bewertung*

## Exoskelette im betrieblichen Alltag: mehr Kraft, Ausdauer und Sicherheit

Welche Anwendungsbereiche gibt es für Exoskelette in der chemischen Industrie? Was sind Exoskelette überhaupt, welche Typen gibt es und wie können sie helfen, dass Menschen gesundheitsschonend und langfristig produktiv ihrer Arbeit nachgehen? Für die chemische Industrie gibt es vielfältige Einsatzmöglichkeiten von Exoskeletten am Arbeitsplatz: Diese reichen von der Entlastung des Rückens beim regelmäßigen Heben von Lasten über die Unterstützung bei anstrengenden Überkopftätigkeiten bis hin

zum ausdauernden und repetitiven Pipettieren mit einem Finger-Exoskelett. Für die Einführung der innovativen Lösungen im Arbeitsalltag gibt es bewährte Strategien und Schulungskonzepte. So werden Exoskelette für Nutzerinnen und Nutzer schnell zu ganz selbstverständlichen Begleitern, die ihnen gezielt unter die „Arme“ greifen. Was ist das Ziel? Die Gesundheits- und Unfallrisiken minimieren und gleichzeitig die Produktivität und die Arbeitsbedingungen nachhaltig verbessern.



© Ottobock

**David Duwe,**  
Head of Sales Europe,  
Ottobock

## HAZOP+: eine synergistische Kombination von HAZOP und KI-unterstützter Optimierung

Mit dem Produkt HAZOP+, einer Innovation der Sicherheitsbetrachtung, wird die klassische HAZOP-Studie der Anlagensicherheit mit einer KI-gestützten Anlagenoptimierung verknüpft. Die Anwendung der KI im Operability-Anteil der HAZOP folgt der Richtlinie VDI 3714 und dient der Analyse von Anlagenbetrieb und Optimierung der Betriebskosten. Die Themen der Anlagensicherheit (sicherer Anlagenzustand = HAZ) werden dabei mit einer Modellierung der Betriebsparameter und Anlagenbedienung (Operability=OP) sinnvoll kombiniert. Diese Vorgehensweise erfordert eine Analyse der Anlagen- und Betriebsdaten sowie aktuelle R&I-Schemata und Betriebsaufzeichnungen. Dies bedeutet, die Qualität der HAZOP wird durch die zusätzliche Betriebsdatenanalyse gesteigert, da nun evidente Modelle verwendet und reale Störungen berücksichtigt werden. Ein Mehrwert für die HAZOP entsteht auch durch eine Reduktion der Varianz von Betriebsparametern durch Erreichen von optimalen Betriebspunkten und damit störungsfreiem Betriebsverhalten der Anlage. Das Ergebnis von HAZOP+ ist eine sichere Anlage, die durch Verringerung von Betriebsparametervarianten verbunden mit reduzierter Wahrscheinlichkeit einer Grenzwertüberschreitung, ein höheres Sicherheitsniveau mit einer wirtschaftlich bestmöglichen Betriebsfahrweise erreicht.



© Atlan-tec Systems

**Thomas Froese,**  
Geschäftsführer,  
Atlan-tec Systems



© TÜV SÜD Chemie Service

**Dr. Hans Volkmar Schwarz,** Director of  
Business Development,  
TÜV SÜD Chemie Service



© TÜV SÜD Chemie Service

**Dipl.-Ing. Klaus Michael Fischer,** Innovations-  
manager, TÜV SÜD  
Chemie Service

### Kontakt

**Verein Deutscher Ingenieure e.V.,  
Düsseldorf**  
Dr. Ljuba Woppowa  
woppowa@vdi.de · www.vdi.de

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

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202101109>

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

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





# RWTH Aachen gewinnt Wettbewerb ChemCar 2021

Internationale Begeisterung  
und Innovative Konzepte



Auch 2021 haben sich engagierte Jungingenieure am ChemCar-Wettbewerb beteiligt. Im Rahmen der ECCE/ECAB wurden die Sieger gekürt. Über den ersten Platz und den Pokal konnte sich das Team der RWTH Aachen freuen, gefolgt vom Team des Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya in Indonesien und dem Team der Universität Dortmund auf dem zweiten und dritten Platz.

Internationales Publikum und sieben Teams aus Deutschland, Indonesien und Iran versammelten sich zum Finale des 16. ChemCar-Wettbewerbs am 22.09.2021 im Rahmen des 13. European Congress of Chemical Engineering and 6. European Congress of Applied Biotechnology ECCE/ECAB. Sieger 2021 ist das Team „Spring O2'clock“ der RWTH Aachen mit dem Spitznamen „Wheely“, gefolgt von Team „Spectronics“ des Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesien und pHantasticCar aus Dortmund auf den Plätzen zwei und drei. Auch die teilnehmen Teams Universitas Negeri Semarang Indonesia, Amirkabir Iran, Uni Ulm und Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia überzeugten mit Rennleistung und Konzepten, denn noch nie wurden so viele Sonderpunkte für Präzision und Wiederholbarkeit vergeben. Möglicherweise lag dies am Heimvorteil, den jedes Team für sich nutzen konnte, denn coronabedingt fand der Wettbewerb erneut digital und dezentral statt.

## Sicherheit stand ganz oben

Bei der möglichst exakten Zielerreichung ist Präzision und Konstanz gefragt, wenn beim Rennen die kurz vor dem Start ausgeloste Strecke von 11,5 m mit einem Zusatzgewicht

von 10 % bestmöglich erreicht werden muss. Aachen hat auch die Jury mit einem innovativen Antriebskonzept und einem verblüffenden Stoppmechanismus überzeugt. So wird die Reaktion von Wasserstoffperoxid und Kaliumjodid für den Antrieb genutzt. Die Stoppreaktion wird durch einen Kristallisationsprozess

## ChemCar 2022

*Der nächste VDI-ChemCar-Wettbewerb wird im Rahmen des ProcessNet-Jahrestreffens 2022 in Aachen stattfinden – Genaue Infos zu ChemCar, die Konzepte aller ChemCar-Teams, After-Movies, Anmeldedetails und vieles mehr unter [www.vdi.de/Chemcar](http://www.vdi.de/Chemcar).*

ausgelöst, der das 30 kg schwere ChemCar anhebt, sodass die Hinterräder in die Luft ragen – daher der Spitzname „Wheely“. Darüber hinaus beeindruckte das Team die Sicherheitsexperten der Firma Inburex mit seinem Sicherheitskonzept. Es wurde erneut besonders hoch bewertet, weil die sichere Durchführung des Wettbewerbs diesmal in der Verantwortung der Sicherheitsbeauftragten der teilnehmenden Universitäten lag. Normalerweise sind zwei Feuerwehrleute, zwei Sanitäter und zwei Explosionsexperten beim Wettbewerb vor Ort.

## Eine Frage der Ehre

Engagement, Aufregung und Emotionen der teilnehmenden Teams waren auch im digitalen Format zu spüren, insbesondere weil Konzeption und Bau der ChemCars durch den immer noch eingeschränkte Laborbetrieb für alle Beteiligten eine große Herausforderung war. Das Preisgeld wurde erneut gerecht unter allen sieben teilnehmenden Teams aufgeteilt. Das Gewinnerteam Aachen darf sich zusätzlich über den legendären ChemCar-Pokal als Trophäe freuen.

Wir danken für die Unterstützung durch die Unternehmen BASF, Covestro, Evonik, Inburex, Lonza, Merck, Yncoris.

## Die Autorin

Dr. Ljuba Woppowa, Geschäftsführerin VDI-GVC

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

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202101110>

## Kontakt

Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf  
Dr. Ljuba Woppowa · Tel.: +49 211 6214-314  
[chemcar@vdi.de](mailto:chemcar@vdi.de) · [www.vdi.de/chemcar](http://www.vdi.de/chemcar)



Titelstory

# Temperaturprofile im Hydrocracker überwachen

**Mehr Produktivität und Sicherheit mit neuer Kabelsonde**

**Pietro Miceli,**  
Endress+Hauser  
Deutschland



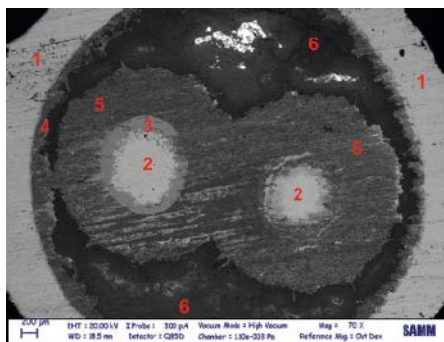
Eine genaue und zuverlässige Temperaturkartierung dicht gepackter Katalysatorbetten von Reaktoren leistet einen wichtigen Beitrag zu einem stabilen und profitablen Anlagenbetrieb. Bei der Raffinerie Heide kommt nun ein Multipoint-Thermometer vom Typ iTherm Multisens von Endress+Hauser im Hydrocracker zum Einsatz, mit dem Temperaturprofile überwacht und dadurch sowohl die Profitabilität als auch die Sicherheit der Anlage gesteigert werden.

In Schleswig-Holstein und insbesondere in Dithmarschen hat Erdöl eine lange Tradition. Bereits seit über 150 Jahren werden hier an der Nordseeküste Ölkreide und Rohöl gefördert und verarbeitet. Auf insgesamt 134 ha Fläche verarbeitet die Raffinerie Heide jährlich mehr als 4 Mio. Tonnen Rohöl an ihrem Unternehmensstandort in Hemmingstedt. Inzwischen kommt ein bedeutender Anteil des in Schleswig-Holstein verbrauchten Benzin- und Dieseltreibstoffs aus dieser Erdölraffinerie. Die Raffinerie Heide legt großen Wert auf Nachhaltigkeit und hat einige Projekte

gestartet, welche einen bedeutsamen Beitrag zur Energiewende leisten sollen. Ein Beispiel ist das Reallabor-Projekt Westküste 100 mit dem Ziel, zukünftig nachhaltiger zu fliegen, zu bauen und zu heizen.

## **Genaueres Messen sichert Qualität und Effizienz**

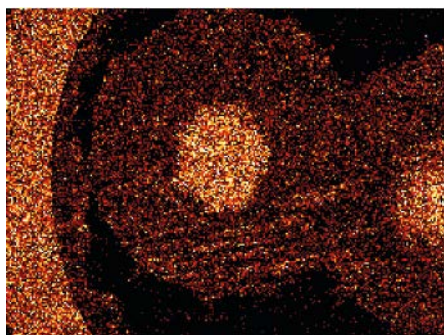
In Öl- und Gasraffinerien sind Anlagen für katalytisches Hydroprocessing wie Hydrocracker (HCU) auf leistungsstarke Katalysatortechnologien angewiesen, um die Produktumwandlung zu maximieren, während



**Abb. 1: Elektronenmikroskopaufnahme eines Standard-Thermoelements**

1. Außenmantel
2. Thermoelementschenkel (+/-) Kerne
3. Thermoelementschenkel (+/-) verunreinigter Kranz
4. Nickelmigration aus dem Außenmantel
5. Magnesiumoxid (MgO)-Pulver, durch Nickel (Ni) und Schwefel (S) verunreinigt.
6. Magnesiumoxid- oder Aluminiumoxid-Pulver

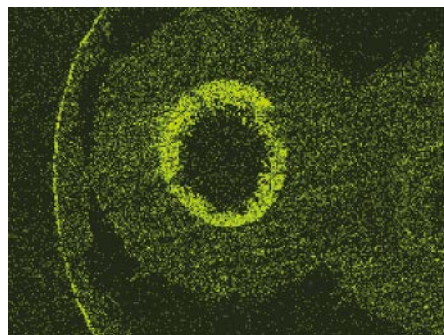
**Elektronenmikroskopaufnahme**



**Abb. 2: Verteilung vom Nickel (Ni)**



**Gewichtsprozent von gering (dunkel) bis hoch (hell)**



**Abb. 3: Verteilung vom Schwefel (S)**



**Gewichtsprozent von gering (dunkel) bis hoch (hell)**

**Zweite Sicherheitsschicht**

*Mit der neuen iTherm Profilesens-Technologie wird eine zweite Schutzschicht für Thermoelement-Messsysteme eingeführt. Eine zusätzliche Metallbarriere (Abb. 4, Punkt 3) isoliert jeden Sensor in einem eigenen MgO-Bett und sorgt so für die vollständige Unabhängigkeit der Sensoren.*

*Mehrere Thermoelemente können innerhalb einer einzigen Sonde gruppiert werden, wobei jedes Thermoelement eine ultrahohe Messleistung auch unter schwierigsten Betriebsbedingungen liefert. Das Sensorlayout (Routing), die Länge und die Anzahl der Sensoren wird individuell an die Prozessspezifikationen angepasst. Diese Bauform hat sich im Betrieb bewährt und senkt das Risiko von einem vorzeitigen Sensordrift, Korrosion oder Kurzschlüssen ganz erheblich.*

eine effiziente Reaktionsführung die Umweltbelastung und die Kosten geringhalten soll.

Um die Raffinerieprozesse in Heide zu überwachen und präzise zu steuern, setzt der Betreiber auch auf die Feldinstrumente des Messtechnik-Herstellers Endress+Hauser. An vielen Stellen der Anlage ist der Parameter Temperatur besonders relevant, weil er maßgeblich ist für die Steuerung der Anlage sowie für die Qualität der Reaktionen. In großen Reaktoren wie z.B. dem Hydrocracker reicht es jedoch nicht aus, die Messung nur durch wenige Thermometer oder gar nur durch ein einziges Gerät vorzunehmen, weil an verschiedenen Stellen des Reaktors unterschiedliche Temperaturen vorherrschen. Hier kommen große Multipoint-Thermometer zur Temperaturprofilanalyse zum Einsatz, die eine Vielzahl an Thermoelementen bündeln, welche die Temperaturen an verschiedenen Punkten messen und ein differenziertes Abbild der Temperaturverteilung zeigen. Dies steigert sowohl die Qualität der Reaktion als auch die Sicherheit der Anlage.

**Multipoint-Thermometer für extreme Prozessbedingungen**

Multipoint-Temperaturmessgeräte mit Thermoelementen sind in der Industrie weit verbreitet, da sie die optimale Wärmeverteilung überwachen und so Hotspots und eine verfrühte Deaktivierung des Katalysators unter hoher Temperatur und hohem Druck sowie korrosiven Bedingungen vermeiden.

Die meisten konventionellen Multipoint-Thermoelementsonden haben jedoch zwei große Schwächen:

- **Zuverlässigkeit:** Ein als Schwefelwasserstoff- ( $H_2S$ -)Verunreinigung bekanntes Phänomen schädigt unter bestimmten Prozess-

bedingungen herkömmliche Magnesiumoxid (MgO)-Kabel. Ein  $H_2S$ -Verunreinigung kann die Messgenauigkeit beeinträchtigen. Erklärtes Ziel ist es daher, durch zuverlässige Messungen den Produktionsbetrieb in einer sicheren Fahrweise zu halten.

- **Einbaugröße:** Die Thermoelementsonden sind vergleichsweise invasiv, d.h., sie nehmen wertvollen Platz in Katalysatorbetten ein, was zu unerwünschten Druckabfällen und Channeling führen kann. Durch ihre Abmessungen verhindern sie dichtere Katalysatorfüllungen.

**Maßgeschneiderte Lösungen**

Bei Prozesstemperaturen von bis zu 450 °C und einem Druck von ca. 200 bar sowie  $H_2S$  im Prozess sind die Thermoelemente im HC-Reaktor

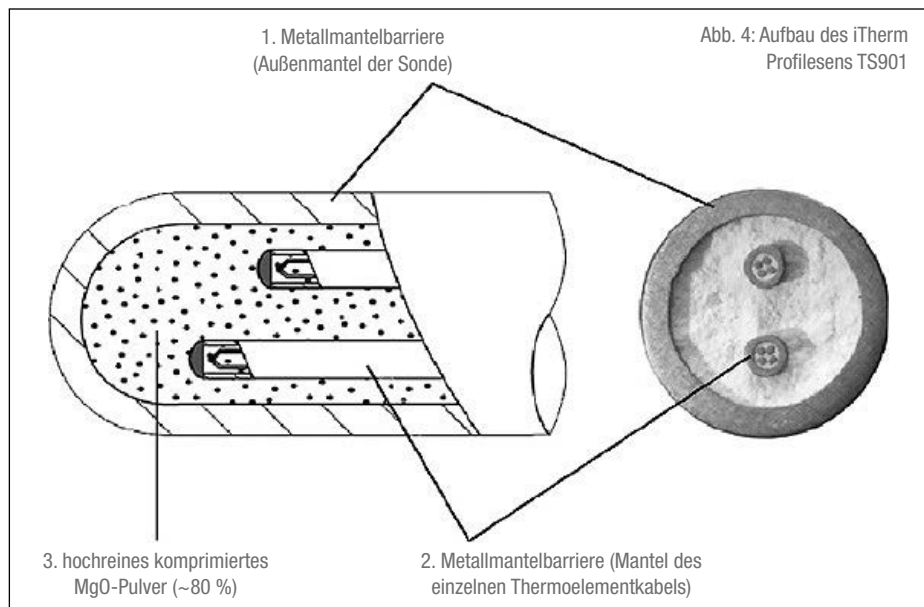




Abb. 5: In der Öl- und Gasindustrie herrschen raue Umgebungsbedingungen für Sensoren und Korrosion kann das zum Problem werden.

der Raffinerie Heide extremen Bedingungen ausgesetzt. Da in der Vergangenheit immer wieder Thermoelemente unzuverlässig gearbeitet haben, wurde 2018 ein Feldtest mit den neuen Multipoint-Thermometern iTherm Profilesens TS901 gestartet und die Sensoren wurden im Rahmen des Tests mit herkömmlichen Thermoelementen verglichen. Auch bei diesem Feldtest ist bei einem Standardthermoelement bereits nach kurzer Zeit ein Drift zu erkennen gewesen. Die neue Sensortechnologie iTherm Profilesens waren jedoch davon nicht betroffen. Nach einiger Zeit folgten weitere Standardthermoelemente, die einen Drift aufwiesen oder ausgefallen sind. Die Thermoelemente der Serie von Endresse+Hauser blieben alle stabil.

Aufgrund dieser Ergebnisse hat sich die Raffinerie Heide entschieden, beim Stillstand im Jahr 2021 die Multipoint-Sensoren komplett mit der neuen Sensortechnologie iTherm Profilesens auszustatten.

Anfang Juni 2021 wurden die neuen Thermoelemente eingebaut. Für die Montage waren drei Arbeitstage geplant. Aufgrund der neuen Technologie war die Montagezeit im Vergleich zu den alten Sensoren jedoch um ca. 50 % kürzer. Die Mitarbeiter der Raffinerie Heide waren begeistert, wenn man bedenkt, dass die Anlage früher als geplant wieder in Betrieb gehen konnte – Zeit ist Geld!

### Die Auswirkungen einer H<sub>2</sub>S-Verunreinigung

Ein Sensordrift oder eine Beschädigung verursacht fehlerhafte Messwerte, die vom Betriebs- und Prozesssteuerungspersonal unentdeckt bleiben können. Dieses Szenario ist nicht unkritisch, da falsche oder fehlende Informationen in der Messkette zu betrieblichen Entscheidungen mit schlechten Ergebnissen für die Reaktionseffizienz führen.

Den Untersuchungen der Messtechnikspezialisten aus Weil am Rhein und der einschlägigen wissenschaftlichen Literatur zufolge sind die Abweichungen in der Messgenauigkeit (Drift) von verunreinigten Thermoelementen üblicherweise negativ: Der angezeigte Wert ist niedriger als die tatsächliche Temperatur. Abgesehen davon, dass es sich hierbei um ein großes Kostenproblem handelt – Energieverschwendung und schnellerer Katalysatoralterung – stellt ein solcher Zustand außerhalb der Spezifikation ein Sicherheitsrisiko dar. In wasserstoffreichen Umgebungen kann es an Schwachstellen des Metallmantels zu wasserstoffinduzierten Spannungsrissen kommen, die mit der Zeit so groß werden, dass der Metallmantel komplett bricht. Diese Beschädigung führt dazu, dass größere

Moleküle der Prozessflüssigkeit (z.B. H<sub>2</sub>S) in das Innere des isolierenden MgO-Pulvers gelangen und es verunreinigen.

MgO-Pulver kann dann unter anderem mit Schwefel und Nickel reagieren. Das nun verunreinigte MgO-Pulver ermöglicht durch die Kombination von Nickel aus den Thermoelement-Leitungen, dem Metallmantel sowie Schwefel aus dem Prozess die Bildung von hochleitfähigem Ni<sub>3</sub>S<sub>2</sub> (Abb. 1).

Wenn der verunreinigte Bereich wächst, bilden die freiliegenden elektrischen Leitungen einen Kurzschluss, der die Genauigkeit des Sensors beeinträchtigt oder dazu führt, dass die „hot junction“ des Thermoelements wandert. Es besteht ein Risiko, dass die gemessene Temperatur nicht mehr der tatsächlichen Prozesstemperatur entspricht.

### Doppelt geschützte Sensoren

Ein neues robustes Design für Multipoint-Thermoelementsonden fasst mehrere Thermoelementsonden in eine Kabelsonde zusammen.

Die minimalinvasiven Multipoint-Kabelsonden iTherm Profilesens TS901 bestehen aus zwei oder mehr unabhängigen Temperatursensoren, die in einen gemeinsamen Außenmantel aus Metall eingebettet sind. Der Außenmantel fungiert als integriertes Schutzrohr, während der Zwischenraum mit hochverdichtetem, isolierendem MgO-Mineralpulver gefüllt ist.

Da die Sensoren völlig unabhängig voneinander sind, hat eine Verschmutzung des äußeren MgO-Pulvers keinen Einfluss auf die elektrische Leitfähigkeit der Sensoren im Inneren und auf deren Betrieb. Diese doppelte Schutzschicht führt zu einer sehr hohen Sensorzuverlässigkeit, wie man sie von einem separaten Schutzrohr erwarten würde, während gleichzeitig die Flexibilitätseigenschaften biegsamer Kabelsonden erhalten bleiben.



Abb. 6: Die neue Sensortechnologie ist mit einem doppelten Schutzmantel versehen, der dennoch eine flexiblen Einbau erlaubt.

## Ergebnis und Rendite

Zusätzlich zur verbesserten Prozesssicherheit, -steuerung und -zuverlässigkeit erschließt die Messtechnologie das Rentabilitätspotenzial in dreierlei Hinsicht:

- platzsparend für eine dichtere Katalysatorfüllung (minimalinvasives Design)
- vermeidet vorzeitige Stillstände oder Wartungsarbeiten wegen ausgefallener Messgeräte (Robustheit)
- Prozesse werden näher an ihrem Leistungsoptimum betrieben (höhere Messgenauigkeit)

Während ein Drift bei Thermoelementmessungen ein bekanntes Phänomen ist, sind die zugrundeliegenden Ursachen für das Fehlverhalten der Sensoren jenseits des typischen Drifts den Betreibern von Raffinerien noch weitgehend unbekannt. Das Wandern der „hot junction“ bleibt in den meisten Fällen sogar unerkannt, sodass Prozesssteuerungsingenieure das verlorene Potenzial nicht einmal bemerken.

Umfangreiche Tests und wissenschaftliche Studien haben gezeigt, dass mechanische Beanspruchung, Abrieb, Korrosion, wasserstoffinduzierte Spannungsrisse und daraus resultierende H<sub>2</sub>S-Verunreinigungen die Hauptursachen für den Verlust von zuverlässigen Daten sind und die Prozesseffizienz, -sicherheit und -kontrolle bedrohen.

Mit der neuen iTherm Profilesens-Technologie von Endress+Hauser wird eine zweite Schutzschicht für Thermoelement-Messsysteme eingeführt, während die Sensoren vollständig unabhängig bleiben. Mit einer hohen Messleistung auch unter schwierigen Betriebsbedingungen hat sich das Design im Betrieb bewährt und senkt ganz erheblich das Risiko von vorzeitiger Sensordrift, Korrosion oder Kurzschlüssen.

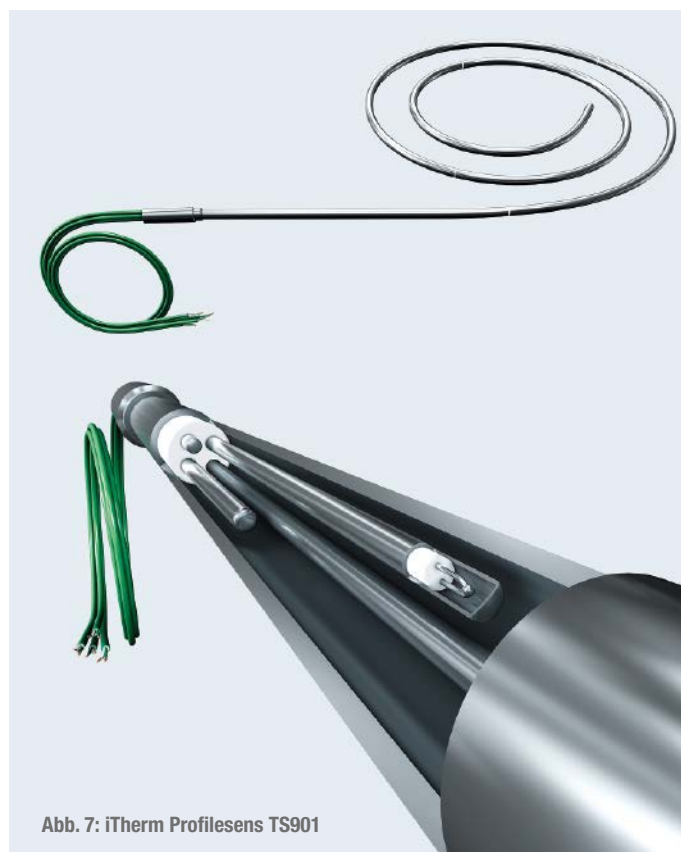


Abb. 7: iTherm Profilesens TS901

Bilder © Endress+Hauser

## Der Autor

**Pietro Miceli**, Produktmanager Marketing Temperatur, Endress+Hauser Deutschland, Weil am Rhein

## Kontakt

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

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

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202101111>

## SPS 2021 als 3Gplus-Veranstaltung

Unter Berücksichtigung der aktuellen Corona-Verordnung der Bayerischen Landesregierung findet die SPS vom 23.–25.11.2021 in Nürnberg als sogenannte 3G plus-Veranstaltung statt. Teilnehmen dürfen damit vollständig Geimpfte und Genesene sowie Personen mit einem höchstens 48 Stunden alten negativen PCR-Test. Diese Regelung ermöglicht ein weitgehend uneingeschränktes Messe-Erlebnis bei maximalem Infektionsschutz. „Als Veranstalter ist es unsere Aufgabe, die bestmöglichen Voraussetzungen für eine erfolgreiche Messeteilnahme sowie eine Plattform für fachlichen Austausch zu bieten. Nach diesen persönlichen Begegnungen sehnt

# sps

smart production solutions

### 31. Internationale Fachmesse der industriellen Automation

sich die gesamte Branche nun schon seit fast zwei Jahren. In Abstimmung mit dem Ausstellerbeirat der SPS haben wir uns daher für eine Durchführung der Veranstaltung unter 3G plus-Bedingungen entschieden“, erklärt Sylke Schulz-Metzner, Vice President SPS bei Mesago. Das bedeutet, der Zugang zum Messegelände wird ausschließlich Geimpften, Genesenen und PCR-Getesteten gestattet, wobei

der Test nicht älter als 48 Stunden sein darf. Im Gegenzug können Aussteller und Besucher auf das Tragen eines Mund- und Nasenschutzes verzichten. Die Pflicht, einen Mindestabstand zu anderen Personen einzuhalten entfällt ebenso wie sämtliche Personenobergrenzen. Auf dem Gelände der NürnbergMesse werden entsprechende Kontrollstellen vorgesehen, die die Einhaltung der 3G plus-Regeln sicherstellen. Sowohl auf der Messe in Nürnberg als auch die digitale Eventplattform „SPS on air“ wartet mit hochkarätigen Beiträgen auf. Interessierte können sich ab sofort für das diesjährige Automatisierungshighlight registrieren. Das

hybride Veranstaltungsticket ermöglicht dabei sowohl den Zutritt zur Präsenzmesse in Nürnberg als auch den Zugang zur begleitenden digitalen Plattform. Ergänzend ist auch ein rein digitales Ticket erhältlich, das Interessierten, die nicht persönlich in Nürnberg dabei sein können, ein Zugang zur SPS und den Innovationen in der Automatisierung ermöglicht.

## Kontakt

**Mesago Messe Frankfurt GmbH, Stuttgart**  
info@mesago.com  
<https://sps.mesago.com>



Visunet GXP mit integrierter Scanner und Wägezellenanbindung für die einfache Datenübertragung

# Scannen und Wiegen mit gleichzeitiger Datenübertragung

Effiziente Batchdatenerfassung durch optimierte HMIs



Natalie Walther,  
Pepperl+Fuchs

Auf Bedienstationen und ein genaues Erfassen der Rohstoffdaten kann vor allem in Batchprozessen nicht verzichtet werden. Die Komplettlösung eines HMIs mit direkten Schnittstellen für Peripheriegeräte wie Waagen erlaubt neben der einfachen Installation der Hardware auch eine einfache und schnelle Datenerfassung. Die Lösung von Pepperl+Fuchs lässt sich schnell und einfach in bestehenden oder geplanten Anlagen integrieren.

In allen batchorientierten Prozessen ist ein Erfassen der Rohstoffkomponenten essenziell. HMIs sind aus diesen Bereichen nicht wegzudenken. Genauso breit wie die herzustellenden Produkte sind auch die Anforderungen an das Equipment. Der Visunet GXP, eine etablierte modulare Bedienstation für den explosionsgefährdeten Bereich vor allem für Anwendungen

in der Zone 1/21 wurde im Jahre 2020 durch ein Facelift auf den aktuellen Stand der Technik gebracht.

Neben einem neuen Öffnungsmechanismus, welcher das HMI über ein Scherensystem einfach öffnen lässt und einer neuen Intel Prozessor Generation sind die Bedienstationen seither auch auf Basis des Betriebssys-

tems Windows 10 IoT Enterprise 2019 LTSC verfügbar. Des Weiteren verfügt der Visunet GXP neben einer neuen Schnittstelle für Glasfaseranbindung auch über eine Schnittstelle für Peripheriegeräte, mit der sich Wägezellen direkt anbinden lassen. Besonders bei Abfüllprozessen schafft dies einen besonderen Vorteil.



Maximale Installationsmöglichkeiten der modularen Bedienstationen, die mithilfe des SECs sogar noch erweitert werden können

### HMI in explosionsgefährdeten Bereichen

Die meisten Produktionsstätten, die Chemikalien in ihren Herstellungsprozessen verarbeiten oder bei denen durch die einzelnen Prozesse Stäube entstehen sind als Zone 1 oder Zone 21 Umgebungen klassifiziert. Typische Anwendungen sind hier die Rezepturmischung in Reinraumumgebung, Lagerchargenverarbeitung oder Materialhandling. Neben der eigentlichen Produktionsanlage sind HMIs im Einsatz. Sie überwachen die einzelnen Prozessschritte und dienen als Steuerungsinstrument.

Die besonderen Gegebenheiten in Ex-Zonen stellen an die eingesetzten Geräte und an das dazugehörige Equipment hohe Anforderungen. Alle in den explosionsgefährdeten Bereichen installierten Komponenten benötigen eine Zertifizierung für den Einsatz in der Zone 1/21. Bereits im Vorfeld auf ihre Kompatibilität getestete Peripheriegeräte erleichtern und beschleunigen eine Implementierung immens. Weiterhin besteht die Möglichkeit, die Geräte auf individuelle Anforderungen hin anzupassen. Für Anwender ist eine Komplettlösung in der Regel die einfachste und am schnellsten umsetzbare Lösung. Neben regulären HMI-Geräten sind Scanner vor allem in Abfüllprozessen unverzichtbar, um die Bestandteile der verschiedenen Rezepturen einfach und schnell zu erfassen. Auch diese benötigen eine Zulassung für die Inbetriebnahme von Anwendungen in Zone 1/21. Im optimalen Fall verfügt das eingesetzte HMI-Gerät über eine Schnittstelle, an das sie angeschlossen werden können, um die erfassten Daten direkt in das bestehende Überwachungssystem zu übertragen.

### Sicheres Wiegen und Dosieren

Des Weiteren ist das Wiegen eine der grundlegendsten und wichtigsten Prozessschritte in Abfüllprozessen. Genaues und konsistentes Abfüllen, Dosieren und Chargieren verringern die Variabilität des Endprodukts und gewährleisten eine gleichbleibend hohe Qualität. Dazu ist ein effizientes Erfassen und Übermitteln der Wiegedaten an das bestehende Anlagennetzwerk erforderlich. Auch hier wird die Anforderung nur mit speziell für die Zone 1/Div. 1 konzipierte Wägesystemen, die eigenständig ausgelegt sind, erfüllt und die Installation in explosionsgefährdeten Bereichen ermöglicht. Um zusätzlichen Verdrahtungs- und

Hardwareaufwand zu vermeiden, sollte in der Planung auch eine Kompatibilität mit dem eingesetzten HMI berücksichtigt werden.

Die für Zone 1/21 zertifizierte Visunet GXP Gerätereihe von Pepperl+Fuchs verfügt sowohl über eine Exi-Scanner-Anbindung mit einfacher Plug&Play-Installation als auch über eine zusätzlich konfigurierbare Exi-Schnittstelle für die direkte Anbindung von Wägezellen.

Des Weiteren umfasst das Portfolio kabelgebundene und Bluetooth-Scanner, die speziell für die Anbindung an die Bedienstationen des Automatisierungsspezialisten vorgesehen und validiert sind. Dies ermöglicht eine Komplettlösung aus einer Hand mit minimalen Verdrahtungs- und Installationsaufwand auch auf engstem Raum.

### GMP-gerechtes Design für eine einfache Reinigung

Je nach abzufüllendem Produkt existieren jedoch noch weitere Anforderungen, z.B. die Anforderungen an Good-Manufacturing-Practice-Richtlinien (GMP) oder eine hohe Montageflexibilität. Das kanten- und lückenlose sowie ohne waagerechte Flächen gestaltete Design des Visunet GXPs vermeidet die Anlagerung von Flüssigkeiten. Durch das durchgängige Edelstahlgehäuse ist er unempfindlich gegenüber aggressiven Reinigungsvorgängen. Neben einer antibakteriellen Folientastatur mit kapazitivem Touchpad ist das Gerät mit einem großen Full-HD-Multi-Touch-Panel ausgestattet. Da in den meisten Produktionsstandorten, vor allem Produktionen mit besonderen Hygienevorschriften eine Handschuhpflicht besteht, wurde das Multi-Touch-Display mit den verschiedensten Handschuhen getestet und bewertet. Eine Bedienung der Mitarbeiter mit herkömmlichen Schutzhandschuhen funktioniert problemlos.

### Nahezu grenzenlose Installationsflexibilität

Auch in puncto Montage ist das Bedienterminal GMP-konform und zeichnet sich außerdem durch seine hohe Installationsflexibilität aus. Sein kompaktes und flexibles Design erlaubt eine platzsparende Installation und Integration in bestehende Produktionsstätten. Neben dem bündigen Einbau des Panels in Maschinengehäuse (Flush-Mount) kann er sowohl auf einem Standfuß, mit einem Tragarm oder auch als Panel-Mount-Einbau

installiert werden. Dies verleiht Anwendern eine maximale Installationsflexibilität, die durch Unterstützung des Service Engineering Centers (SEC) von Pepperl+Fuchs noch erweitert werden kann. Sonderlösungen wie Duplex-Monitore oder spezielle individuelle Installationen können hier in Zusammenarbeit realisiert werden.

### Einfache Datenerfassung mit der passenden Hardware und Software

Nachdem die Voraussetzung für die Datenerfassung gewährleistet sind und auch die Montage an alle Gegebenheiten angepasst werden kann, gilt es noch die Software zu betrachten. Der Visunet GXP ist sowohl als PC- oder auch als gängiger Thin-Client (Remote Monitor) auf Basis von Windows 10 IoT konfigurierbar. Dabei unterscheidet sich lediglich das Modul "Computereinheit". Die PC-Konfiguration eignet sich perfekt für Standalone-Anwendungen oder den Anschluss an vorhandene Steuerungssysteme. Die Thin-Client-Technologie lässt sich hingegen einfach in standardisierte Netzwerktechnologien einbinden und greift auf erprobte Protokolle zurück. Nutzer profitieren hier neben den günstigeren Hardwarekosten auch von einer zentralen Verwaltung der Geräte. Alle Thin Clients des Herstellers sind mit einer eigens entwickelten Software RM Shell 5 ausgestattet, die eine intuitive Bedienung speziell für die Prozessautomation erlaubt. Anwendungsspezifische Apps können einfach auf den Geräten installiert und die erfassten Daten durch die angeschlossene Hardware wie Scanner oder Wägezellen direkt in den Programmen erfasst werden.

### Die Autorin

Natalie Walther,

Product Marketing Manager, Pepperl+Fuchs

Bilder © Pepperl+Fuchs

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

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202101112>

### Kontakt

Pepperl+Fuchs SE, Mannheim

Tel.: +49 621 776 2222

pa-info@de.pepperl-fuchs.com

www.pepperl-fuchs.com



Abb. 1: Antrieb mit integriertem Messeinsatz und örtlicher Anzeige

# Pneumatische Drehantriebe überwachen

**Armaturenantrieb mit integrierter Messeinrichtung beugt Anlagenausfall vor**

Pneumatischen Drehantriebe werden durch eine Neuentwicklung der Sensorik in der Lage sein, erweiterte Aufgaben zu erfüllen. Eine davon besteht darin, die Veränderungsprozesse an Armaturen und den Antrieben, wie Belag, Abtrag, Korrosion, Kavitation, Schwergang, gebrochene Wellen usw., zu messen. Den Veränderungsprozess kann die Direktmessung nicht aufhalten, jedoch die schädlichen Auswirkungen maßgeblich verhindern.

Die Funktion für pneumatische Antriebe ist „öffnen“, „schließen“ oder „regeln“ der Armatur. Nun integriert man im Antrieb eine Messkupplung (TMK), die mit ihrer extremen Flachbauweise den Antrieb zu einem Messantrieb umfunktioniert. Damit ist es erstmals möglich, gleich mit dem Antrieb eine Diagnose für Armaturen zu erstellen. Die direkte Messung im Antrieb übertrifft alle bisherigen Messverfahren.

An der vorhandenen örtlichen Anzeige, an der leicht zu erkennen ist, ob der Normalzustand oder eine entstandene Abweichung vorliegt, werden die Nm abgelesen oder über 4–20-mA-Signal in ein Auswertesystem übertragen. Mit dieser Direktmessung lassen sich, in einer sogenannten voreilenden Analyse, direkte Rückschlüsse auf den Funktionszustand der Armatur ablesen. Da hier durch die Digitalisierung mitdenkende Prozesse und Abläufe unterstützt werden, ist dies ganz im Sinne von Industrie 4.0.

In Abb.2 ist ein Beispiel der Messeigenschaften Kraftmessung der Basisurve und Betriebskurve im Vergleich bei einer Kugelarmatur zu sehen.

## Auswahl des Messverfahrens

Presskräfte, Reibungskräfte etc., alle diese Kräfte beeinflussen die Dichtigkeit und Zuverlässigkeit einer Armatur. Es sind die konstruktiven Gegebenheiten, die bei jeder Armatur vorhanden sind. Um nun die Zuverlässigkeit einer Armatur im laufenden Prozess zu prüfen, müssen die genannten Kräfte auf ihren Veränderungsprozess geprüft werden. Deshalb benutzt man ein Messverfahren, welches genau diese Kräfte direkt messen kann. Eine Druck-Laufzeit-Messung kann die Kräfte nicht direkt ermitteln, erst

dann, wenn es zu spät ist. Denn was sagt eine 0,25 s längere oder kürzere Laufzeit aus? Bei der TMK sieht man solche Veränderungen in den Kurven sofort, wo und wie sich was verändert hat.

## Messeinrichtung im Antrieb

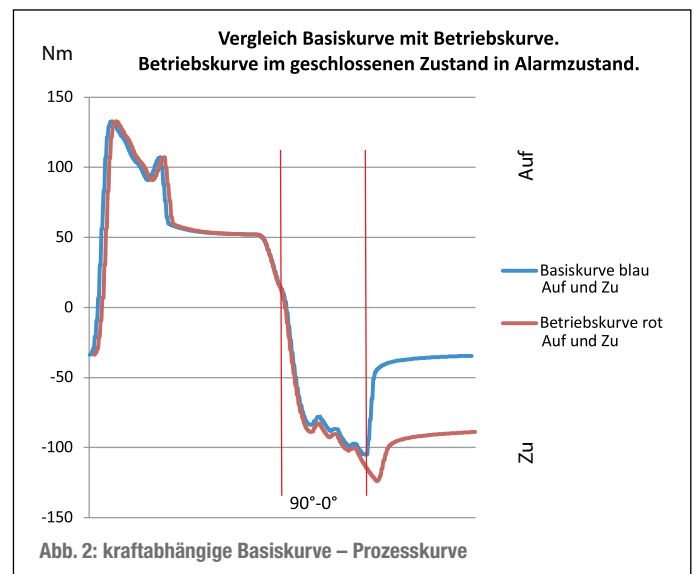


Abb. 2: kraftabhängige Basisurve – Prozesskurve



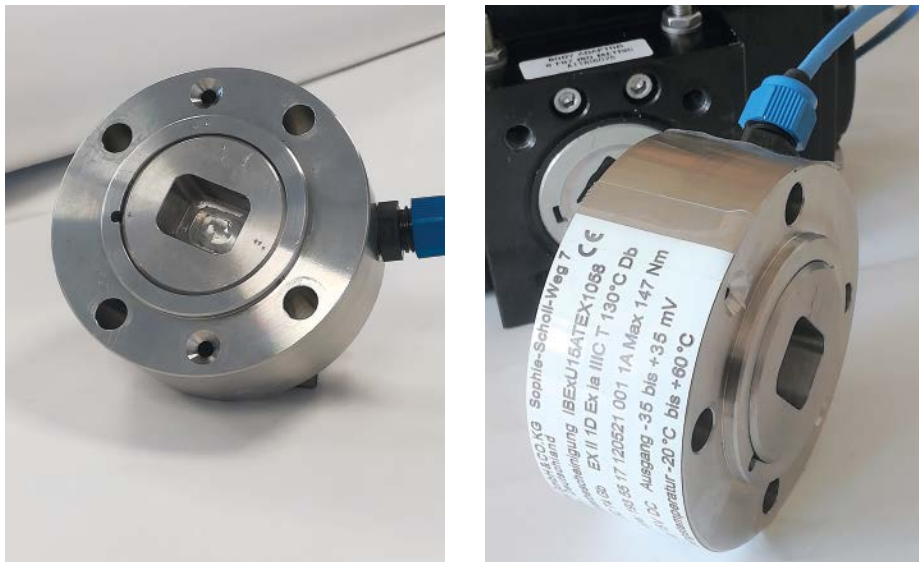


Abb. 3 und Abb. 4: Nachrüstsatz für alle Antriebsfabrikate

Die Messeinrichtung in ihrer einfachen und kompakten Bauweise sichert über den Neuzustand hinaus die Sicherheit, Funktionsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit der Armaturen. Armaturen werden nach den technischen Regeln und Spezifikationen in den Prozessen und Anlagen eingebaut, wodurch im Neuzustand höchste Sicherheit zum Betreiben des Prozesses gewährleistet ist.

Jedoch unterliegen die Armaturen und Antrieben einem Veränderungsprozess, der sich unterschiedlich auswirken kann.

Der Neuzustand ist spezifiziert, der Veränderungsprozess nicht. Der Veränderungsprozess beeinflusst maßgeblich auch die Reibungs- und Presskräfte in der Armatur. Deshalb ist es wichtig, diese zu erfassen und zu messen, weil sie die Funktionalität der Armatur erheblich beeinflussen.

Bei unkontrolliertem Veränderungsprozess entstehen unvorhergesehene Ausfälle, Schäden, Produktionsverluste und vieles mehr, die es zu vermeiden gilt. Dafür bietet sich jetzt der Messantrieb an, mit dem es möglich ist, Schäden und Sicherheitsrisiken in der Entstehung frühzeitig abzuwenden.

Veränderungsprozesse sollten bei wichtigen Armaturen stetig kontrolliert ablaufen, damit vorzeitig erkannt werden kann, ob Sicherheit und Zuverlässigkeit noch gewährleistet sind. Prozessbetreiber und Instandhaltung haben nun mit dem Messantrieb das richtige Werkzeug, um durch Früherkennung Ausfälle zu vermeiden und die Instandhaltung zu planen.

### Warum Kontrolle so wichtig ist

Als Eckpfeiler der Orientierung gilt eine solche Messeinrichtung, um den Störungen zuvorzukommen. Bei gewissen Prozessen und Verfahrenswegen schreibt dies der Gesetzgeber sogar vor. Die Messantriebe sind dafür die richtige Lösung. Gesetzliche Vorschriften können so viel besser umgesetzt werden.

Die Messeinrichtung ist für Antriebe so konzipiert, dass eine Nachrüstung für alle Antriebsfabrikate möglich ist.

### Schwerpunkte der Antriebsmessung

1. Die wirksame, abgegebene Antriebskraft des Antriebs wird ohne Reibung gemessen
2. Nur so ist es möglich eine Armatur kraftmäßig im Betriebszustand zu messen und eine Diagnose auf Zuverlässigkeit durchzuführen
3. Den Messantrieb als Prüfgerät für eingebaute Armaturen zu nutzen, die sich bereits im Betriebszustand befinden und Schwierigkeiten bereiten.
4. Als Prüfgerät in der Instandhaltung für Armaturen jeglicher Bauart zu nutzen.
5. Der Messantrieb mit der örtlichen Anzeige ist ein ideales Prüfgerät für Werkstatt und Anlage.
6. Prüfungen mit dem Messantrieb ergeben immer gleichmäßige, repräsentative Messergebnisse im Gegensatz zum Drehmomentschlüssel.

Örtliche Anzeige und eine Fernübertragung von 4–20 mA dienen zur Auswertung der Messergebnisse. Somit können Aufzeichnungen für Auswertung und Alarmierung genutzt werden. Für jeden Betreiber gibt es die richtige Lösung.

Prozessbedingte Beeinträchtigungen werden direkt erfasst ohne Querempfindlichkeiten oder störende Reibungswerte von Antrieben. Diese direkte Messung hat immer Vorteile gegenüber anderen Messverfahren, weil kraftabhängige Störungen hier direkt erfasst werden. Nur kraftabhängige Messungen erkennen unmittelbar, dass Veränderungen sich anbahnen. Der Messantrieb kann so auch auf eine Klappe oder an anderen Armaturen direkt angeschlossen werden.

Die Instandhaltung kann mit dem Messantrieb ihre Armaturen in der Werkstatt prüfen. So kann ermittelt werden, bei welchem nötigen Press- oder Reibungskräfte eine Armatur dicht ist. Mit der Armaturendiagnostik liegen auf Grund der Messungen Zahlen vor, die fundierte Aussagen für eine sicherheitstechnische und wirtschaftliche Beurteilung liefern.

### Der Autor

Franz Saal, Geschäftsführer, Wesa-Control

Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:  
<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202101113>

### Kontakt

WESA-Control GmbH & CO.KG, Stade  
 Tel.: +49 4141 600278  
 Info@wesa-control.de · www.wesa-control.de

Bilder © Wesa



© jpoppha - stock.adobe.com

# Verbindung ins Feld

Wahl des richtigen industriellen Ethernet-Protokolls



Vibhoosh Gupta,  
Emerson

In der industriellen Automatisierung setzt sich die Ethernet-Kommunikation immer mehr durch. Die Entscheidung, welches Industrieprotokoll für welche Architekturebene am besten geeignet ist, liegt jedoch immer noch beim Nutzer.

Eine der wichtigsten Voraussetzungen für eine erfolgreiche industrielle Automatisierung ist eine hohe Konnektivität von der niedrigsten bis zur höchsten Architekturebene. Die einfachsten Feldverbindungen sind fest verdrahtete E/A-Punkte. Diese wurden im Laufe der Jahre durch industrielle Feldbusse ergänzt bzw. nach und nach ersetzt. Für die Kommunikation zwischen den Geräten auf den höheren Architekturebenen sind andere Netzwerke und Protokolle besser geeignet.

Ein bedeutender Fortschritt, der in den letzten zehn Jahren erzielt werden konnte, ist die zunehmende Verwendung von Ethernet-Verbindungen für die industrielle Konnektivität. Doch auch wenn sich das Ethernet gegenüber vielen anderen Kommunikationsoptionen immer mehr durchsetzt, müssen Nutzer immer noch entscheiden, welche industriellen Ethernet-Protokolle in ihrem konkreten Anwendungsfall am besten geeignet sind.

Je nachdem, in welcher Anwendung und wo genau innerhalb des Automatisierungssystems

ein Protokoll zum Einsatz kommen soll, wird sich der Nutzer für das eine oder das andere Protokoll entscheiden. Einige industrielle Ethernet-Protokolle sind ziemlich ausgereift und eignen sich für alle Architekturebenen. Allerdings enthalten viele auch noch Technologien, die mittlerweile veraltet sind. Andere Protokolle wurden für bestimmte Anwendungen wie z.B. für Hochgeschwindigkeitsbewegungen optimiert. Auf den oberen Architekturebenen, d.h. der Netzwerkebene oberhalb der Betriebs- und der Steuerungsebene, gelten für die Auswahl des passenden Protokolls ganz andere Vorgaben als auf der Ebene der Feldgeräte und E/A-Punkte.

Auf der Produktionsebene interagieren viele verschiedene Systeme miteinander. Dies macht ein sicheres Netzwerkprotokoll mit zahlreichen kontextbezogenen Links erforderlich, da nur so sicherzustellen ist, dass aus den Rohdaten tatsächlich wertvolle Informationen gewonnen werden können. In diesem Artikel wird erörtert, warum das Netzwerkprotokoll OPC UA für

diese Aufgaben besonders geeignet ist. Das Protokoll wurde speziell für die umfassenden Aufgaben im Industriebereich ausgelegt.

## Aufbau eines Betriebsnetzwerks

Industrielle Automatisierungssysteme bestehen aus zahlreichen Geräten und Komponenten, die alle miteinander verbunden bzw. vernetzt sind. Feldgeräte wie Sensoren, Aktuatoren und intelligente Elemente sind dabei mit Steuerungseinheiten verbunden. Diese speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS) und programmierbaren Automationssteuerungen (PAC) überwachen und steuern die Feldgeräte, kommunizieren miteinander, sind mit Mensch-Maschine-Schnittstellen (HMIs) sowie SCADA-Systemen zur Überwachung und Steuerung verschiedener Prozesse vernetzt und unterstützen verschiedene Aufgaben wie die Archivierung, Auswertung und weitere Verarbeitung von Daten (Abb. 1).

In der Industrie verfügen Netzwerkhierarchien über viele verschiedene Merkmale.

Nicht immer können letztere dabei genau definiert werden, da es auf einigen Ebenen zu einer Virtualisierung der IT-Ressourcen oder zu einer Zusammenlegung verschiedener Netzwerke kommen kann. Hier ist ein kurzer Überblick über die wichtigsten Ebenen, die innerhalb eines Industrieunternehmens miteinander zu vernetzen sind:

- Ebene 4: Fabrik- und Produktionsplanung & Logistik
- Ebene 3: MES-System zur Produktionsüberwachung
- Ebene 2: HMI und SCADA zur übergeordneten Steuerung und Vernetzung
- Ebene 1: prozessnah positionierte SPS- und PAC-Systeme
- Ebene 0: Feldsensoren, Geräte und Netzwerke

Über fest verdrahtete E/A-Punkte, Feldbussysteme und industrielles Ethernet sind alle Steuerungseinheiten mit den Feldgeräten und anderen Komponenten auf den Ebenen 0 und 1 vernetzt. Alle Verbindungen erfolgen prozessnah und bestehen in der Regel nur aus kleinen Datenpaketen. Denn die Daten müssen schnell übertragen werden, da die Geräte auf Feldebene in Echtzeit gesteuert werden müssen.

Für die industrielle Kommunikation auf den verschiedenen Ebenen gelten unterschiedliche Anforderungen.

Die industriellen Netzwerke auf Ebene 1 und darüber werden manchmal zusammenfassend als Netzwerke auf Anlagenebene bezeichnet. Im Gegensatz zu den Netzwerken auf den unteren Architekturebenen sind die Steuerungsprozesse in den Netzwerken auf Anlagenebene weniger zeitkritisch.

Im Vergleich zu den eher dezidierten Netzwerken auf den unteren Architekturebenen verbinden Netzwerke auf Anlagenebene sehr unterschiedliche Systeme miteinander. Dadurch steht die moderne industrielle Kommunikation auf Anlagenebene vor ganz neuen Herausforderungen. Sie sollte sich durch folgende Merkmale auszeichnen:

- Sicher: Es werden integrierte Sicherheitsfunktionen bereitgestellt.
- Kontextbezogen und objektorientiert: Die übermittelten Daten werden definiert und organisiert.
- Plattformunabhängig: In verteilten Anwendungen wird eine nahtlose Kommunikation ermöglicht.

Wie bereits erwähnt, gehört dem Ethernet die Zukunft. Dies gilt sowohl für die Informationstechnologie auf Unternehmens- und Produktionsebene (IT) als auch für die Operativen Technologien auf der unteren Produktions- bzw. Anlagen und Maschinenebene (OT). Aus physikalischer Sicht kann die Datenübertragung

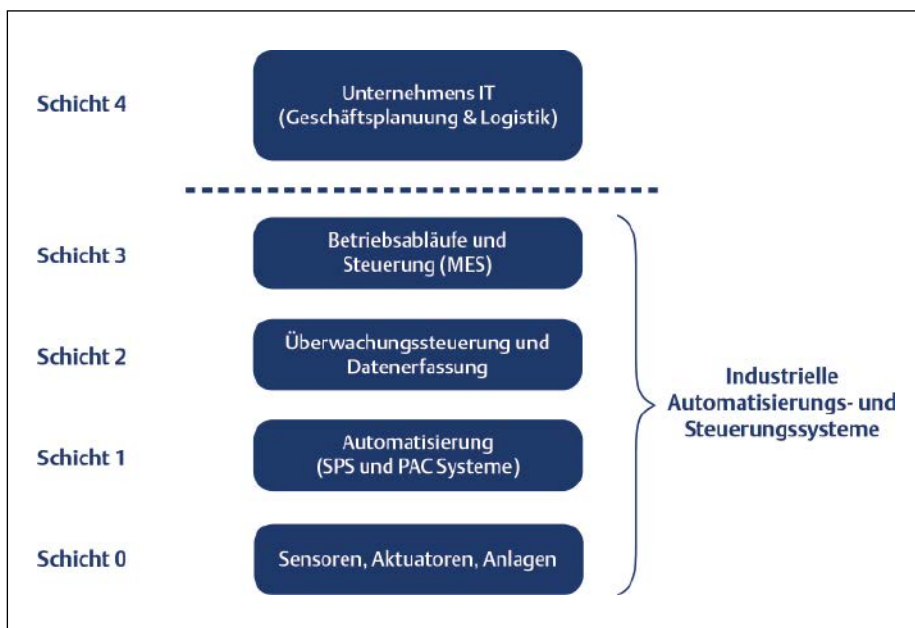


Abb. 1: Industrielle Automatisierungs- und Steuerungssysteme bestehen aus unterschiedlichen Ebenen, in denen zahlreiche Geräte zu einem Netzwerk verbunden sind.

im Ethernet über Kupferdrähte, Glasfaserkabel und sogar über drahtlose Technologien erfolgen. Je nachdem, ob das Ethernet in IT- oder OT-Umgebungen genutzt wird, kommen jedoch verschiedene Ethernet-Kommunikationsprotokolle zum Einsatz.

### Protokolle

Die Anpassung des für die höheren Unternehmensebenen entwickelten IT-Ethernets an die auf die Automatisierung von Maschinen und Anlagen ausgerichtete OT-Anwendungen ist nicht einfach. Wenn gute Protokolle wie Profinet, Ethernet/IP und andere zur Verfügung stehen, kann das Ethernet jedoch auch für OT-Netzwerke auf der Feldebene an Bedeutung interessant sein.

Bedingt durch das dahinterstehende OT-Konzept sind Netzwerkprotokolle, die auf der Feldebene zum Einsatz kommen, in der Regel anwendungsspezifisch. Durch diese Spezialisierung und Konzentrierung auf die Maschinen- und Anlagenebene sind sie für einen Einsatz auf höheren Architekturebenen weniger geeignet. Hier werden flexiblere und leistungsfähigere Protokolle benötigt, die eine Interaktion mit vielen verschiedenen Systemtypen ermöglichen. Daher kommen vermehrt offene Lösungen zum Einsatz, die über bestimmte, für internetfähige Geschäftsverbindungen erforderliche Sicherheitsvorkehrungen verfügen müssen.

Im Laufe der Jahre hat das Industriekonsortium OPC Foundation einige Standards erarbeitet und weiterentwickelt, die eine sichere und zuverlässige Interoperabilität verschiedener Betriebs- und Automatisierungssysteme sicherstellen sollen. Der neueste Standard, der

2008 erstmals veröffentlicht wurde, ist OPC Unified Architecture (OPC UA). Dieser steht für eine plattformunabhängige, serviceorientierte Kommunikationsstruktur (Abb. 2).

Auf der Ebene 1 und darüber wird durch das Kommunikationsprotokoll OPC UA genau festgelegt, welche Maßstäbe in Bezug auf die Sicherheit sowie die kontextbezogene und objektorientierte Erfassung und Verarbeitung von Daten gelten. Dadurch ist der Standard für die meisten industriellen Anwendungen interessant. Dank des umfassenden, modularen und skalierbaren Ansatzes von OPC UA können die Nutzer selbst ein „System von Systemen“ erstellen. Das heißt, sie können zahlreiche Subsysteme beliebiger Größe zu einem integrierten industriellen Gesamtautomatisierungssystem zusammenfügen, so dass alle Untereinheiten nahtlos miteinander interagieren können. Dabei werden sowohl Clients als auch Server als interagierende Partner definiert.

### Sicherheit

Mit dem Ausbau der Kommunikationsfähigkeit digitaler Systeme über Ethernet und Internet gehen auch gewisse Sicherheitsrisiken einher. Im Allgemeinen gelten für die Informationstechnik und deren Sicherheit die drei CIA-Schutzziele Vertraulichkeit, Integrität und Verfügbarkeit (Confidentiality, Integrity und Availability). Herkömmliche Feldbusnetzwerke und klassische industrielle Ethernet-Protokolle konzentrierten sich üblicherweise auf die beiden Schutzziele Verfügbarkeit und Integrität. Das Ziel der Vertraulichkeit wurde kaum oder gar nicht berücksichtigt. Man könnte also sagen, dass die drei oben genannten Schutzziele eine genau umgekehrte Priorisierung erfahren haben und folglich

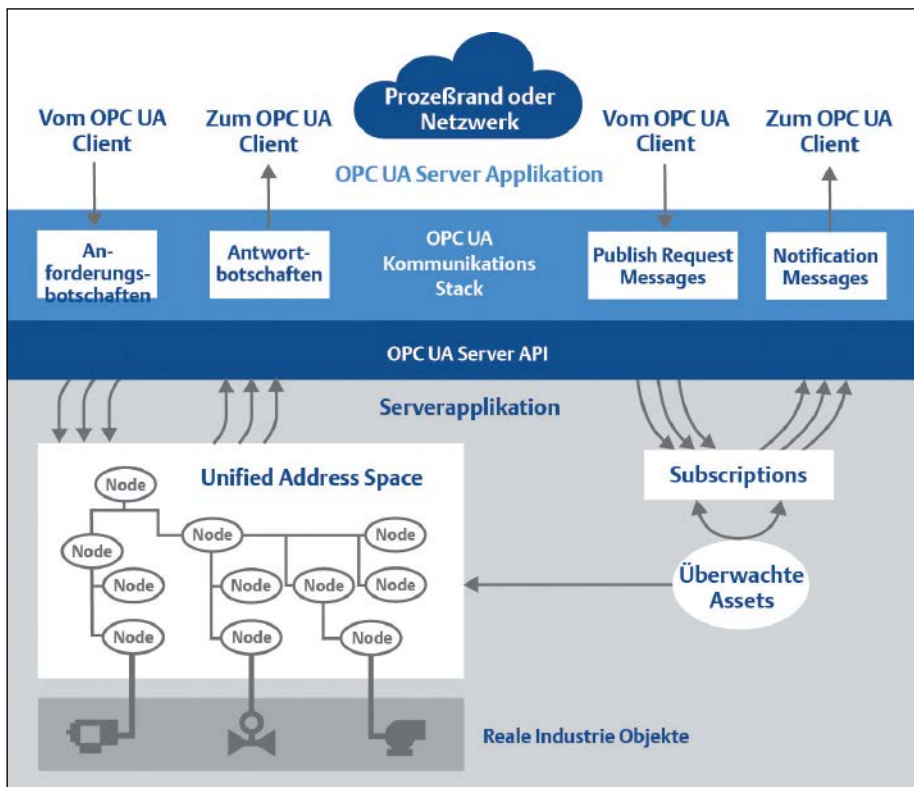


Abb. 2: Das industrielle Kommunikationsprotokoll OPC UA basiert auf einer plattformunabhängigen Architektur. Dies führt zu einer sicheren und kontextbezogenen Erfassung und Verarbeitung der Daten.

nicht mehr von der CIA-Triade, sondern vielmehr der AIC-Triade gesprochen werden muss. Übergeordnete Netzwerke erfordern jedoch einen ausgewogeneren Ansatz, bei dem alle Schutzziele gleichermaßen berücksichtigt werden.

Um die Sicherheit zu erhöhen, können einige Protokolle um Funktionen wie VPN's (Virtual Private Networks) oder TLS (Transport Layer Security) erweitert werden. Doch auch damit lassen sich nicht alle Risiken ausschließen. Wesentlich zielführender ist es, die Sicherheitselemente fest im Protokoll zu integrieren. In das Kommunikationsprotokoll OPC UA sind verschiedene Dienste integriert, durch die sich Sicherheitszertifikate verwalten und sichere Client/Server-Sitzungen auf Anwendungsebene aufbauen lassen. Als Beispiele seien hier nur VPN-Tunnel oder SSL-Verbindungen genannt.

Zudem bietet das Protokoll OPC UA native Sicherheitsmechanismen, damit auf der Client-Ebene verfügbare Server ermittelt, Zertifikate und Vertrauenslisten verwaltet und verteilt werden können und ein Austausch mit der Zertifizierungsstelle möglich ist. OPC UA ist somit ein modernes Ethernet-Protokoll, das für eine sichere industrielle Kommunikation auf allen Architekturebenen bestens geeignet ist.

**Kontextbezogene und objektorientierte Erfassung und Verarbeitung von Daten**

Klassische Industrieprotokolle konzentrierten sich vor allem auf die zuverlässige Übertragung von Rohdaten. Um die Rohdaten anschließend in nützliche Informationen umwandeln zu können, mussten alle eingehenden Datensignale erfasst und verarbeitet werden, bevor sie an die entsprechenden Schnittstellen weitergeleitet werden konnten. Unter anderem mussten die Daten also genau definiert und die erhaltenen Werte in technische Einheiten übertragen werden. Dies war ein sehr aufwendiges Verfahren, da das industrielle Kommunikationssystem sehr komplex ist. Nötig waren die genannten Operationen z.B. zwischen E/A-Signal und Controller, zwischen Controller, HMI und SCADA, zwischen SCADA und MES oder zwischen SCADA oder Controller und Archiv.

Eine bessere Methode ist die kontextbezogene Erfassung und -verarbeitung der Daten. Das Prinzip besteht darin, dass die Daten über eine inhärente Semantik verfügen. Dadurch können sie unabhängig voneinander sowohl von der SPS als auch von der HMI ausgewertet werden. Dies bedeutet wiederum, dass keine Informationen mehr verloren gehen können. Zudem stehen in diesem System allen Nutzern dieselben Ausgangsdaten zur Verfügung. Durch die umfassenden, im OPC UA vorgegebenen Analysefunktionen kann eine HMI-Konfiguration mühelos in eine SPS-Konfiguration umgewandelt werden. Dabei bleiben alle Skalierungen und Eigenschaften in jedem Standardformat erhalten. Das Protokoll OPC UA unterstützt auch die Bildung von Datenhierarchien. Geübte Anwender können also die Daten in komplexen Baumstrukturen anordnen, wie sie es von ihrem PC gewohnt sind.

Dank der kontextbezogenen Erfassung und -verarbeitung können alle Daten aus einem bestimmten Betriebsbereich oder mehreren Betriebsbereichen zentral auf einem OPC UA-Aggregationsserver abgelegt werden. Über verschiedene Funktionen wie die Visualisierung, die Analyse oder das Archiv stehen sie hier den verschiedenen

Clients zur Verfügung. Dazu müssen diese nur zum jeweiligen Knoten gehen, denn alle Zusatzdaten sind hier in einem strukturierten Format hinterlegt. Etwaige Datenvariablen und besondere Eigenschaften sind so klar definiert, dass sie leicht in Beziehung zu den anderen Daten gesetzt werden können. Dadurch wird die Automatisierungshierarchie flacher und allen Entscheidungsträgern stehen unmittelbar sämtliche Daten zur Verfügung.

Die Objektorientierte Programmierung umfasst Methoden, mit deren Hilfe Informationsmodelle erstellt und vermittelt werden können. So könnten beispielsweise die in einer Pumpe herrschenden Ein- und Auslasstemperaturen sowie der dort gemessene Druck in einem solchen Modell dargestellt werden.

Durch die Anwendung von objektorientierten Techniken lassen sich viele Abläufe effizienter und einheitlicher gestalten, da Konstrukteure verschiedene Modelle erstellen, wiederverwenden und miteinander kombinieren können.

Dank der objektorientierten Programmierung können Best-Practice-Konfigurationen entwickelt und wiederverwendet werden. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass alle Objekte auch auf andere verweisen oder aus anderen zusammengesetzt werden können. Somit trägt die objektorientierte Programmierung dazu bei, viele Vorgänge effizienter zu gestalten und zu vereinheitlichen.

Doch ein OPC UA-Server ist viel mehr als eine einfache Datenbank. Darüber hinaus definiert er einige Dienste, die in sogenannten Service Sets organisiert werden. Dazu zählen das Discovery Service Set zum Auffinden OPC UA-fähiger Teilnehmer und Eigenschaften, das Subscription Service Set zur Erzeugung, Veränderung und Löschung von Mitteilungen, das Query Service Set zum Auswählen bestimmter Filterkriterien und das NodeManagement Service Set zum Hinzufügen, Ändern und Löschen von Knoten.

Auf diese Weise können Nutzer Objektmodelle erstellen, die von jeder Client-Anwendung problemlos genutzt werden können.

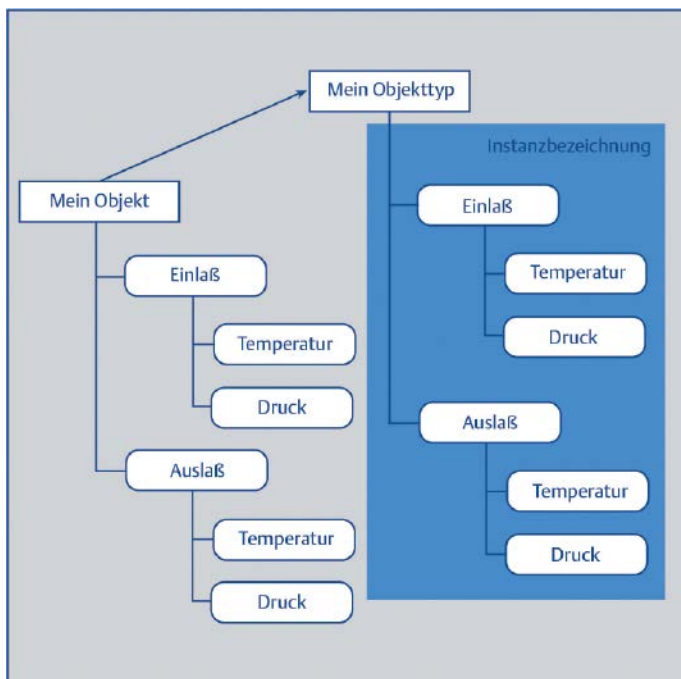


Abb. 3: Beispiel für ein mit Hilfe der objektorientierten Programmierung erstelltes Modell

### Plattformunabhängigkeit

Das frühere Konzept Classic OPC unterlag bestimmten Beschränkungen. So unterstützte es nur die Microsoft-Technologie. Der neue Standard OPC UA wurde auch deshalb geschaffen, um diese Abhängigkeiten zu überwinden, den gestiegenen Sicherheitsanforderungen gerecht zu werden, eine Kommunikation über Firewalls hinweg zu ermöglichen und komplexe Datenstrukturen zu unterstützen.

Dadurch können verteilte Anwendungen, die auf verschiedenen Plattformen laufen, nahtlos mit Systemen auf Ebene 2 kommunizieren. Als Beispiele seien hier die Echtzeitbetriebssysteme VxWorks oder QNX genannt, die auf Ebene 1 häufig zur deterministischen Leistung der Hochgeschwindigkeits-SPS/PACs beitragen.

### TSN als nächster Schritt

Time sensitive Networking (TSN) ist eine Entwicklung, die das Standard-Ethernet im Bereich Quality of Service (QoS) ergänzt, also eine Priorisierung des Datenverkehrs fördert. So soll es möglich sein, bestimmte Datenbandbreiten für Datenverkehr mit hoher Priorität zu reservieren und den Datentransfer zu synchronisieren. TSN zielt also darauf ab, den Determinismus und die Sicherheit von Ethernet-basierten Netzwerken zu verbessern und genügend Bandbreite zu reservieren, um der steigenden Datenverfügbarkeit in anspruchsvollen industriellen Anwendungen gerecht zu werden. Zudem sollen verschiedene Standard- und Echtzeitprotokolle in einem einzigen Netzwerk zusammengeführt werden. Die Kombination von OPC UA und TSN trägt ohne Zweifel zu einer Weiterentwicklung der industriellen Automatisierung bei, da ein Unternehmen so in den Genuss der Vorteile beider Systeme kommt: die kontextbezogene Erfassung und Verarbeitung von Daten, eine verbesserte Sicherheit und eine garantierte Bandbreite.

### OPC UA als Standard für die Industrie

Obwohl das physikalische Ethernet heute weit verbreitet ist, haben Systementwickler und Konstrukteure in der industriellen Automatisierung immer noch die Qual der Wahl, wenn es darum geht, sich für ein bestimmtes Kommunikationsprotokoll zu entscheiden. Welches Protokoll in Frage kommt, hängt auch davon ab, welches physikalische Netzwerk

bereits besteht und ob das Protokoll mit den vorhandenen Geräten in der Produktion kompatibel ist. In jedem Fall muss durch die Architektur sichergestellt sein, dass die Kommunikation über die Netzwerke auf Anlagenebene sicher, kontextbezogen und objektorientiert ist.

Und genau dies wird durch das Protokoll OPC UA gewährleistet. Das Sicherheitskonzept des Protokolls folgt bewährten, für die IT-Branche geltenden Vorgaben. Die kontextbasierte Erfassung und Verarbeitung von Daten garantiert die Übertragung der OT-Rohdaten sowie weiterer Zusatzinformationen zu verschiedenen übergeordneten IT/OT-Systemen. Durch die Objektorientierung sind die gewünschte Einheitlichkeit und Effizienz sowie die Kompatibilität mit den neuesten Programmiersprachen gegeben. Alle diese Vorteile machen das OPC UA in der industriellen Automatisierung zum Kommunikationsprotokoll der Wahl.

### Der Autor

**Vibhoosh Gupta**, Leiter Geschäftsbereich  
Maschinenautomationslösungen, Emerson

Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:  
<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202101114>

### Kontakt

**Emerson, Augsburg**  
Vibhoosh Gupta  
Tel.: +49 821 50 340  
mas.infoEurope@emerson.com  
www.emerson.com/PACSystems

Bilder © Emerson



## Einfach digital

- Individuell anpassbares Gerätemenü für eine benutzerfreundliche Integration in unterschiedlichste Applikationen
- SPS-Funktion mit Programmierung über ST-Code inklusive Echtzeituhr und direktem Zugriff auf Bedienung und Display
- Planungssicherheit durch skalierbare Hardware mit Plug and Play
- Kommunikation via USB, Bluetooth, PROFINET, Ethernet und RS-485 (Modbus-Master/Slave TCP/RTU)
- Kalibrierung der Analogeingänge nach CQI-9 und AMS2750



**More than sensors + automation**

### Modularer Ein-/Zweikanalregler mit SPS-Funktion

## JUMO meroTRON

**Willkommen bei JUMO.** [www.jumo.net](http://www.jumo.net)



# Systemlösungen sind der Schlüssel

**Modulares Assistenzkonzept mit fahrerlosen Transportfahrzeugen in der Logistik**



**Nicola Magrone,**  
SEW-Eurodrive



**Udo Marmann,**  
SEW-Eurodrive

Am Beispiel des Einsatzes von fahrerlosen Transportsystemen in einem Sortier- und Kommissionierzentrum für Gasflaschen zeigt der Antriebs- und Automatisierungsanbieter SEW-Eurodrive, wie das modulare Assistenzkonzept Maxolution System Solutions Prozesse optimieren und Menschen unterstützen kann.

In einem Sortier- und Kommissionierzentrum haben Experten von SEW-Eurodrive den 700 m langen Transport von Gasflaschen im Zwei-Schicht-Betrieb realisiert. Fünf mobile Assistenzsysteme dienen hierbei als Verbindung zwischen Inbound, Outbound und den Sortierrobotern. Hierbei erfolgt die Navigation optisch und induktiv über das Movitrans-System, das auch die kontaktlose Energieversorgung übernimmt. Die Assistenzsysteme sind mit einer Hubeinheit ausgestattet, um unterschiedliche Höhen bei Über- und Weitergabe der Gasflaschen auszugleichen.

Das ist nur ein Beispiel, wie fahrerlose Transportsysteme zur Optimierung von Prozessen beitragen können. Egal, ob Fabrikplaner und Prozessoptimierer bereits genau wissen, wie sich die Intralogistik ihrer Fabrik verändern soll oder ob jemand die ersten Schritte in diese Richtung gehen will, bietet das Unternehmen SEW-Eurodrive mit einem modularen System geeignete Lösungen an.

## 10 Jahre Industrie 4.0

Alles wird digital, alles wird smart, alles wird vernetzt in der Fabrik der Zukunft. Die Produktion wird extrem flexibel und lässt sich an verschiedene Herausforderungen anpassen, einschließlich einer großen Produktvielfalt und Flexibilität. Dieser Prozess wird unterstützt durch umfassende Digitalisierung, heute allgemein als Industrie 4.0 bezeichnet. Dieser Begriff kam erstmals zur Hannover Messe 2011 in die Öffentlichkeit. In den vergangenen zehn Jahren nahm diese Entwicklung deutliche Konturen an: Die Automatisierung verlagert sich in Richtung der intelligenten und vernetzten Smart Factory.

Aber wo fängt man an? Um diese Frage zu beantworten und Prozesse entsprechend umzusetzen, schuf SEW-Eurodrive das Geschäftsfeld Maxolution System Solutions. Hier bündelt das Bruchsaler Unternehmen Technologien und Know-how, um ganzheitliche Systemlösungen anbieten zu können.

Wer heute noch nicht genau weiß, wie er die Abläufe in seinen Prozessen modularisieren und flexibilisieren kann, braucht zunächst ein Konzept. Hierbei stehen Experten des Antriebs- und Automatisierungsspezialisten aus Bruchsal mit Rat und Tat zur Seite und unterstützt bei der Entwicklung eines eigenen Bildes, welche Möglichkeiten für die modulare Fabrik der Zukunft denkbar sind.

## Vom Konzept zur Detailplanung

Kommt ein Unternehmen zu dem Schluss, dass es diesen Weg weitergehen will oder hat es bereits konkrete Vorstellung von seiner modularen Produktion, wird aus dem Konzept eine Detailplanung. Sowie diese Planung steht, ist die neue Fertigung schon in einer virtuellen Umgebung erlebbar. Virtual Reality (VR) ermöglicht es, die Fabrik zu begehen und Arbeitsschritte zu testen, bevor auch nur eine Schraube verbaut wurde. Mit Hilfe der VR kann der Anwender sein spezifisches Fahrzeug,



Mobile Systeme aus dem Maxolution-Lösungsportfolio von SEW-Eurodrive ermöglichen innovative Lösungen in Produktion und Logistik für alle Branchen – weltweit.

Lastaufnahmemittel oder die gesamte Anlage virtuell abnehmen, bevor das erste Fahrzeug aufgebaut wurde.

**Assistenten unterstützen den Menschen**

In der Umsetzungsphase entstehen im Geschäftsfeld Maxolution System Solutions die mobilen Assistenzsysteme, die in der neuen oder bereits bestehenden Produktion zum Einsatz kommen sollen. Diese Fahrzeugmodule produziert das Unternehmen in den Werken Bruchsal und Graben-Neudorf. Sie werden sowohl als Standard wie auch kundenspezifisch montiert. Die Spanne reicht dabei von intelligenten, kleinen und mobilen Logistikassistenten über interaktive, mobile Montageassistenten bis zu kräftigen, vernetzten Transportfahrzeugen. Fahrerlose Transportsysteme (FTS) in einer Fertigungs- oder Logistikeinrichtung bestehen aus einem bis vielen Fahrerlosen Transportfahrzeugen (FTF). Allerdings werden diese Bezeichnungen am Markt unscharf formuliert. Das Unternehmen baut mobile Assistenzsysteme als Nachfolger der klassischen FTF. Diese Fahrzeuge sollen den Menschen

bei allen Prozessen optimal unterstützen. Der Mensch agiert wertschöpfend, und die Logistik wird durch Assistenten übernommen.

**Vielfalt aus dem Baukasten**

Mobile Assistenzsysteme lassen sich vielfältig und universell einsetzen. Eine Besonderheit der SEW-Assistenzsysteme ist, dass sie auf einem modularen Baukastensystem basieren. Dadurch lassen sie sich flexibel nach den Belangen der Applikation bzw. speziellen Anforderungen gestalten. Man kann sie auch leicht an bestehende Strukturen und an vorhandene Schnittstellen anpassen.

Für die Flottensteuerung entwickelten die Experten eine eigene Software, den Fleet Manager. Er übernimmt die Kommunikation zum übergeordneten Warenmanagementsystem und steuert die einzelnen Assistenten gemäß ihrer Transportaufträge, verwaltet Kreuzungen und Vorfahrtsregeln.

Damit sich die mobilen Assistenten im Raum orientieren können, sind sie mit einem Ortungs- und Navigationssystem ausgestattet. Je nach Kundenanforderung kommen dafür

unterschiedliche Technologien zum Einsatz. Die Assistenten können über die Linienleiter der kontaktlosen Energieübertragung Movitrans induktiv geführt werden. Oder sie ermitteln über eine Laser-Konturnavigation ihr Umfeld und steuern die nächste Station an. Alternativ lassen sie sich auch über RFID oder einen Gyrosensor navigieren.

**Energieversorgung flexibel und weitläufig**

Die mobilen Assistenten werden kontaktlos über einen Luftspalt durch das Energieversorgungssystem gespeist. Die Energieübertragung erfolgt entweder über einen fest verlegten Leiter oder stationär an einem Haltepunkt über einer Feldplatte. Der Anbieter ermöglicht dem Anwender mit diesen beiden Varianten Movitrans line und spot eine weitgehende Gestaltungsfreiheit in der Routenführung.

Mit Movitrans spot sind die Fahrzeuge unabhängig von festen Strecken und können sich zweidimensional frei im Raum bewegen. Für das induktive Aufladen ihrer Energiespeicher wird nur ein stationärer Haltepunkt über einer Ladeplatte benötigt. Dank dieser verschleißfreien und wartungsarmen Form der Energieübertragung bietet das System eine besonders hohe Bodenfreiheit und Flexibilität. Es lässt sich branchenübergreifend für autonome mobile

◀ Mobile Logistikassistenten erfüllen autonom logistische Aufgaben in Kombination mit weiteren Fahrzeugen und Prozessmodulen. Diese Assistenten können bis 1,6 m/s fahren und navigieren autonom durch die Fabrik. Sie bringen Material oder Fertigteile zum nächsten Arbeitsschritt und transportieren dabei Lasten von 200 bis 1.500 kg.





Mithilfe der induktiven Energieversorgung können mobile Systeme kontaktlos mit Energie versorgt werden während sie das Magnetfeld der Linienleiter zur Navigation nutzen.

Systeme, People Mover oder Querverschiebewagen einsetzen.

Movitrans line ermöglicht die Energieübertragung auch über große Förderstrecken – kontaktlos, leise und verschleißfrei. Hier fährt quasi die Steckdose mit. Der Luftspalt zwischen Linienleiter und Übertragerkopf liegt nominell bei 20 mm. Dank dieser Berührungsfreiheit lassen sich hohe Geschwindigkeiten über 10 m/s realisieren. Auch wenn der Übertragerkopf nicht mit konstantem Abstand über dem Linienleiter geführt wird, ist eine hohe Übertragungsleistung möglich. Die elektromagnetische Kopplung erfolgt völlig verschleißfrei und wartungsarm. Das System eignet sich sehr gut für den flexiblen Materialtransport in zahlreichen Branchen. Es ist prädestiniert für Elektrohängebahnen, Heber, Regalbediengeräte, Bodentransportsysteme, Shuttles, Schubplattformen mit Hubtisch oder Transportsysteme in Logistikzentren.

## Energiespeicherung für künftige Anforderungen

Maßgeblich für den effizienten Betrieb des mobilen Assistenzsystems ist die Wahl des richtigen Energiespeichers. Sie hängt von der Applikation und den Rahmenbedingungen des mobilen Assistenzsystems ab und wird durch eine gründliche, vorausgehende Systemplanung ermittelt. Bei den mobilen Assistenzsystemen kommen unterschiedliche Speichertechnologien zum Einsatz. Sie bedienen ein breites Applikationsspektrum von leistungsstarken, schnellladefähigen Kondensatorspeichern („Supercaps“) über Hybridkonzepte mit Nickel-Metallhydrid-Speichern bis zu typischen

Traktionsbatterien auf Lithiumbasis mit hohem Energieinhalt. Die Speicherauswahl erfüllt auch künftige Anforderungen bezüglich der Zwischenlade- und Schnellladefähigkeit. In Kombination mit der stationären Energieinfrastruktur wird so die maximale Verfügbarkeit der Anlage erreicht. Planmäßige Stillstandszeiten werden effektiv zum Laden genutzt.

## Antriebs- und Automatisierungskomponenten

Für die Bewegung und Lastaufnahme der Assistenten kommen Komponenten aus dem Antriebsbaukasten des Bruchsaler Herstellers zum Einsatz. Die eingesetzte Produktspanne reicht von kleinen Kegelradgetriebemotoren über Antriebsumrichter Movi-C bis zu Servoantrieben. Für die Autonomie, Kommunikation und Steuerung der Antriebstechnik sowie die Auswertung der Ortsungsdaten sorgt in den mobilen Assistenten ein Movi-C Controller. Er ist für die unterschiedlichen Fahr- und Bewegungsabläufe zuständig sowie für die Bewegung des jeweiligen Lastaufnahmemittels auf dem Assistenten.

## Umfassende Sicherheitsvorkehrungen

Um die Sicherheit der Menschen, der Assistenten, der Fabrikanlagen und Maschinen sicherzustellen, sind alle mobilen Assistenzsysteme mit integrierten Sicherheitstechnologien ausgestattet. Sie reichen vom Sicherheits-Scanner bis zur zentralen Sicherheitssteuerung Movisafe HM31. Jedes Fahrzeug ist eigensicher und reduziert sicher die Geschwindigkeit, um drohende Kollisionen zu vermeiden. Dank der sicheren Lenkrolle mit Bremsen ist jederzeit eine

## Konzeptionelle Schritte für die Planung einer automatisierten Logistik

- Wie kann die Logistik optimiert und mögliche Verschwendung minimiert werden?
- Wie und wo findet eine Mensch-Maschine-Interaktion oder Kollaboration statt?
- Welche Technologien kommen dabei zum Einsatz, z.B. mobile Assistenzsysteme?
- Kann man ein standardisiertes Fahrzeug nehmen oder wird eine kundenspezifische Lösung aus dem modularen Baukasten benötigt?
- Welche Energieversorgung kommt zum Einsatz?
- Welche Navigationsverfahren und Kommunikationstechnologien werden verwendet?
- Wie wird das Lastaufnahmemittel gestaltet?

Notfallbremsung möglich, sollte ein Hindernis unerwartet auf der Fahrbahn auftauchen.

## Kommunikation über mehrere Wege

Die Kommunikation der Assistenzsysteme untereinander und mit der Umgebung kann auf unterschiedliche Weise stattfinden – über ein konfigurierbares WLAN-Modul, über sichtbares Licht, mithilfe integrierter Kamerasysteme oder einer Audio-Einheit. Eine andere Möglichkeit bildet ein austauschbares HMI-Modul zur Vor-Ort-Bedienung am Fahrzeug. Es hat eine variable Rechenleistung und ermöglicht die sofortige Statusübersicht mithilfe von Piktogrammen. Ferner gibt es Untersuchungen und bereits realisierte Anwendungen zum Einsatz von 5G zur Kommunikation der Fahrzeuge.

## Die Autoren

**Nicola Magrone,**

Vertrieb Mobile Systemlösungen, SEW-Eurodrive

**Udo Marmann,**

Marktmanager, SEW-Eurodrive

Bilder © SEW-Eurodrive

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

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202101115>

## Kontakt

**SEW-Eurodrive GmbH & Co KG, Bruchsal**

Tel.: +49 7251 75 0

[sew@sew-eurodrive.de](mailto:sew@sew-eurodrive.de) · [www.sew-eurodrive.de](http://www.sew-eurodrive.de)



# Ex-geschützt und smart

## Herstellerunabhängiger Pumpen-Retrofit mit cloud-basierter Überwachungslösung

KSB bietet intelligente Überwachungslösung für Pumpen und rotierendes Equipment in explosionsgeschützten Bereichen an. Die Lösung ist auch für Bestandspumpen geeignet.

In den vergangenen zwei Jahren entwickelte KSB vielfältige Lösungen, um Pumpen fit für das Digitalzeitalter zu machen. Dazu gehörte auch das Produkt-Portfolio rund um die Überwachungslösung KSB Guard. Nun erweitert der Anbieter die Lösung um eine neue Hardwareversion für explosionsgeschützte Bereiche in der ATEX-Zone 1 mit Gasatmosphäre.

### Einfaches Retrofit

Die smarte Überwachungslösung ist auch für den Einsatz bei Bestandspumpen geeignet und damit für einen Retrofit – und das herstellerunabhängig. Dafür zeichnet eine Sensoreinheit mit einem Schwingungs- und einem Temperatursensor Daten am Lagerträger bzw. an der Antriebslaterne der Pumpe oder an anderem rotierendem Equipment auf. Die Messdaten

werden von der Sende- und Batterieeinheit per Funk zu einem Gateway geschickt, das die Daten dann wiederum über Mobilfunk verschlüsselt in die KSB-Cloud überträgt. Dort werden die Daten ausgewertet und verarbeitet. Der Anwender kann die Information dann in der passenden App und dem Web-Portal einsehen.

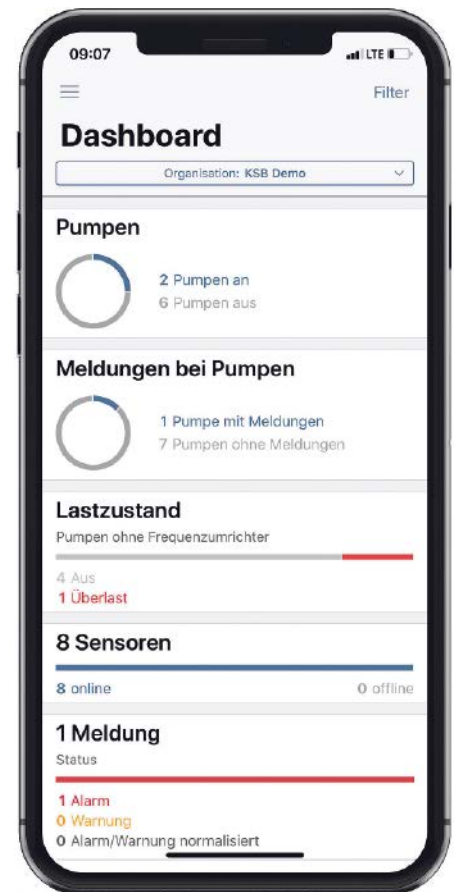
Nun kann die Überwachungslösung auch an Pumpen und anderem rotierendem Equipment in ex-geschützten Bereichen montiert werden. So ist das KSB Guard ATEX Gateway in druckfester Kapselung ausgeführt. Die externen Antennen lassen sich einfach direkt aufschrauben. Die Sensoreinheit sowie Sende- und Batterieeinheit sind eigensicher (Ex-i). Beide Lösungen eignen sich auch für die Außenmontage. Dafür sorgen robuste Lithium-Thionylchlorid-Batterien mit einer Lebensdauer zwischen 5 und 8 Jahren – bei einem 60-minütigem Messintervall.



KSB Guard ist nun auch als ATEX-Variante erhältlich.

### Von reaktiver zu aktiver Instandhaltung

Der Anwender profitiert bei der KSB Guard Lösung von einer höheren Betriebssicherheit und Transparenz, indem er sofort benachrichtigt wird, wenn z.B. Grenzwerte überschritten werden. So lassen sich dank der Trendanalysen sich anbahnende Schäden bereits im Voraus erkennen und beheben. Zudem können die gemessenen Daten jederzeit und überall über das Web-Portal oder die App abgerufen werden, sodass Instandhaltungseinsätze besser geplant werden können. Damit ist ein Übergang



Das Dashboard in der KSB Guard App zeigt auf einen Blick viele Informationen zu den Pumpen.

von reaktiver zu aktiver Instandhaltung möglich. Gleichzeitig liefert die Lösung bspw. auch Hinweise auf Energie-Einsparpotenziale.

Damit ist das System ein Wegbereiter in die „Industrie-4.0-Welt“, bei dem innovative Technologien wie künstliche Intelligenz und Machine-Learning zum Einsatz kommen. Ein „Data Science“-Team arbeitet daran, die in der KSB-Cloud verwendeten Algorithmen ständig weiter zu optimieren und damit auch die Datenauswertung für die Nutzer immer besser zu machen.

Bilder © KSB

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

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202101116>

### Kontakt

KSB SE & Co. KGaA, Frankenthal

Tel.: +49 6233 86 0

info@ksb.com · www.ksb.com

# Ortsunabhängig, effektiv und sicher

Smarter Fernzugriff auf Pumpen per App



Michael Birmelin,  
Prominent

Die nächste Generation der Dulconnex Blue App für Android und iOS von Prominent verwandelt ein Smartphone oder Tablet in ein zentrales Steuerungselement. Sie ermöglicht, Pumpen und Systeme ortsunabhängig und sicher zu steuern. Eine zuverlässige Verbindung erfolgt via Bluetooth-Schnittstelle mit dem Mobilgerät.

Mit der mobilen App kann auf alle Daten der verbundenen Geräte zugegriffen werden. Es besteht aber nicht nur die Möglichkeit, die aktuelle Leistungsdaten der Anlage anzuzeigen. Vielmehr lassen sich jederzeit, aus sicherer Distanz und ohne Tragen von Schutzausrüstung, alle relevanten Einstellungen per Remote-Zugriff ändern. So können bspw. die Förderleistung und die Dosiermenge entsprechend angepasst werden. Werden vorgegebene Grenzwerte über- oder unterschritten, so werden Alarmmeldungen via App angezeigt. Ebenso erfolgen Meldungen, sobald Störungen oder Fehler auftreten. Das ist besonders bei schwer zugänglichen Pumpen von Vorteil.

### Smarte Installation – auch nachrüstbar

Die App lässt sich leicht über einen Installationsassistenten mit den Bluetooth-fähigen Geräte verbinden. Sobald die Verbindung vorliegt, ist ein direkter Zugriff auf die Pumpenkonfiguration möglich. Bereits im Einsatz

befindliche Systeme lassen sich mit einem Bluetooth-Modul nachrüsten und in das Gerätnetzwerk integrieren. Zur besseren Übersicht lassen sich die einzelnen Geräte und Anlagen individuell benennen und in Kategorien, z.B. nach Produktionshalle oder Standort, zusammenfassen.

### Einfache Konfiguration und rechtssichere Inbetriebnahme

Konfiguration und Einstellungen einer Pumpe oder Anlage können einfach und schnell gespeichert werden. Mittels einer Versionshistorie lässt sich das Gerät auch später jederzeit wieder auf frühere Konfigurationen zurücksetzen. Zudem ist es möglich, die Konfiguration einer Pumpe auf andere Pumpen zu übertragen. Das erspart nicht nur wertvolle Zeit bei der Einrichtung mehrerer Pumpen. Vielmehr erhöht es auch die Sicherheit, da keine Einstellung übersehen wird. Dank des integrierten Commissioning Reports lässt sich die erfolgreiche

Konfiguration und Inbetriebnahme einer Anlage rechtssicher nachweisen.

### Alle Pumpendaten jederzeit mobil zur Hand

Dank integrierten, intuitiven Dashboards der App ist es möglich, die Betriebsdaten aller verbundenen Pumpen jederzeit zur Hand haben. Die Dosierleistung, der Füllstand sowie der Systemdruck können jederzeit und ortsunabhängig in Echtzeit abgerufen werden. Bei Bedarf lassen sich Änderungen vornehmen. Das bedeutet einen direkten Zugriff auf regulatorisch wichtige Angaben, wie die aktuelle Fördermenge oder die Anzahl der Hübe. Gleichzeitig werden durch die Aufzeichnung aller Daten die notwendigen Dokumentationspflichten erleichtert.

### Rechtzeitige Fehler- und Alarmmeldung

Sobald Fehler oder Abweichungen der eingestellten Grenzwerte auftreten, erfolgt eine direkte Alarm- oder Fehlermeldung auf dem vernetzten Mobilgerät. Im Notfall können

◀ Die einfach zu bedienende Benutzeroberfläche der App gibt einen schnellen Überblick über Livedaten der Geräte, erlaubt Änderungen an der Konfiguration direkt per Remote-Zugriff vorzunehmen und alarmiert bei auftretenden Fehler- und Warnmeldungen.

Anwender den kompetenten Service von Prominent schnell kontaktieren. Das Gerät erstellt automatisch ein Log-Buch mit allen auftretenden Fehlern, Warnungen und Ereignissen, auf die in der App direkt zugegriffen werden kann. Auf Knopfdruck lassen sich zudem ausführliche Fehlerprotokolle erzeugen. Mit ihnen können Servicetechniker Fehlfunktionen einfach und schnell lokalisieren.

Auf diese Weise ist eine schnelle Hilfe im Ernstfall garantiert. Lange Ausfallzeiten werden vermieden.

Zusätzlich unterstützt die App die Wartung und Instandhaltung der Geräte. Die Geräte sind immer up-to-date, da die App über neu verfügbare Firmware-Updates informiert. Zukünftige Funktionserweiterungen sorgen

für einen möglichst langen Einsatz der Systeme. Außerdem bietet die die App den Zugriff auf produktbezogene Informationen wie technische Datenblätter, Betriebsanleitungen, etc.

Die App ist kostenlos in fünf Sprachen (DE, EN, FR, ES, PL) im Apple App Store für iOS-Mobilgeräte (iPhone/iPad) und im Google Play Store für Android-Geräte verfügbar. Aktuell unterstützt sie die Prominent Magnet-Membrandosierpumpe Gamma/X und zukünftig die Gamma/XL, die Motor-Membrandosierpumpe Sigma X sowie alle Modelle der Schlauchdosierpumpe Dulco flex Control (DFXa/DFYa). Voraussetzung für alle Gerätemodelle ist ein integriertes Bluetooth-Modul, das auch für bestehende Modelle dieser Produktfamilien nachrüstbar ist.

#### Der Autor

Michael Birmelin, Marketing Redakteur, Prominent

! Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:  
 ■ <https://dx.doi.org/10.1002/citp.202101117>

#### Kontakt

Prominent GmbH, Heidelberg

Tel.: +49 6221 842 0

info@prominent.com · www.prominent.com

**SEEPEx.**  
ALL THINGS FLOW

## DIE INTELLIGENZ DER PUMPE PUMP MONITOR



Der Pump Monitor bringt Intelligenz in die Exzentrerschneckenpumpe und sichert einen effizienten Betrieb.

- Grenzwertüberwachung durch Alarmierungen
- Performance Analysen zur Betriebsoptimierung
- Mehr Sicherheit durch kontinuierliche Überwachung
- Transparenz der Pumpenleistung
- Optimierung der Betriebskosten

SEEPEx GmbH  
T +49 2041 996-0  
[www.seepex.com](http://www.seepex.com)

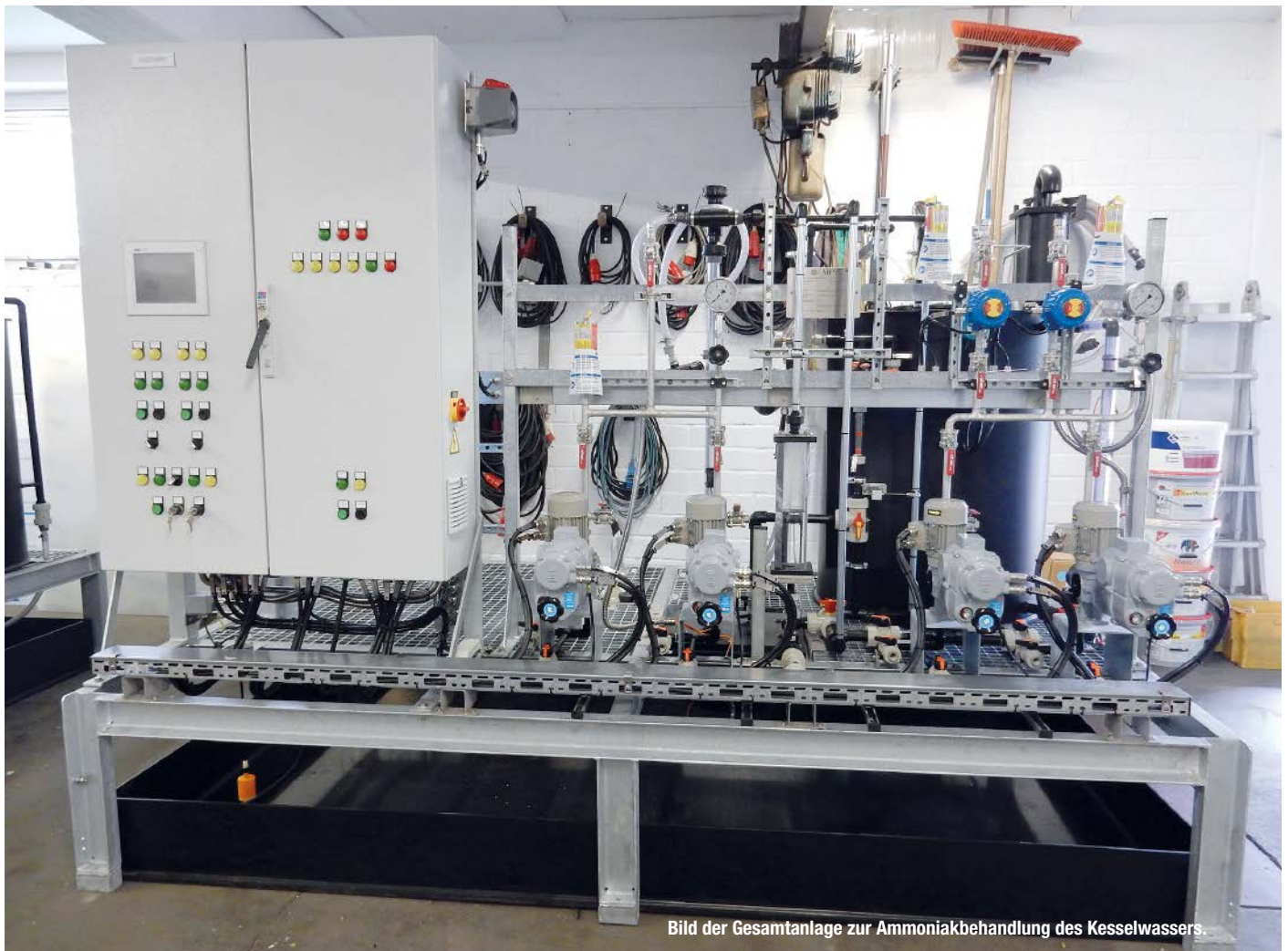


Bild der Gesamtanlage zur Ammoniakbehandlung des Kesselwassers.

# Ammoniak einfach dosiert

**Automatisierungssystem sorgt für hohe Regelgüte**



Martin Müller,  
Jumo

In einem Kraftwerk in Bolivien kommt ein Dosiersystem für die Ammoniakbehandlung des Kesselwassers zum Einsatz. Zur Realisierung des Projekts arbeitete der Anlagenbauer MPT mit den Automatisierungsexperten von Jumo in Fulda eng zusammen.

Die MPT Meß- und Prozeßtechnik mit Sitz in Rodgau bei Frankfurt ist im Bereich Anlagenbau für Chemikaliendosierung tätig. Das Angebot umfasst Planung, Beratung, Service und Ausführung von Komponenten und Systemen zum Aufbereiten und Dosieren von Chemikalien in chemischen Prozessen und in der Wasseraufbereitung. Zur Realisierung eines

Ammoniak-Dosiersystems arbeitete MPT mit der Jumo Engineering-Abteilung zusammen.

Das System kommt in einem Kraftwerk in Bolivien im Bereich der Kesselwasserkonditionierung zum Einsatz. Hier werden besonders hohe Anforderungen an die Dosierpumpen sowie an Sicherheit und Zuverlässigkeit der gesamten Dosieranlage gestellt. Denn

Ablagerungen oder gar Korrosion in den Systemen und an Komponenten des Wasser-Dampf-Kreislaufs können dazu führen, dass der fehlerfreie Betrieb des Kraftwerks gefährdet ist.

Um solchen Verunreinigungen vorzubeugen, werden verschiedene Verfahren eingesetzt: Neben einer Speisewasserbehandlung, bei der

dem Wasser das Salz entzogen wird, ist eine Alkalisierung von Wasser und Dampf sowie eine Kondensatreinigung nötig. Dabei kommen verschiedene Chemikalien wie etwa Carbohydrazid, Ammoniakwasser, Trinatriumphosphat und je nach gewähltem Verfahren Sauerstoff und Natronlauge zum Einsatz.

### Alkalisierung von Wasser mit Ammoniak

Die Ammoniak-Dosierstationen sind in der Regel abschließbare ISO-Container, die im Freien stehen. Von dort wird die Ammoniaklösung in einen Ansetzbehälter gefüllt und mit Wasser verdünnt. Anschließend wird die Verdünnung in den Prozess dosiert.

Ziel ist es dabei, den Leitwert des Kesselwassers möglichst genau zu regeln. Deshalb kommt der Regelgüte ein besonders hoher Stellenwert zu. Das Unternehmen MPT arbeitete bei der Entwicklung dieser Applikation mit der Jumo Engineering-Abteilung zusammen. Das Team in Fulda bündelt die jahrzehntelange Erfahrung des Unternehmens in industrieller Mess-, Regel- und Automatisierungstechnik, unterstützt Auftraggeber bei der kompletten Projektabwicklung und entwickelt maßgeschneiderte Applikationen für eine Vielzahl von Branchen.

Das Portfolio des Engineering-Teams ist umfangreich. Die Angebote reichen von grundlegenden Machbarkeitsanalysen über die Durchführung von Workshops, das Erstellen von Lasten- und Pflichtenheften bis hin zum kompletten Projektmanagement. Umfangreiche Erfahrungen sind in der SPS-Programmierung, der Visualisierung und in der Netzwerktechnik vorhanden. Die Kundenapplikationen werden dabei basierend auf Produkten des Fuldaer Unternehmens entwickelt und realisiert.

Bei der Realisierung des Ammoniak-Dosiersystems wurde das Mess-, Regel- und Automatisierungssystem Jumo Mtron T verwendet. Das modular aufgebaute System kann mit seinen universellen I/O-Modulen, der



Jumo-Sensorik im Einsatz zur exakten und wiederholgenauen Dosierung von Ammoniaklösung.

flexiblen Anschlusstechnik und der umfangreichen Kommunikations-, Auswerte- und Automatisierungssoftware in den unterschiedlichsten Branchen eingesetzt werden.

### Hand- und Automatikbetrieb möglich

In der vorliegenden Applikation werden zwei Regelkreise für das Speise- und das Kondenswasser betrieben. Die Anlage kann im Hand- und Automatikbetrieb betrieben werden. Im Automatikbetrieb ist die Regelung aktiv, im Handbetrieb wird das Ammoniak gemäß einer fest hinterlegten Formel, abhängig vom Durchfluss vorgegeben. Um den Prozess möglichst genau zu regeln, wird der aktuelle Durchfluss erfasst. Von diesem hängt die Ammoniakmenge ab, die zudosiert werden muss. Umgesetzt wird diese Anforderung mit einer

Störgrößenaufschaltung, die individuell für den Anwender in der Codesys-Umgebung des Automatisierungssystems realisiert wurde.

Ein Prozessbild gibt dem Anwender einen kompletten Überblick über die Anlage. In weiteren Prozessbildern können, je nach Berechtigung, Prozesswerte, aber auch Grenzwerte einfach editiert werden.

Durch die Kombination aus Jumo Engineering-Dienstleistungen und dem flexiblen Jumo Mtron-T-System konnte MPT eine maßgeschneiderte, einfach zu handhabende Lösung realisieren.

### Der Autor

Martin Müller, Jumo Engineering, Jumo

Bilder © Jumo



Das modulare Automatisierungssystem Jumo Mtron T

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

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202101118>

### Kontakt

Jumo GmbH, Fulda

Martin Müller · Tel.: +49 661 60032390  
martin.mueller@jumo.net · www.jumo.net

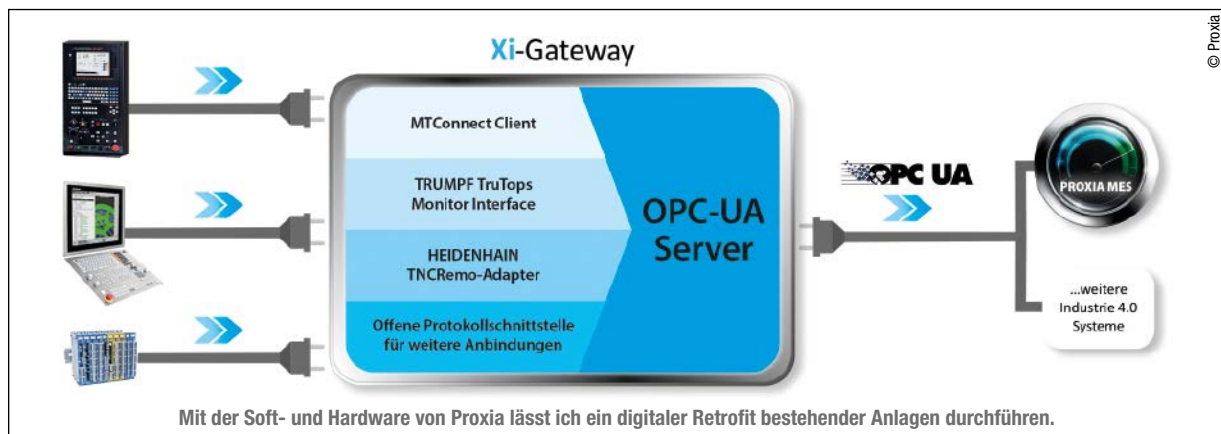
MPT Dosing GmbH, Rodgau

Tel.: +49 6106 4853  
info@mpt-dosing.de · www.mpt-dosing.de

# Von der Greenfield-Idee zur Brownfield-Realität

## Digitale Kommunikation in bestehenden Anlagen

Die digitale Transformation und die Vernetzung der Produktion ist Ziel im Industrie-4.0-Zeitalter. Während für neue Anlagen umfassende Digitalisierungskonzepte von vornherein geplant werden können, ist die Aufgabe in bestehenden Anlagen ungleich schwieriger. Für den Brownfield-Ansatz bietet der Proxia MES-Lösungsbaukasten mit seinen Modulen OPC-UA und XI-Gateway die Möglichkeit, dies so praxisgerecht und effizient wie möglich zu gestalten



Idealerweise werden Produktionsanlagen von Null auf Hundert konzipiert und angelegt, wie es der Greenfield-Ansatz umschreibt. In diesem Fall sind alle Maschinen und Anlagen zur Überwachung mit Sensoren ausgestattet, Werkzeugen sind „smarte Objekte“, die über ihren aktuellen Bearbeitungsstand Auskunft geben können. Die Realität sieht in der Regel jedoch anders aus – der Brownfield-Ansatz. Hier müssen historisch gewachsene Maschinenparks zu Smart Factories umgerüstet werden.

Der Fokus bei der Beschaffung der Anlagen lag (und liegt immer noch) auf der Technologie. Nun entdecken Unternehmen einen weiteren interessanten Output ihrer Produktion: Daten. Sie sehen, wie man durch den gezielten Einsatz dieser Daten Prozesse optimieren, den Output erhöhen und die Kosten senken kann. Plötzlich sind Daten etwas wert und rücken in den Fokus. Wie können nun Unternehmen, die keine „digitalen Plaudertaschen“ in der Produktion haben dennoch in der Profifliga der Datenverarbeiter mitspielen?

### Grundlage der Shopfloor-Kommunikation

Getreu dem Motto „man nimmt, was man kriegen kann“ sollten Produktionsunternehmen

bestrebt sein, sämtliche Daten aus ihrem Maschinenpark aufzunehmen. Wichtig hierbei ist das Protokollgeflecht der verschiedenen Steuerungs- und Anlagentypen zu entwirren. Ziel ist, die Daten möglichst nahe am Entstehungsort in eine einheitliche Kommunikationsstrategie überzuführen. Diese Kommunikationsstrategie sollte nicht nur die Daten semantisch beschreiben und eine bidirektionale Kommunikation ermöglichen, sondern sie sollte sich auch um die Aspekte der IT-Security kümmern. Erfahrungsgemäß werden in der Shopfloor-Kommunikation die Sicherheitslücken oft groß. Als Lösung bietet sich Proxia OPC-UA als Grundlage der Shopfloor-Kommunikation an, da alle oben aufgeführten Anforderungen abgedeckt sind. Ist die Kommunikation einmal harmonisiert, können verschiedenste Systeme diese Daten konsumieren. Eine vereinheitlichte Kommunikation macht echte Interoperabilität der unterschiedlichen Prozesssteilnehmer überhaupt erst möglich.

### Smart und universell

Zum Zweck dieser Interoperabilität hat das Unternehmen ein Kommunikations-Gateway auf den Markt gebracht. Das Proxia XI-Gateway hat es sich zur Aufgabe gemacht, die

verschiedenen Protokolle und Schnittstellen der Shopfloor-Ebene in die Kommunikations-Strategie OPC-UA zu überführen. So können bspw. allgemeingültige Protokolle, wie MT-Connect oder die steuerungsspezifische Kommunikation wie Heidenhain DNC, direkt via OPC-UA bereitgestellt werden. Aktuelle MES- und ERP-Systeme sind in der Lage, diese Daten direkt zu verarbeiten. So können alle Daten, von einfache Zustandsinformationen, welche über digitale IO-Module bereitgestellt werden, bis hin zu komplexen Prozessdaten, welche aus den Anlagensteuerungen entnommen werden, unternehmensweit bereitgestellt werden.

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

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202101119>

### Kontakt

PROXIA Software AG, Ebersberg  
Tel.: +49 80 92 23 23 0  
info@proxia.com · www.proxia.com

# Disziplinübergreifend in einem Datenmodell

## Infraserv Höchst setzt auf neuen Digitalisierungslevel im Engineering

Der Betreiber des Industrieparks Höchst (ISH) und Experte für chemienahe Dienstleistungen mit über 100 Standorten in Deutschland, hat sich im Engineering für einen Paradigmenwechsel entschieden und setzt eine Softwareplattform von Aucotec ein.

Mit der Plattform Engineering Base (EB) steigt Infraserv Höchst in Produktion und Technik schrittweise auf disziplinübergreifendes Arbeiten in einem gemeinsamen Datenmodell um. EB deckt von R&Is über die Instrumentierung bis zur Wartung alle Engineering-Themen ab. Der Industrieparkbetreiber setzte dafür bisher jeweils separate Tools ein.



Industriepark Höchst: Rund 90 Unternehmen mit zusammen etwa 22.000 Beschäftigten auf 460 ha Fläche.

### Synergien in mehreren Bereichen

Eines der ersten Projekte für die neue ganzheitliche Lösung ist eine Kraftwerksmodernisierung. Dazu werden die Bestandsdaten der Altanlage mit Aucotec-Unterstützung migriert und mit EB für die optimale Nutzung im Datenmodell aufbereitet. Der Softwareanbieter hat dafür ein ausgereiftes Konzept mit einem leicht integrierbaren Standardinterface, das schnelle Datenübertragung verschiedenster Formate ermöglicht. „Weitere Migrationsprojekte zu EB starten ab 2022. So können noch andere Firmenbereiche und 13 Tochterfirmen von der neuen Software-Lösung profitieren“, berichtet Dr. Robert Schleich, Leiter der Technik bei ISH. Als Verantwortlicher sowohl für das Prozess-Engineering als auch für die technische Anlagenbetreuung betont er: „Das disziplinübergreifende Prinzip von EB ermöglicht Synergien in den Bereichen Datenübertragung, Schnittstellen und IT-Aufwand. Es sorgt zudem dafür, dass wir Fehler in der Zusammenarbeit mit Zulieferern vermeiden.“



Dr. Robert Schleich (re.),  
Technik-Leiter ISH und Edgar Heep (li.),  
Leiter Betriebstechnik EMR bei ISH

Neben der Gasturbinenmodernisierung wird ein neues Gasturbinen-Kraftwerk zu den ersten EB-Projekten gehören. Die Kooperationsplattform ist im EVU-Bereich sehr erfahren und ein ausgewiesener Experte in Sachen Kraftwerkskennzeichnung und Dokumentation nach VGB-Norm 831.

### Das Potenzial der Single Source of Truth

ISH hat bereits im EMSR-Bereich gute Erfahrungen mit EB gemacht. „Doch sein volles Effizienzpotenzial entfaltet das System erst durch das Zusammenführen der Gewerke. Allein das Änderungsmanagement durch EB als Single Source of Truth ist so viel konsistenter, schneller und einfacher“, erklärt Edgar Heep, Leiter der Betriebstechnik EMR bei ISH.

Aucotec-Vorstand Uwe Vogt kann das nur bestätigen: „Wir haben Jahrzehnte an Erfahrungen mit Disziplin-spezifischer Software – für Maschinenbauer, Instrumentierer, EVU-Experten und andere. Doch entscheidend ist längst nicht mehr das weitere Verfeinern einzelner Tools, um in bestimmten Bereichen ‚best in class‘ zu sein. Heute liegt der Fokus auf verknüpften Daten und ihrer universellen Verfügbarkeit, deshalb zählt ‚completest in model‘.“

Bilder © Infraserv Höchst

### Kontakt

**AUCOTEC AG, Isernhagen,**  
Tel.: +49 511 6103186 · [www.aucotec.com](http://www.aucotec.com)

**Infraserv GmbH & Co. Höchst KG**  
Industriepark Höchst, Frankfurt am Main  
Tel.: +49 69 3050 · [www.infraserv.com](http://www.infraserv.com)

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

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202101120>



# Digitales Datenmanagement in der Instandhaltung

## Die sieben Mythen über Instandhaltungssoftware

Die Instandhaltung in der Produktion steht unter einem enormen Kostendruck und sieht sich ständig mit neuen Herausforderungen wie immer mehr Auflagen und Nachweispflichten, Personalmangel sowie dem Wissensmanagement von Mitarbeitern konfrontiert. Der Softwareanbieter Mobilex fasst zusammen, warum sich die Investition auch für mittelständische Unternehmen lohnen kann.

Durch die Digitalisierung der Einsatzplanung und Auftragsabwicklung könnten Unternehmen viele der Herausforderungen meistern, doch gibt es immer noch hartnäckige Vorurteile und Einwände, bestehende Prozesse in der Instandhaltung zu digitalisieren und zu optimieren. Das Unternehmen Mobilex hat sieben Mythen über Instandhaltungssoftware identifiziert und enttarnt.

### Kostet ein Vermögen und macht zu viel Aufwand

Die Kosten einer Instandhaltungssoftware richten sich nach den Anforderungen des Unternehmens. Diese umfassen die Anzahl der Niederlassungen, der Mitarbeiter in der Instandhaltung sowie der Maschinen und Anlagen. Die bestehende IT-Infrastruktur und Anwendungen spielen eine wichtige Rolle ebenso wie die Ist- und Soll-Prozesse und die Ziele

des Digitalisierungsprojekts. Nach der Einführung der Instandhaltungssoftware haben sich die Kosten in den allermeisten Projekten bereits nach einem Jahr amortisiert. Hinzu kommen die nachhaltigen Kosteneinsparungen in der Instandhaltung durch die Digitalisierung, die durch eine höhere Produktivität der Instandhalter, eine höhere Anlagenverfügbarkeit sowie bessere Datenqualität erzielt werden.

Um die Abläufe in der Instandhaltung zu digitalisieren, werden zunächst die bestehenden Prozesse abgebildet, Ziele definiert und ein Projektplan erstellt. Dieser Aufwand ist jedoch überschaubar und einmalig und muss zum Nutzen des Projekts relativiert werden. Zudem kommen dabei oft ineffiziente Strukturen zum Vorschein. Ein Digitalisierungsprojekt bietet somit auch die Chance, veraltete Prozesse zu optimieren.

### Skepsis überwinden

Bei der Einführung einer Instandhaltungssoftware gibt es immer Anwender, die dieser skeptisch gegenüberstehen, weil sie fürchten, dass sie sehr komplex und schwer zu lernen sei. Um diese Bedenken auszuräumen, sollten Unternehmen diese Skeptiker gleich zu Beginn des Projekts mit ins Boot holen und ihre Anforderungen und Wünsche berücksichtigen. Ausführliche und wiederholte Schulungen mit allen Anwendern beim Rollout der Software tragen dann dazu bei, dass alle Kollegen schnell mit der neuen Lösung vertraut sind und die Vorteile beim täglichen Einsatz zu schätzen wissen.

Ein weiteres Vorurteil gegenüber einer Instandhaltungssoftware ist, dass die Mitarbeiter fürchten, dadurch ersetzt zu werden. Der Einsatz einer Lösung für die Einsatzplanung und mobile Auftragsabwicklung in der



”

*Eine Instandhaltungssoftware ist die Basis für effizientere Prozesse, eine höhere Anlagenverfügbarkeit und eine bessere Datenqualität. Damit sind Unternehmen bestens gerüstet für den internationalen Wettbewerb im 21. Jahrhundert.*

Hannes Heckner, CEO und Gründer der MobileX

“



© mobileX

Instandhaltung verbessert in der Tat die Produktivität der Mitarbeiter, ersetzt diese aber keineswegs. Sie erleichtert die Kommunikation und Dokumentation von Aufträgen und beschleunigt die Prozesse, so dass die Instandhalter sich auf ihre eigentlichen Aufgaben konzentrieren können. Somit trägt sie auch dazu bei, dass weniger Überstunden anfallen.

### Digitales Datenmanagement

Auf den ersten Blick ersetzt eine Instandhaltungssoftware eine Auftragsplanung und -Abwicklung mit Excel und Papier. Der tatsächliche Nutzen geht jedoch weit darüber hinaus. Für den Instandhaltungsplaner verbessert die Software die Transparenz über die Aufträge und Einsätze. Er sieht nun in Echtzeit, welche Aufträge erledigt sind und welche Maschinen noch in Arbeit sind. Akute Ausfälle und Störungen kann er direkt per Push-Nachricht an die Instandhalter kommunizieren. Dies sorgt für kürzere Ausfallzeiten und eine höhere

Maschinenverfügbarkeit. Die digitale Erfassung von Berichten und Maschinendaten sorgt für eine höhere Datenqualität. Dies bildet die Grundlage für eine optimale Instandhaltungsplanung, eine maximale Lebensdauer von Maschinen und eine höhere Profitabilität.

### Unternehmensgröße und Vorbehalte

Ein weiterer Irrglaube ist, dass sich eine Instandhaltungssoftware nur für Großunternehmen rechnet. Bereits ab 20 Instandhaltern bietet der Einsatz einer Software für die Einsatzplanung und mobile Auftragsabwicklung Einsparpotenziale für Unternehmen. Für kleinere Betriebe eignet sich besonders der Einsatz einer Instandhaltungssoftware als Cloud-Lösung. Dabei profitieren sie von zahlreichen Vorteilen wie Skalierbarkeit, kalkulierbaren Kosten und einer schnellen Implementierung.

Vorbehalte vor Neuerungen, neuen Technologien und Prozessen gibt es in vielen Unternehmen. Die Digitalisierung von Instand-

haltungsprozessen ist jedoch ein wesentlicher Bestandteil von Industrie 4.0. Nur Unternehmen, deren industrielle Produktion und somit auch die Instandhaltung digitalisiert sind, werden langfristig im internationalen Wettbewerb des 21. Jahrhunderts bestehen können. Denn Stillstand bedeutet Rückschritt und hat keine Zukunft.

### Die Autorin

Patricia Dittmar, Senior Marketing Manager, MobileX

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

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202101121>

### Kontakt

MobileX, München

Tel.: +49 89 542433 517

patricia.dittmar@mobilexag.de · www.mobilexag.de

### Sekundärabstreifer mit hoher Reinigungsleistung

Zur effektiven Reinigung von Förderbändern kommt meist eine Kombination aus Kopf- und Sekundärabstreifern zum Einsatz. Flexco Europe hat mit dem neuen T-Type einen Sekundärabstreifer eingeführt, der hartnäckige Rückstände zuverlässig entfernt – und auch ohne Kopfabstreifer gründlich reinigt. Zu fördernde Materialien können feucht, klebrig, trocken oder abrasiv sein und am Förderband hängen bleiben. Dieser Rücktrag ist ein nicht zu unterschätzender Kostenfaktor für die Betreiber. Um diesen zu minimieren, setzen sie meist neben Kopf- auch Sekundärabstreifer ein. Diese erhöhen die Reinigungswirkung auf mehr als 90 %, weil sie auch sehr hartnäckiges Material zuverlässig

entfernen. Der Anbieter hat nun die Baureihe T-Type auf den Markt gebracht. Dieser kompakte Sekundärabstreifer entfernt direkt hinter der Kopfrummel auch festsitzende Rückstände vom Band. Verbaut sind Hartmetallklingen, die sich um  $\pm 15$  Grad drehen und sich so perfekt der Bandoberfläche anpassen lassen. Für mechanische Verbinder sind Abstreifblätter mit C-Klingen vorgesehen. Segmentierte Schwingungsdämpfer aus Polyurethan sorgen für eine gleichmäßige Abnutzung über die gesamte Lebensdauer. Für vulkanisierte Bänder kommen V-Klingen zum Einsatz. Weil die dünnen Hartmetallklingen versetzt angeordnet sind, erreichen sie in Kombination mit dem robusten

Spannsystem eine sehr gute Leistung. Sie haben zudem einen Versatz für eine streifenfreie Reinigung. Der neue Sekundärabstreifer ist für Bandbreiten von 400 bis 1.600 mm erhältlich. Er eignet sich für eine maximale Bandgeschwindigkeit von 4 m in der Sekunde und bei Temperaturen ab  $-30$  bis  $82$  °C. Mit seiner kompakten Bauweise benötigt der T-Type nur wenig Platz für den Einbau. Damit passt er nahezu in alle Förderbandstrukturen. Das Spannvorrichtungssystem lässt sich in jeder Lage montieren. Die neue Baureihe ist zudem feuerverzinkt und somit sehr robust. Dank seines Torsionsspannsystems ist ein minimaler Wartungsaufwand erforderlich. Steht dieser Termin an, kann der Mitarbeiter



mit den steckbaren Segmenten und dem Torsionsspannsystem diese Arbeiten sehr schnell erledigen.

### Kontakt

Flexco Europe GmbH, Rosenfeld

Tel.: +49 428 9406 0

europe@flexco.com · www.flexco.com



Mahlluftverteilung in die PMT-Jetmill SJ50-ER100.



Veronika Mayer,  
PMT-Jetmill



Dr. Jürgen Roth,  
PMT-Jetmill

Ein hoher Anspruch an das Produkt und an eine nachhaltige Produktionsweise werden auch an Mahltechniken gelegt. Moderne Spiralstrahlmühlen sind heute bei der Mikronisierung hochlamellarer Füllstoffe etabliert. Mit der Entwicklung des EEU Systems (Enhanced Energy Utilization) konnte der Wirkungsgrad und damit die Energieeffizienz der PMT Spiralstrahlmühle verbessert werden.

# Funktionelle Füllstoffe mit energieeffizienter Strahlmühle

## EEU-System reduziert spezifischen Energiebedarf der trockenen Feinstvermahlung

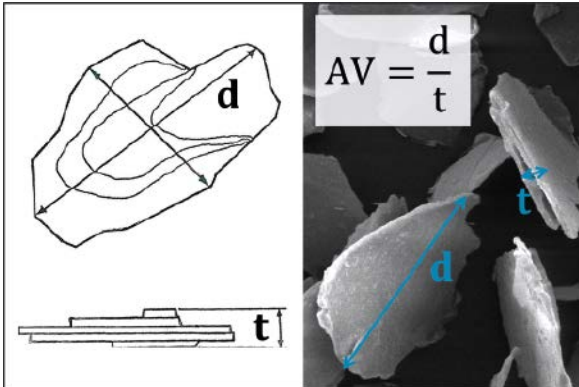
Füllstoffe werden heute mit immer höheren Anforderungen konfrontiert. Waren Anwendungen, z.B. in der Kunststoffindustrie, früher mit einem Extender-Füllstoff zufrieden, der das Compound günstiger machte, so änderte sich in den letzten Jahrzehnten das Profil vom reinen Volumenfüllstoff hin zu funktionalen Additiven und Füllstoffen.

Das Streben nach nachhaltigen Produktionsweisen und geringem Carbon Footprint beginnt in der Rohstoffaufbereitung und setzt neue Zeichen.

Moderne Spiralstrahlmühlen stellen den Stand der Technik bei der Mikronisierung hochlamellarer Füllstoffe dar. Durch die spezielle Art der Zerkleinerung über die Scherkräfte

kann dabei die für die nachfolgenden Anwendungen entscheidende Kornform erhalten oder sogar verbessert werden.

Die Entwicklung des EEU Systems (Enhanced Energy Utilization) verbesserte die PMT Spiralstrahlmühle in ihrem Wirkungsgrad erheblich, wodurch der Energiebedarf und damit der CO<sub>2</sub>-Ausstoß sinkt.



Aspektverhältnis von plättchenförmigen Produkten.



Der integrierte dynamische Sichter mit einer Umfangsgeschwindigkeit bis 190 m/s bestimmt die Produktfeinheit.

### Einsatz von funktionellen Füllstoffen

Funktionelle Eigenschaften werden neben der Feinheit oftmals auch über die Kornform eingebracht, z.B. plättchenförmige oder nadelförmige Partikel.

Vor allem beim Einsatz von hoch lamellaren Industriemineralen als funktionelle Füllstoffe, bspw. in Kunststoffanwendungen oder bei der Herstellung von Farben & Lacken, hat sich gezeigt, dass mechanische Eigenschaften, wie Steifigkeit, Schlagzähigkeit, Kratzfestigkeit deutlich verbessert werden konnten. Dies vor allem auch deswegen, weil das Aspektverhältnis durch den Einsatz geeigneter Mahlanlagen, auch im feinsten Bereich erhalten oder sogar leicht erhöht werden kann.

### Korngröße und Kornform/Aspektverhältnis

Im Bereich der Mahl- und Sichttechnik ist die Basis vieler Produktdefinitionen die Korngrößenverteilung der Mahlprodukte. Die im Fein- und Feinstbereich am meisten verbreiteten Messmethoden sind die Lasergranulometrie und Sedimentationsanalyse. Die unterschiedlichen Bestimmungsmethoden ergeben mitunter deutlich unterschiedliche Werte. So unterscheiden sie sich immer stärker, je mehr die Partikelform von der idealen Kugel abweichen.

Das Aspektverhältnis als weitere Produktdefinition ist ein Maß für die Lamellarität des Produktes. Es ist das Verhältnis aus größter Dimension zu kleinster Dimension. Im Falle von lamellaren Produkten also das Verhältnis von Durchmesser des Plättchens zu dessen Dicke, bei nadelförmigen Produkten von der Länge zum Durchmesser der Nadeln.

Speziell im Bereich der hochlamellaren oder nadelförmigen Industriemineralen werden heute Spiralstrahlmühlen eingesetzt bei denen die Zerkleinerung primär durch Scherkräfte, die delaminierend wirken, hervorgerufen wird und somit das Aspektverhältnis möglichst erhalten bleibt.

### Funktionsprinzip von Spiralstrahlmühlen

Das Aufgabematerial wird pneumatisch in die Mühle transportiert. Dabei fluidisiert und beschleunigt das durch die Mahldüsen eintretende Mahlmedium die Partikel aus dem Gutbett im Mahlraum. Als Mahlmedium kann entweder Druckluft oder überhitzter Dampf eingesetzt werden. Die Zerkleinerung erfolgt hauptsächlich durch Scherkräfte, die durch Geschwindigkeitsunterschiede entstehen. Die Partikel bewegen sich auf spiralförmigen Bahnen durch den Mahlraum um das Mühlenzentrum. An dieser Position ist ein Sichter integriert, der über seine Rotordrehzahl die Produktfeinheit bestimmt. Sobald die Partikel eine bestimmte Feinheit erreichen, gelangen sie durch den rotierenden Sichter ins Fertiggut.

### EEU-System – Enhanced Energy Utilization

Eine energieeffiziente und wirtschaftliche Produktion von funktionellen Füllstoffen bedingt, dass selbst Produkte im feinsten Korngrößenbereich in industriellen Mengen hergestellt werden können bzw. deren Ausstoß je Maschineneinheit erhöht wird.

Hierbei ist einerseits die effiziente Herstellung der Druckluft wesentlich, aber noch vielmehr ein hoher Wirkungsgrad bei der Umsetzung der in der Druckluft steckenden thermischen Energie sowie Druckenergie in Mahlleistung.

Die thermische Energie entsteht bei der Kompression in jedem Fall und kann bei einstufigen Systemen überwiegend genutzt werden, in mehrstufigen Verdichtersystemen muss ein Teil davon im Zwischenkühler vernichtet werden. Indem dieser Anteil so gering als möglich gehalten wird, lässt sich die Energieeffizienz der Anlage steigern.

Einstufige Kompressoren sind in ihrem maximalen Druck limitiert, weswegen sie nur in wenigen Mahlsystemen zum Einsatz kommen. Der

## Reinraumbedingungen an jedem Ort in Labor und Produktion

Spetec Reinraumarbeitsplätze 0,24 – 1,12 m<sup>2</sup>



Deckenmodul Serie SuSi®



Reinraumwerkbank Serie SuSi®



CleanBoy® Serie SuSi®



Spetec GmbH  
Am Kletthamer Feld 15  
85435 Erding

Tel.: + 49 8122 95909-0  
Fax: + 49 8122 95909-55

E-Mail: spetec@spetec.de  
www.spetec.de





Der Kompressor mit Austrittstemperatur von 240 °C steigert die Effizienz der gesamten Anlage.

### Spiralstrahlmühle SJ50-ER100

- **Sichter-Umfangsgeschwindigkeit:** bis 190 m/s
- **Produktfeinheit:**  $d_{97} = 1 - 45 \mu\text{m}$ ,  $d_{50} = 0,5 - 10 \mu\text{m}$
- **Produktdurchsatz:** 200 – 4.000 kg/h
- **Erforderliche Luftmenge:** 2.400 – 3.600 m<sup>3</sup>/h
- **Mahlmedien:** Druckluft mit 3,5 – 15 bar oder überhitzer Dampf bis zu 24 bar und 400 °C.

geringere Druck muss durch größere Druckluftvolumina kompensiert werden, um die gleiche Kapazität wie bei Anlagen mit Hochdruckkompressoren zu erreichen. Damit steigt jedoch auch die Baugröße der Anlage je Tonne des produzierten Mahlgutes.

Jener Teil der Energie der Druckluft, der jedoch den höheren Einfluss auf die Mahlleistung hat, ist die thermische Komponente.

Dafür wurde in Zusammenarbeit mit einem renommierten Kompressorenhersteller ein Kompressor entwickelt, der durch verminderte Zwischenkühlung eine deutlich höhere Austrittstemperatur der Druckluft von bis zu 240 °C bei gleichbleibendem Energieeintrag bereitstellt. Allein dieser Schritt reduziert bereits je nach Mahlgut den spezifischen Energiebedarf je Tonne Fertigprodukt um mehr als 15 % im Vergleich zu Standardkompressoren bzw. Standardstrahlmühlen.

Durch gezielte Wassereinspritzung direkt in den Mahlraum kann der noch verbleibende thermische Energieanteil weiter genutzt werden. Einerseits kommt es zu einer verbesserten Mahlwirkung durch die unmittelbare Expansion bei der Verdampfung des Wassers und andererseits durch die generelle Abkühlung des Systems zu einer höheren Sichteffizienz des eingebauten dynamischen Sichters.

Die Wasserdosierung erfolgt geregelt über die relative Feuchte, um ein Kondensieren des Wassers im System zu vermeiden. Bis zum endgültigen Austritt der Luft aus dem System wird somit ein untersättigter Betrieb gewährleistet.

Durch den Einsatz des EEU-Systems, bestehend aus der hohen Temperatur der Druckluft und der Wassereinspritzung, lässt sich der spezifische Energiebedarf je Tonne Fertigprodukt um bis zu 30 % senken.

### Verhältnis von Qualität und Wirtschaftlichkeit ausgewogen

Die Anforderungen an Füllstoffe ändern sich zunehmend in Richtung funktionaler Additive. Wesentlich für diese funktionellen Eigenschaften ist neben extremer Feinheit auch die Kornform. Die mechanischen Eigenschaften von Kunststoffen sind erheblich an funktionelle Füllstoffe mit hohem Aspektverhältnis gebunden, d.h. die Verstärkungswirkung nimmt mit dem Aspektverhältnis zu.

Spiralstrahlmühlen zerkleinern hauptsächlich durch Scherkräfte, was die Delaminierung der Produkte verbessert. Durch den eingebauten hochdynamischen Sichter in der PMT Strahlmühle ist zudem auch die Forderung nach ultrafeinen Produkten, die im Oberkorn genau begrenzt sind, erfüllbar.

Ein wesentlicher Punkt für eine wirtschaftliche Herstellung entsprechend hochfeiner, delaminierter Produkte ist eine möglichst hoher Nutzungsgrad der eingebrachten Energie. Bei Strahlmühlen wird diese Energie oftmals in Form von Druckluft bereitgestellt. Bei der Umsetzung in Mahlleistung ist neben der Druckenergie vor allem die thermische Energie, die bei der Kompression entsteht, essenziell. Daher sollte möglichst viel Wärmeenergie der Druckluft bis zur Umsetzung in den Mahldüsen gelangen. Das bedeutet, dass vor allem bei

mehrstufigen Kompressoren in den Zwischenkühlungen so wenig Energie als möglich abgeführt werden sollte.

Eine gezielte Wassereindüsung kann die verbleibende Restwärme durch unmittelbare Verdampfung noch in Mahlleistung umwandeln. Dieser Prozess kühlt das gesamte System, was den Energiebedarf der Sichtung durch Reduktion der erforderlichen Umfangsgeschwindigkeit reduziert. Mithilfe dieser Maßnahmen und dem EEU-System konnte der Energiebedarf der PMT Spiralstrahlmühle um bis zu 30 % reduziert bzw. die Durchsatzleistung bei gleichbleibendem Energieeintrag und gleicher Maschinenengröße je nach Material um bis zu 30 % erhöht werden.

### Die Autoren

**Veronika Mayer,**

Leitung Anwendungstechnik,

**Dr. Jürgen Roth,**

Geschäftsführung, PMT-Jetmill, Kammern, Österreich

Bilder © PMT-Jetmill

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

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202101122>

### Kontakt

**PMT-Jetmill GmbH, Kammern, Österreich**

Tel.: +43 3844 80350

[v.mayer@powder-maker.com](mailto:v.mayer@powder-maker.com) · [www.powder-maker.com](http://www.powder-maker.com)

# Unscheinbar und unverzichtbar

## Klopfer aus der Schweiz für die Welt

Die Klopfer von Findeva sind konzipiert für harte Umgebung, hohe Leistung und lange Lebensdauer. Sie sind überall im Einsatz, wo Schüttgüter zur Agglomeration neigen und bewegt werden müssen.

Findeva, eine mittelständische Schweizer Firma nahe der deutschen Grenze, stellt auf modernsten Anlagen qualitativ hochstehende pneumatische Vibratoren und Klopfer her. Nebst Qualität wird auch auf das Design mit einfach zu reinigenden Oberflächen größter Wert gelegt. Die Klopfer werden universell eingesetzt an Silos, kritischen Rohrstellen, Förderbändern, Einfüllvorrichtungen, Reaktoren, Filterausläufen u.v.m.

### Das Anforderungsprofil des Klopfers

Im Unterschied zu Vibratoren, die eine sinusförmige Bewegung erzeugen, agieren die Klopfer hart bis sehr hart, je nach Ausführung der internen Prallplatte. Meist ersetzen sie personal- und materialfreundlicher die früher verwendeten Abschlaghämmer. Die Klopfer wiegen 1 bis 15 kg und bieten Schlag-Energien von 1 bis 280 Nm und Schlagimpulse von 1 bis 80,5 Ns.

Beim Findeva-Klopfer kann der Anwender wählen zwischen hoch- oder niederfrequent, Intervall- oder Einzelschlag, Schlag hart, mittel oder weich.

Der Klopfer kann problemlos im harten Umfeld eingesetzt werden. Er schlägt nicht nur, er muss auch Schläge aushalten. Ebenso Nässe und große Temperaturschwankungen. Druckluft ist beim Klopfer die einzig sichere Energiequelle.

### Anwendungsbeispiel im Kohlekraftwerk

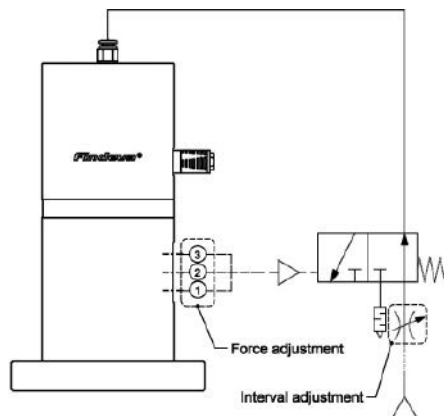
Der Klopfer kann an einem Silo im Intervallschlag-Modus angesteuert werden. Einmal ein-

gestellt läuft der Vorgang vollkommen automatisch. Im Intervallschlag-Modus ist der Schlag von der Intervallzeit abhängig, die durch ein Drosselventil eingestellt wird. Die Kraftverstellung erfolgt durch die drei Steuerbohrungen 1–3. Im Einzelschlag-Modus wird der Schlag sofort nach dem Schalten eines 3/2-Wege Ventils ausgelöst. Es können mehrere Klopfer parallelgeschaltet werden.

### Ohne Klopfer stockt der Prozess

Das Beispiel (Bild oben rechts) zeigt den Einsatz an einem Silo eines Kohlekraftwerks. Eine andere Anwendung wäre die an bei einem

**Intervallschlag-Modus: Der Schlag ist von der Intervallzeit abhängig, die durch ein Drosselventil eingestellt wird. Die Kraftverstellung erfolgt durch die drei Steuerbohrungen 1 – 3.**



Einsatz des Klopfers an einem Silo eines Kohlekraftwerks.

Milchpulver-Silo hier würde, das zum Kleben neigende Milchpulver, ohne Klopfer stocken und die ganze Produktion würde stillstehen. Auch im Chemiewerk sind die Klopfer unverzichtbar. Hier wird Pulver mit schlechten Reibigenschaften sicher bewegt. Ist die Umgebung explosionsgefährdet, sind die Klopfer auch mit ATEX-Zertifikat erhältlich.

### Der Autor

Adrian Grüninger, CEO, Findeva

Bilder © Findeva

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

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202101123>

### Kontakt

Findeva AG, Oerlingen, Schweiz

Tel.: +41 (0)52 305 47 57

info@findeva.com · www.findeva.com

Die Produktion der Findeva wurde vergrößert und auf den neuesten Technikstand gebracht.



# Wasserstoffeinspeicherung mit bestehenden Erdgasverdichtern

## Pulsationstechnische Aspekte als Schlüsselement für die Energiewende



Dr.-Ing. Johann  
Lenz, Kötter  
Consulting Engineers



Dr.-Ing.  
Patrick Tetenborg,  
Kötter Consulting Engineers

Wasserstoff wird als vielfältig einsetzbarer Energieträger eine Schlüsselrolle für den langfristigen Erfolg der Energiewende einnehmen. Doch bei einem steigenden Anteil von Wasserstoff in Erdgasnetzen und GDRM (Gasdruckregel- und Messanlage)-Anlagen verändert sich durch die unterschiedlichen Schallgeschwindigkeiten das Pulsations- und Schwingungsverhalten in den Rohrleitungen. Die Umstellung einer bestehenden Erdgasanlage hinsichtlich eines zunehmenden Wasserstoffanteils sollte deshalb möglichst frühzeitig schwingungstechnisch analysiert werden. Hierzu bieten sich sogenannte Pulsationsstudien an, die bereits im Vorfeld mögliche Probleme aufdecken. Parallel kann eine kontinuierliche Überwachung der Anlage die schwingungstechnische Sicherheit signifikant erhöhen. Zur Speicherung und Verdichtung von Wasserstoff entwickelt sich damit eine neue Ära der Kolbenverdichter: Während Turboverdichter starken technischen Einschränkungen unterliegen, weisen Kolbenverdichter klare Vorteile auf.

Im Zuge der Umstellung auf nachhaltige Energieträger wird die Verwendung von Wasserstoff zunehmend als Lösung favorisiert. Wasserstoff ist das chemische Element mit der geringsten Atommasse. Unter Bedingungen,

die normalerweise auf der Erde herrschen, kommt nicht der atomare Wasserstoff H vor, sondern der molekulare Wasserstoff H<sub>2</sub> als geruchloses Gas. Mit der nationalen Wasserstoffstrategie bekennt sich die Bundesregierung zu

einer vielfältigeren Anwendung von Wasserstoff<sup>[1]</sup>. Der Einsatz eröffnet ein hohes Potenzial zur Minderung von Treibhausgasemissionen und soll in Zukunft einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele leisten. Das über 500.000 km lange Erdgasnetz und die existierenden Erdgasspeicher bieten hierbei günstige Transport- und gewaltige Speichermöglichkeiten<sup>[2]</sup>. Doch zur Umsetzung dieses Ansatzes müssen zuvor zahlreiche technische Fragen geklärt werden.

### Verdichtung von Wasserstoff mit Turboverdichtern

Grundsätzlich wird im Bereich bestehender Erdgasverdichter zwischen Turbo- (Strömungsmaschinen) und Kolbenverdichtern (Verdrängermaschinen) unterschieden. Allerdings ist der Einsatz von Turboverdichtern für Wasserstoff aus strömungstechnischer Sicht nicht ohne weiteres möglich. Vergleicht man die Grundeigenschaften von Erdgas und Wasserstoff, fallen neben der unterschiedlichen Dichte insbesondere die Unterschiede bei den Schallgeschwindigkeiten auf.

Eine Verdichtung von Wasserstoff mit einem Turboverdichter ist nur dann möglich, wenn die Schallgeschwindigkeitsdreiecke am Laufrad-Ein- und -Austritt gleichbleiben (Mach'sche Ähnlichkeit). Für reinen Wasserstoff wäre demnach ein viermal größerer Durchsatz sowie eine viermal höhere Drehzahl



Typische Kolbenverdichterinstallation in 4-Zylinder Boxeranordnung mit saug- und druckseitigen Pulsationsdämpfern zur Erdgasverdichtung.

(Umfangsgeschwindigkeit) erforderlich. Dieses ist für bestehende Turboverdichter-Anlagen kaum zu realisieren. Aus diesem Grund werden bei einer Druckerhöhung von Wasserstoff Kolbenverdichter favorisiert.

**Verdichtung von Wasserstoff mit Kolbenverdichtern**

Im Vergleich zu Turboverdichtern ermöglicht das Verdichtungsprinzip von Kolbenverdichtern eine vom Fördermedium näherungsweise unabhängige Einsatzmöglichkeit. Dennoch werden beim Umstieg auf ein anderes Fördermedium der Verdichter, die Pulsationsdämpfer sowie das Rohrleitungs- bzw. Speichersystem mit gänzlich anderen Stoffeigenschaften konfrontiert. Diese haben einen wesentlichen Einfluss auf das Pulsationsverhalten der gesamten Anlage und können dadurch das Schwingungsverhalten verändern. Es stellt sich die Frage, inwiefern ein Erdgasverdichter aus dynamischer Sicht für Wasserstoff genutzt werden kann.

**Pulsationstechnische Aspekte an Kolbenverdichteranlagen**

Der Kolbenverdichter kann aufgrund seiner oszillierenden Arbeitsweise in verschiedenen Betriebsbereichen bei nahezu beliebigen Druckverhältnissen eingesetzt werden. Er überzeugt dabei insbesondere durch seine Robustheit und den ausgezeichneten Wirkungsgrad. Nachteilig ist hingegen der hohe Instandhaltungsaufwand sowie die dynamischen Kräfte, die zu erhöhten Schwingungen führen können. Um Schwingungen bereits in der Planungsphase zu vermeiden, werden im Vorfeld Berechnungen in Form von Pulsationsstudien durchgeführt. Sie geben unter anderem Aufschluss über die Auslegung und Dimensionierung von Pulsationsdämpfern. Die Dämpfer werden möglichst nahe an die Zylinderflansche installiert und ermöglichen eine erste signifikante Reduktion der Druckpulsationen.

**Einflüsse von Wasserstoff auf das Pulsationsverhalten von Kolbenverdichtern**

Die Nutzung von Wasserstoff hat zahlreiche physikalische Einflüsse auf das Pulsationsverhalten von Kolbenverdichtern. Der Verdichtungsprozess sowie das Ansaugen in und Ausschieben aus der Arbeitskammer lassen sich dem eigentlichen Arbeitsprinzip des Verdichters zuordnen. Die Veränderung der Akustik des Pulsationsdämpfers sowie der Einfluss auf die Rohrleitungsakustik beschreiben wiederum die resultierende Interaktion des Verdichters mit der Anlage.

**Verdichtungsprozess**

Die wesentliche Änderung während der Verdichtung in der Arbeitskammer eines jeden

Medium	Dichte	Schallgeschwindigkeit	Impedanz	Isetropenexponent
	$\rho = \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$	$a = \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$	$Z = \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} \right]$	$\kappa = [-]$
Luft	1,29	332	428	1,4
Methan (H-Gas)	0,72	430	310	1,32

© Kötter Consulting

Tabelle 1: Vergleich pulsationsrelevanter Stoffeigenschaften unter der Referenzbedingung: Temperatur 0 °C und 1 bar Druck.

Kompressors ist der deutlich steilere Druckanstieg in Abhängigkeit vom Kammervolumen. Dieser resultiert aus dem stoffspezifischen Isetropenexponenten. Aufgrund der sehr schnellen Verdichtung in der Arbeitskammer kann hier von einem isentropen Vorgang ausgegangen werden. Bei gleichem Kammervolumen zu Beginn der Verdichtung wird der End-Druck deutlich schneller erreicht. Der Zusammenhang kann formal über die Isetropenbeziehung betrachtet werden:

$$\frac{p_{\text{End}}}{p_{\text{Saug}}} = \left( \frac{V_s + V_H}{V_{\text{End}}} \right)^\kappa$$

- Formelzeichen
- v(x, t) = Strömungsgeschwindigkeit
- p(x, 0) = statischer Druck
- ρ(x) = Dichte
- T(x, t) = Temperatur
- κ = Isetropen-/Polytropenexponent
- R = spezifische Gaskonstante
- Z = Realgasfaktor
- μ = dynamische Viskosität

Anhand der Gleichung wird deutlich, dass bei größeren Isetropenexponenten und gleichem Druckverhältnis bereits zu einem früheren Zeitpunkt der End-Druck im Kammervolumen erreicht wird. Dieser Effekt tritt gleichermaßen auch bei der Expansion nach Beendigung des Ausschubens auf. Der Umstieg auf Wasserstoff führt somit zu einem größeren Volumenstrom gegenüber dem Betrieb mit Erdgas. Dieser Effekt ist jedoch nebensächlich, wenn man die Relation der beiden Stoffdichten berücksichtigt, die sich je nach Zustand etwa um den Faktor 9 unterscheiden. Daraus resultiert ein deutlich niedrigerer Fördermassenstrom.

**Ansaugen / Ausschieben**

Die Änderungen während der eigentlichen Verdichtung in der Arbeitskammer haben auch Auswirkungen auf den Ansaug- und Ausschiebevorgang. Im Abb. 3 ist der druckseitige Ausschiebevorgang anhand der Strömungsgeschwindigkeit in Abhängigkeit des Kurbelwinkels dargestellt. Dabei wird deutlich, dass die Verdichterventile bei dem Betrieb mit Wasserstoff etwas früher öffnen, da der End-Druck eher erreicht wird. Auf der Saugseite gelten dieselben Zusammenhänge, wodurch sich die akustische Anregung durch den Ansaug- oder Ausschiebevorgang verändert. Diese wiederum beeinflussen einzelne höherharmonische Komponenten deutlich.

Dieser Effekt hat einen positiven Einfluss auf das Pulsationsniveau. Die deutlich niedrigere Schallimpedanz (Produkt aus Schallgeschwindigkeit und Dichte des Mediums) führt zu niedrigeren Druckschwankungen bei gleichbleibenden Geschwindigkeitsschwankungen. Während die induzierten Geschwindigkeitsschwankungen also aufgrund des ähnlichen Volumenstroms auf etwa gleichem Niveau bleiben, sind die induzierten Druckschwankungen hier niedriger.

**Pulsationsdämpfer**

Die Auslegung der Pulsationsdämpfer entscheidet maßgeblich über das schwingungs-



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



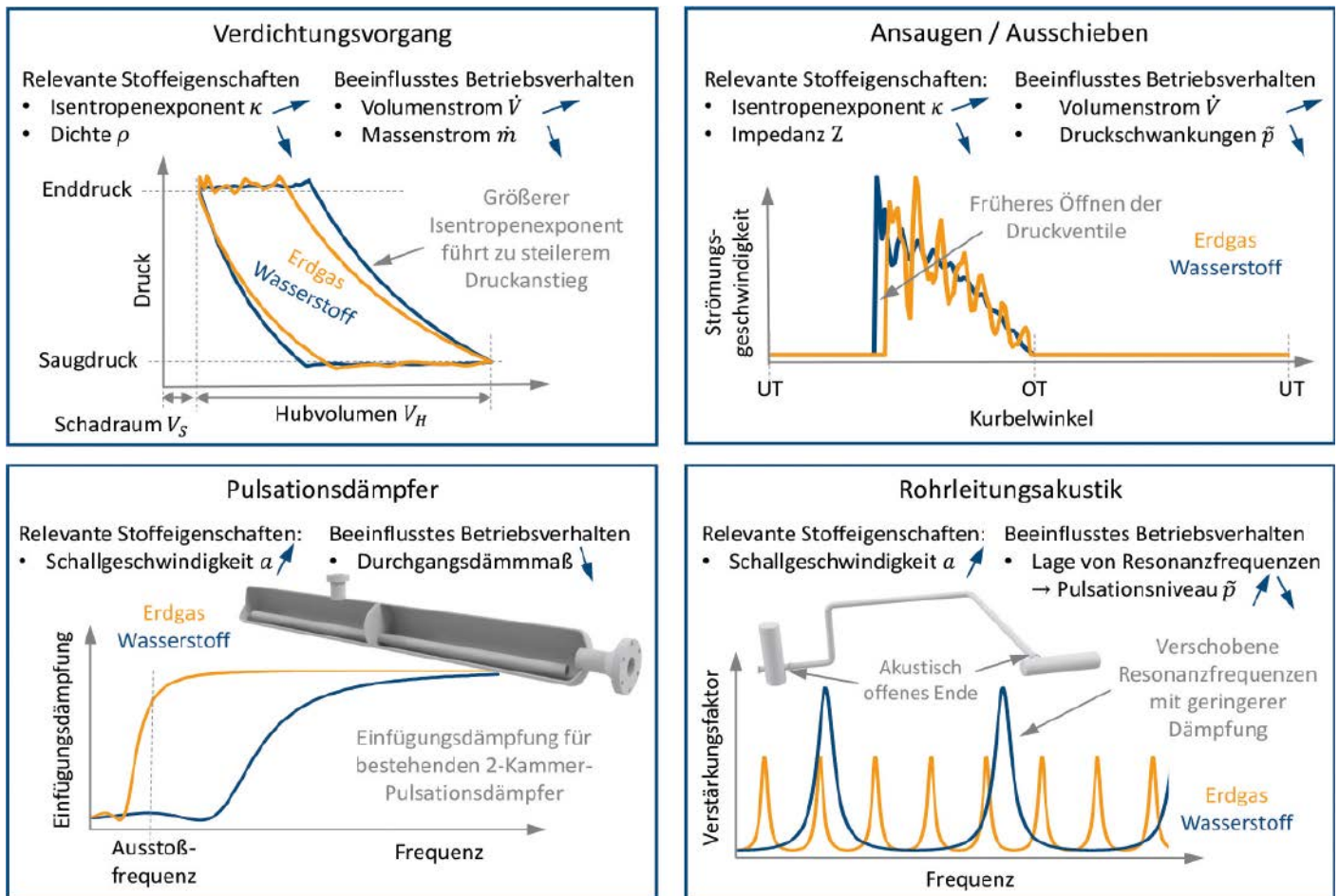


Abb. 2: Einfluss von Wasserstoff auf das Pulsationsverhalten von Kolbenverdichteranlagen.

technische Betriebsverhalten einer Kolbenverdichteranlage. Daher werden diese in der Regel individuell für den jeweiligen Prozess ausgelegt und gefertigt. Eine entscheidende Einflussgröße ist dabei die Schallgeschwindigkeit des Fördermediums. Daher ist es unabdingbar zu prüfen, welches Pulsationsverhalten sich beim Betrieb mit Wasserstoff einstellt.

In Abb. 2 ist exemplarisch die Dämpferwirkung für einen hochwertigen Pulsationsdämpfer in Zwei-Kammer-Bauweise mit dazwischen liegendem Choke-Tube dargestellt. Diese Bauform wird häufig für Erdgasverdichter gewählt. Wird derselbe Verdichter nun jedoch mit Wasserstoff betrieben, verschiebt sich die akustische Einfügungsdämpfung aufgrund der höheren Schallgeschwindigkeit. Infolgedessen wird die Ausstoßfrequenz nun deutlich weniger stark gedämpft, was unmittelbar zu mehr Schwingungen führt.

**Rohrleitungsakustik**

Die aus dem Pulsationsdämpfer austretenden Pulsationen treffen anschließend auf das Rohrleitungssystem, in dem sogenannte akustische Resonanzen auftreten können. Eine akustische

Resonanz tritt immer dann ein, wenn die Länge eines akustischen Rohrleitungsabschnitts und die Anregungsfrequenz einer Erregerquelle unter Berücksichtigung der Schallgeschwindigkeit in einem konkreten Verhältnis zueinander stehen. Ein geschlossener Rohrleitungsabzweig wird in diesem Kontext als akustisch geschlossen bezeichnet, während ein Rohrleitungsanschluss an einem Behälter einem akustisch offenen Ende entspricht.

In Abb. 2 (rechts unten) wird deutlich, dass in Rohrleitungsabschnitten üblicherweise eine Vielzahl von akustischen Resonanzen auftreten können. Der wesentliche Unterschied zwischen der Lage der Resonanzfrequenz bei Erdgas und Wasserstoff resultiert erneut aus den stark unterschiedlichen Schallgeschwindigkeiten. Zusätzlich zeigt sich, dass die bei der Planung von Bestandsanlagen zur Dämpfung akustischer Resonanzen installierten Drossel-elemente (in der Regel einfache Blenden oder Pulsations-Dämpferplatten) einen deutlich niedrigeren Dämpfungseinfluss besitzen. Dadurch treten Resonanzeffekte beim Förderfluid Wasserstoff stärker hervor als bei dem Betrieb mit Erdgas.

**Literatur**

[1] Nationale Wasserstoffstrategie der Bundesregierung zu einer vielfältigeren Anwendung von Wasserstoff, <https://www.bmu.de/download/nationale-wasserstoffstrategie/>, 10.06.2021  
 [2] Bick, D. S. und Schmäker, A.: H<sup>2</sup>-Tauglichkeit des Ferngasnetzes der Open Grid Europe- Status, erforderliche Anpassungen und Fahrplan zur Umsetzung. Tagungsband zum 34. Oldenburger Rohrleitungsforum  
 Erstveröffentlichung in gwf Gas + Energie, 4/21

**Die Autoren**

Dr.-Ing. Johann Lenz, Geschäftsführer  
 Dr.-Ing. Patrick Tetenborg, Fachgebietsleiter  
 Maschinendynamik, Kötter Consulting Engineers

Bilder © Kötter Consulting

Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:  
<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202101124>

**Kontakt**

Kötter Consulting Engineers GmbH & Co. KG, Rheine  
 Tel.: +49 5971 9710-0  
 rheine@koetter-consulting.com  
 www.koetter-consulting.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@gemu.de](mailto:info@gemu.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@gemu.de](mailto:info@gemu.de)  
<http://www.gemu-group.com>

### Reinstgasarmaturen



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

### Rohrbogen/Rohrkupplungen



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

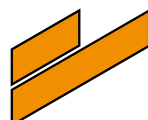
### Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung



**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-Kaldenkirchen  
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-Kaldenkirchen  
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 Partikelmessstechnik**



**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@gemu.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@gemu.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

**ARBEITS  
RITUALE**

50 WEGE FÜR MEHR KREATIVITÄT, BESSERE TEAMARBEIT  
UND GRÖßERE LEISTUNGSRITUALE



KURSAT OZENC

MARGARET HAGAN

WILEY

**Wiley – die Grundlage für  
berufliche Weiterentwicklung**

- Informativ und inspirierend
- Können alle Mitarbeiter für sich selbst anwenden
- Fördert die persönliche und berufliche Entwicklung

Das Buch zeigt uns, wie kreative Rituale unser persönliches und geschäftliches Leben sinnvoller und lohnender machen können. Es präsentiert 50 kreative Rituale, von Wirtschaft und Management über Design bis hin zur persönlichen Entwicklung.

**Gestalten Sie Ihren  
Arbeitstag selbst  
und motivieren Sie  
sich täglich neu**



Ozenc, K. / Hagan, M.  
**Arbeitsrituale**

50 Wege für mehr Kreativität,  
bessere Teamarbeit und größere Leistungen  
2020. 304 Seiten. Broschur.

€ 29,99 • 978-3-527-51007-8

[www.wiley-business.de](http://www.wiley-business.de)

**WILEY**

Akademie Fresenius	6	Envirotec	50	Jumo	10, 25, 36	RCT Reichelt	
Alino	49	Evonik Industries	2. US	Kötter Consulting	46	Chemietechnik	16, 49, Beilage
Aucotec	39	Findeva	45, 49	KSB	33, 49	Rembe Safety + Control	5, 47
Automation 24	34	Flexco Europe	41	Lutz-Pumpen	49	Seepex	35
Beinlich Pumpen	49	GDCh Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh)	6, 9	Mesago Messe Frankfurt	6, 21	Seipenbusch particle engineering	50
Busch Vacuum Solutions	11	Gemü	49, 50	MobileX	40	SEW- Eurodrive	30
Center of Safety Excellence (CSE)	6	GIG Karasek	50	Netter Vibration	49	Spetec	43
Covestro	9	Goudsmit Magnetics Systems	49	Noge	49	Venjakob	50
Dechema	6	GVT Forschungsges. Verfahrenstechnik	6	nsb gas processing	50	Verein Dt. Ingenieure (VDI)	9, 12, 17
Dekra Testing and Certification	6	Haus der Technik	6	Palas	50	Vogelbusch	49
Denios	6	Helling	49	Pepperl+Fuchs	10, 22	Wesa-Control	24
Easyfairs Deutschland	Beilage	HS Umformtechnik	49	PMT-Jetmill	42	Will & Hahnenstein	50
Ekato	3	ICC Intelligent Platforms	22	Proceng Moser	49	Witte	49
Elaflex	11	Infraserv Höchst	39	ProMinent	34, 49	WK Wärmetechnische Anlagen-, Kessel- und Apparatebau	50
Emerson Industrial Automation	26	Ing.-Büro Pierre Strauch	50	Proxia Software	38	Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (ZVEI)	11
Endress+Hauser (Deutschland)	1, 6, 18	Jessberger	49	Pumpen Center Wiesbaden	49		

## Impressum

### Herausgeber

GDCh, Dechema e. V., VDI-GVC

### Verlag

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

### Geschäftsführer

Sabine Haag  
 Dr. Guido F. Herrmann

### Director

Roy Opie

### Publishing Director

Dr. Heiko Baumgartner

### Produktmanager

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

### Chefredakteurin

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

### Redaktion

Dr. Volker Oestreich  
 voe-consulting@web.de

### Redaktionsassistentin

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

### Fachbeirat

*Dr. Hans-Erich Gasche,*  
 Bayer, Leverkusen

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

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

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

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

*Dr. Christian Poppe,*  
 Covestro, Leverkusen

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

*Prof. Dr. Roland Ulber,*  
 TU Kaiserslautern

### Erscheinungsweise 2021

10 Ausgaben im Jahr  
 Druckauflage 20.000  
 (IVW Auflagenmeldung:  
 Q3 19.795 tvA)

### Bezugspreise Jahres-Abonnement 2021

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@vuserice.de  
 Unser Service ist für Sie da von Montag  
 bis Freitag zwischen 8:00 und 17:00 Uhr

Abbestellung nur bis spätestens  
 3 Monate vor Ablauf des Kalenderjahres.

### Produktion

Wiley-VCH GmbH  
 Boschstraße 12  
 69469 Weinheim

### Bankkonto

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

### Herstellung

Jörg Stenger  
 Melanie Radtke (Anzeigen)  
 Elli Palzer (Litho)  
 Andreas Kettenbach (Layout)

### Anzeigen

Zurzeit gilt die Anzeigenpreisliste  
 vom 1. Januar 2021

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

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

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

### Sonderdrucke

Bei Interesse an Sonderdrucken,  
 wenden Sie sich bitte an  
 Marion Schulz, mschulz@wiley.com

### Originalarbeiten

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

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

Unverlangt zur Rezension eingegangene Bücher  
 werden nicht zurückgesandt.

### Druck

westermann DRUCK | pva

Printed in Germany | ISSN 1436-2597

# Projekt DEAL

Open Access  
für Autoren  
leicht gemacht

Korrespondenzautoren, angestellt an einer vom DEAL-Vertrag erfassten Institution, können Primärforschungs- und Übersichtsartikel Open Access (OA) in Wiley/Wiley-VCH-Zeitschriften veröffentlichen

Diese Beiträge werden weltweit kostenlos zugänglich sein!

Die Fonds zur Finanzierung der Veröffentlichung in Gold-OA-Zeitschriften, wie z.B. *ChemistryOpen*, sind bereits eingerichtet.

Für alle Wiley/Wiley-VCH-Hybrid-Zeitschriften, wie die *Angewandte Chemie*, gilt der DEAL-Vertrag für Beiträge, die ab 1. Juli 2019 akzeptiert werden.

Weitere Informationen  
sowie die Institutionen  
finden Sie unter:  
[bit.ly/DEALAuthor](http://bit.ly/DEALAuthor)

GDCh

Publizieren Sie in Ihren  
Fachzeitschriften der GDCh  
und stärken Sie damit  
Ihre Gesellschaft!

Die Redaktionen freuen sich auf  
Ihren nächsten Beitrag.

... und viele weitere

WILEY

WILEY-VCH