

# CITplus

11

26. Jahrgang · November · 2023

Das Praxismagazin für **V**erfahrens- und **C**hemieingenieure

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



**Zuverlässige Druckmessung  
in der Wasserstoffproduktion**  
**Wie das Unternehmen Messer Industriegase  
höchste Anlagenverfügbarkeit erreicht**

**Kompetenz für  
Effizienz**

14. Jahrestreffen der  
Betriebsingenieure 2023

S. 8

**Fenster in den Prozess**

Prozessanalysetechnik  
als Schlüssel für Effizienz  
und Verfügbarkeit.

S. 22

**Wasserstoffanalytik  
im Ex-Bereich**

Überdruckkapselung  
von Analysengeräten

S. 25

**WILEY** VCH

# how

Wie können mehr

Frauen unserer Branche

neuen Auftrieb geben?

Selbst heute sind Frauen in Bereichen wie Wissenschaft, Technologie, Maschinenbau, IT und Mathematik immer noch deutlich unterrepräsentiert.

Diese Tatsache hat uns dazu inspiriert, verschiedene Initiativen ins Leben zu rufen, die bessere Karrierechancen für Frauen in unserem Unternehmen schaffen. Dieser Ansatz hat zu einem Ergebnis geführt, das eine vielversprechende Zukunft signalisiert. Die stetig wachsende weibliche Forscherriege bei Aramco zeichnet sich durch 352 erteilte US-Patente aus – Tendenz steigend.

Entdecken Sie, wie kompetente Frauen der Energiebranche neuen Auftrieb geben:  
[aramco.com/poweredbbyhow](http://aramco.com/poweredbbyhow)

# Ökologie und Ökonomie

Ökologie und Ökonomie sind in der Prozessindustrie Aspekte, die sich ergänzen können und müssen. Gelungene Projekte dafür gibt es genug, denkt man zum Beispiel an energiehaltige Prozessgase, die früher als Nebenprodukt abgefackelt wurden und heute als Brennstoff für andere Prozesse genutzt werden, was Ressourcen spart und Emissionen reduziert.

Die dringende Notwendigkeit für weitere Prozessoptimierungen ist bekannt: Herausforderungen wie geopolitische und wirtschaftliche Unbeständigkeit, Unterbrechungen der Lieferketten, Abhängigkeiten von Rohstoffen, gestiegene Energiekosten, Dekarbonisierung und das Netto-Null-Ziel sowie der demografische Aspekt alternder Arbeitskräfte erhöhen die Notwendigkeit zur (digitalen) Transformation. Und dann ist da noch die ewige Herausforderung nach Schnelligkeit und Flexibilität, die Time to Market. Nur wer mit neuen Produkten schnell genug am Markt ist, kann sich gewinnbringend positionieren.

Da gilt jetzt wieder der altbekannte Spruch der Automatisierungstechniker, dass nur das, was gemessen wird, auch geregelt und optimiert werden kann. Aber allein das Messen reicht nicht aus. Heute ist es wichtig, von der Effizienz des einzelnen Regelkreises oder des Teilprozesses zu einer Gesamteffektivität nicht nur der Produktion, sondern des gesamten Betriebs „from cradle to cradle“ zu kommen: Nur der ganzheitliche Ansatz, die komplette Supply Chain vom Lieferanten bis zum Kunden zu optimieren, führt zu den tatsächlich niedrigsten Gesamtkosten und damit dem Gesamtprozessoptimum. Und wenn man dabei den Gedanken der Kreislaufwirtschaft implementiert, hat man wieder Ökologie und Ökonomie, Effizienz und Effektivität beieinander.

Ja klar, das ist alles leicht hingeschrieben und in Brownfield-Anlagen sowieso nicht umsetzbar. Oder etwa doch? Durchgängige, konsistente Information vom Feld bis zum ERP-System mit APL und NOA, vertiefte Informationen mit PAT, ein Asset-Lifecycle-Datenmodell, Modularisierung mit MTP, Digitalisierung bis hin zum digitalen Zwilling und vielleicht noch ein Schuss künstliche Intelligenz können es möglich machen. Der digitale Zwilling als virtuelles Abbild realer Anlagen ermöglicht die effiziente Nutzung von Daten und hilft somit, präzise Entscheidungen zu treffen – beispielsweise auch, um die Treibhausgasemissionen zu verringern. Und der Einsatz von KI in Ver-



Volker Oestreich  
Redaktion CITplus

bindung mit dem digitalen Zwilling kann die Effizienz und Ausfallsicherheit von Produktionsanlagen steigern.

Zuviel der Schlagworte und der Drei-Buchstaben-Akronyme? Nein, diese Ausgabe der CITplus vertieft wieder das Verständnis und zeigt Ihnen mögliche Wege zum Erfolg. Wie man den wachsenden Anforderungen an Anlageneffizienz und Produktqualität mit PAT, der Prozessanalysetechnik nachkommt, erläutert Dr. Martin Gerlach, Head of Process Analytical Technologies bei Bayer (S. 22). Und dass der MTP-Standard mit einem Baukastensystem für das Engineering für Flexibilität und Effizienz in der Chemiebranche sorgen kann, erklärt Frank Hägele von Copa-Data Deutschland auf S. 34. Über die Rolle des digitalen Zwillings in der Digitalisierungsstrategie und wie er insbesondere in der Instandhaltung einen Vorsprung verschafft, berichten Richard Irwin und Frederik Verhoef von Bentley Systems auf Seite 36. Last but not least: Auch sensible Themen wie die funktionale Sicherheit profitieren von der Digitalisierung. Unser Bericht (S. 31) zeigt, wie Hima mit seinem Safety-Konzept der ganzheitlichen Digitalisierung einen deutlichen Mehrwert erzeugen kann.

Also: Die Prozessindustrie kann durch ökologische Modernisierung ihre Effizienz steigern und gleichzeitig die Umwelt schonen. Das ist nicht nur gut für das Klima, sondern auch für die Wettbewerbsfähigkeit und die gesellschaftliche Wohlfahrt.

Viele Grüße

Volker Oestreich

Wiley Online Library



Entdecken Sie den Newsletter

CITplus IN SIGHT



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



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



Findeva AG

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

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

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



# 18 Zuverlässige Druckmessung in der Wasserstoffproduktion

**Wie das Unternehmen Messer Industriegase höchste Anlagenverfügbarkeit erreicht**

Messer Industriegase ist ein familiengeführtes, global aktives Unternehmen für Industrie-, Medizin- und Spezialgase. Am Standort Castrop-Rauxel erzeugt Messer seit 2020 stündlich 2.700 Nm<sup>3</sup> Wasserstoff in einem Dampfpreformer. In der Anlage gibt es viele Sicherheitseinrichtungen, bei der die Druckwerte eine entscheidende Rolle spielen. Hier kommen Messgeräte von Endress+Hauser zum Einsatz, die den Herausforderungen der Wasserstoffproduktion gerecht werden, u.a. durch eine goldbeschichtete Membran.

Endress+Hauser (Deutschland) GmbH+Co. KG, Weil am Rhein  
Tel.: +49 7621 975 - 01 · www.de.endress.com

## KOMPAKT

- 6 Termine
- 7 Forschung + Entwicklung

## REPORT

- 8 **Kompetenz für Effizienz**  
14. Jahrestreffen der Betriebsingenieure 2023  
L. Woppowa, VDI; J. Schoene, M. Lambrecht, Henkel; D. Lambrecht, Merck; M. Scholz, K. Michael Fischer, TÜV SÜD Chemie Service; F. Zahorszki, ITEMA; S. Torchiani, N. Schröter, Evonik Operations; K. Liebmann, Pinch-Analyse & Energieberatung KMU; R. Möller, KSB; C. Poppe, Covestro

## THEMA FACHKRÄFTE

- 12 **Fachkräfte für die Chemieindustrie**  
Strategien im Personal- und Wissensmanagement  
CITplus-Interview mit Helmut Grahl, Worlée Chemie

## WIRTSCHAFT + PRODUKTION

- 14 **VDI-Trendforum – Es braucht Finanzmittel und Technologien sowie Menschen und Mut**
- 15 **SPS 2023 – Treffpunkt für Automatisierungs- und Messtechnikexperten**

## TITELSTORY

- 18 **Zuverlässige Druckmessung in der Wasserstoffproduktion**  
Wie das Unternehmen Messer Industriegase höchste Anlagenverfügbarkeit erreicht  
A. Hermann, Endress+Hauser Deutschland

## FOKUSTHEMA PROZESSANALYSETECHNIK

- 22 **Die Fenster in den Prozess nutzen**  
Prozessanalysetechnik unterstützt durch zustandsbasierte Instandhaltung  
CITplus-Interview mit Martin Gerlach, Bayer



25

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

Wiley Online Library



## SONDERTEIL DIGITALISIERUNG

- 25 Analyse der Wasserstoffqualität im Ex-Bereich**  
Überdruckgekapselte Gehäuse für Analysengeräte  
A. Aust, Pepperl+Fuchs
- 28 Schneller H<sub>2</sub>-ready werden**  
Das universelle Datenmodell beschleunigt das Engineering  
CITplus-Interview mit Reinhard Knapp, Aucotec
- 31 Safety geht nicht ohne Security**  
Digitale Lösungen für die funktionale Sicherheit  
V. Oestreich, CITplus
- 34 Ein Baukastensystem für das Engineering**  
Wie der MTP-Standard für Flexibilität und Effizienz in der Chemiebranche sorgt  
F. Hägele, Copa-Data Deutschland
- 36 Der digitale Zwilling in der Digitalisierungsstrategie**  
Wie Digitalisierung der Instandhaltung einen Vorsprung verschafft  
R. Irwin, F. Verhoef, Bentley Systems
- 30, 33 Produkte**  
von Gemü, Krohne, Profibus und Steute

MESS-, STEUER-, REGEL-,  
AUTOMATISIERUNGSTECHNIK

- 38 Präzision und Performance**  
Aktuelle Regelverfahren für Drehstromantriebe  
H.-J. Müller, G. Mau, SEW-Eurodrive
- 42 Sicherheit in der Wasserstoffproduktion und -logistik**  
Kalibriertechnologie für Sensoren in Wasserstoffanlagen  
A. Matamala, Beamex Deutschland
- 20, 21, 43 Produkte**  
von AS Schneider, Mettler Toledo, PST, Spetec und Witt

ANLAGEN | APPARATE |  
KOMponentEN

- 44 PFAS Belastungen im Trinkwasser**  
Vergleichende Untersuchung zur Rückhaltung von Metaboliten von Pflanzenschutzmitteln  
J. Raiser, CarboTech Gruppe
- 48 Produkte**  
von Bühler, Ciech, Gemü und KSB
- 49 Bezugsquellenverzeichnis**
- 51 Index | Impressum**



Schützen Sie Ihre  
IT- und OT-Netzwerke  
– Secure by Design –

BSI zertifizierte IT-Sicherheit  
für die Prozessindustrie

- Sichere Fernwartung
- Robuste Datendioden
- Hochsichere Firewalls
- Intelligente Angriffserkennung

Jetzt informieren  
[genua.de/industrie](https://genua.de/industrie)



**CIT**plus

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

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

**Wiley Online Library**

## Beilagen

Bitte beachten Sie die Beilage von RCT Reichelt Chemietechnik.

## November 2023

Kristallisationen in der chemischen und pharmazeutischen Industrie	13. – 14. Nov.	Essen	Haus der Technik, info@hdt.de, www.hdt.de
SPS	14 – 16. Nov.	Nürnberg	Mesago Messe Frankfurt, www.sps.mesago.com
Industrietage Wassertechnik	14. – 15. Nov.	Frankfurt/Main	Dechema, matthias.neumann@dechema.de, www.dechema.de
Safety Hazards of Technologies of the Energy Transition	14. – 15. Nov.	online	Dechema, kurse@dechema.de, www.dechema-dfi.de/kurse.html
Störungs- und Notfallmanagement: Umweltschutz	14. – 15. Nov.	Frankfurt/Main	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de, www.gdch.de
Störungsbedingte Stoff- und Energiefreisetzungen	15. – 16. Nov.	Frankfurt/Main	Dechema, kurse@dechema.de, www.dechema-dfi.de/kurse.html
Rohrleitungsplanung für Industrie- und Chemieanlagen	16. – 17. Nov.	Berlin	Haus der Technik, info@hdt.de, www.hdt.de
Grundkurs Gentechnikrecht	21. – 22. Nov.	Frankfurt/Main	Dechema, kurse@dechema.de, www.dechema-dfi.de/kurse.html
Destillation	22. – 24. Nov.	München	GVT – Forschungs-Gesellschaft Verfahrens-Technik www.gvt.org.de
Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen	23. Nov.	Frankfurt/Main	Dechema, kurse@dechema.de, www.dechema-dfi.de/kurse.html
Namur Hauptsitzung	23. – 24. Nov.	Neuss	Namur, www.namur.net
Organisation, Personal- und Projektmanagement über Rohrleitungsplanung	16. – 17. Nov.	Frankfurt/Main oder online	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de, www.gdch.de
Kriminalität	23. – 24. Nov.	Frankfurt/Main	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de, www.gdch.de
Aktuelle Trends der molekularbiologischen Lebensmittelanalytik	23. – 24. Nov.	Freiburg oder online	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de, www.gdch.de
1 x 1 der Verfahrenstechnik	28. – 30. Nov.	Berlin	Haus der Technik, info@hdt.de, www.hdt.de
Prozesstechnische Auslegung von Wärmeübertragern	29. – 30. Nov.	online	Dechema, kurse@dechema.de, www.dechema-dfi.de/kurse.html
Einführung in die Betriebswirtschaftslehre für Chemiker (m/w/d)	30. Nov. – 1. Dez.	Münster	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de, www.gdch.de
Qualitätsmanagement im analytischen Labor	30. Nov. – 1. Dez.	Frankfurt/Main	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de, www.gdch.de

## Dezember 2023

Verfahrenstechnische Fließbilder	1. Dez.	Berlin	Haus der Technik, info@hdt.de, www.hdt.de
Aktualisierungskurs für Laserschutzbeauftragte	4. Dez.	online	Dechema, kurse@dechema.de, www.dechema-dfi.de/kurse.html
Baustellenmanagement im Anlagenbau – von der Montage-Planung bis zur Fertigstellung	5. – 6. Dez.	Essen	Haus der Technik, info@hdt.de, www.hdt.de
Aktualisierungskurs für Projektleiter und Beauftragte für Biologische Sicherheit	7. Dez.	online	Dechema, kurse@dechema.de, www.dechema-dfi.de/kurse.html
Rhetorik für Ingenieure	12. – 13. Dez.	online	VDI Wissensforum, www.vdi-wissensforum.de

## Januar 2024

Ausbildung zum Explosionsschutzbeauftragten	23. – 26. Jan.	Essen	Haus der Technik, info@hdt.de, www.hdt.de
Prozesssimulation in der Verfahrenstechnik	30. – 31. Jan.	Essen	Haus der Technik, info@hdt.de, www.hdt.de

Wiley Online Library





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

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

Wiley Online Library



## Effekte von Defekten

In einer Studie wurde der Effekt von intrakristallinen Silanol-Defekten ( $\equiv\text{SiOH}$ ) auf die Selbstdiffusivität von Benzol im Inneren eines industriell bedeutsamen Silicalit-Zeoliths untersucht. Dazu wurden strukturelle Defekte in ZSM-5-Zeolithe eingeführt und experimentelle Messungen sowie Simulationsrechnungen für verschiedene Temperaturen und Benzol-Beladungen bei defektfreien sowie defekthaltigen Zeolithen durchgeführt. Die Selbst-Dif-

fusivität, die Adsorptionenergie und die Aktivierungsenergie konnten berechnet werden. Die Ergebnisse zeigen, dass die Selbst-Diffusivität für Benzol in Silicalit durch Silanol-Defekte erhöht wird, vermutlich, da die Defekte die Poren leicht vergrößern.

**German Sastre, Instituto de Tecnología Química, Universitat Politècnica de València, Spanien**  
gsastre@itq.upv.es  
DOI: 10.1002/cite.202300008

## Einzelne Pellets messen

Die Zero Length Column (ZLC)-Technik ist eine leistungsfähige Methode für die Messung der Diffusion in nanoporösen Materialien an mg-Mengen. Dabei bleibt jedoch die Frage offen, ob die gemessenen Eigenschaften auch für größere Proben repräsentativ sind. In einer Studie wurde ein Protokoll für Messungen an Pellets entwickelt. Es basiert auf einem systematischen Screening individueller Pellets, bis verlässliche Durchschnittswerte für Gleichgewichts- und kinetische Eigenschaften erhalten werden. Diese werden dann

verwendet, um Durchbruchkurven für deutlich größere Proben vorherzusagen. Beim Testsystem n-Pentan an HISIV3000-Extrudaten lieferten bereits neun Pellets Durchschnittswerte, die den Säulendurchbruch-Experimenten mit einer um zwei Größenordnungen größeren Probe entsprachen.

**Stefano Brandani, University of Edinburgh, UK**  
s.brandani@ed.ac.uk  
DOI: 10.1002/cite.202300037

## Wasserstoff-Trockenmittel regenerieren

Die Feintrocknung spielt eine Schlüsselrolle für den Einsatz und insbesondere die Einspeisung von Wasserstoff in die Erdgasinfrastruktur. Zur thermischen Regenerierung des Trockenmittels können Radiowellen das Schüttbett direkt dielektrisch erwärmen. In Abhängigkeit von den verwendeten Zeolithen,  $\text{Na}_x$  oder  $\text{Na}_y$ , sind dabei sowohl eine homogene Erwärmung als auch eine selektive Erwärmung der wasserbeladenen Trockenmittelschüttungen möglich. In einer Studie konnte

das neue und effiziente Verfahren in unterschiedlichen Maßstäben demonstriert werden. Es wurde ein praxistauglicher, druckfester Prototyp für die Wasserstofftrocknung entwickelt. Eine erste wirtschaftliche Abschätzung lässt Amortisationszeiten von weniger als sechs Jahren erwarten.

**Ulf Roland, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Leipzig**  
ulf.roland@ufz.de  
DOI: 10.1002/cite.202300040

## Aluminium-angereichertes Biosilica

Alumosilikate werden breit eingesetzt als Sorbenzien, Ionenaustauscher und Katalysatoren. Üblicherweise werden sie mithilfe hydrothormaler Methoden synthetisiert. Mikroorganismen könnten „grünere“ Synthesewege eröffnen. So können Diatomeen Aluminium in ihre mikro- und nanostrukturierten Kiesel-erde-basierten Zellwände einbauen und auf diese Weise kompliziert strukturierte Alumosilikatmaterialien erzeugen. In einer Studie wurde gezeigt, dass *Thalassiosira pseudonana* bei einer in vivo Al-Anrei-

cherung die Struktur des gebildeten Biosilica nicht ändert. Durch Ätzen mit alkalischen Lösungen konnte die spezifische Oberfläche der Al-angereicherten Biosilica in vitro erhöht werden – eine mögliche zukünftige Methode für das Maßschneiden oberflächenabhängiger Eigenschaften.

**Eike Brunner, Professur für Bioanalytische Chemie, TU Dresden**  
eike.brunner@tu-dresden.de  
DOI: 10.1002/cite.202300018

## Präparative Chromatographie

Das pharmakologisch interessante Flavanoid Rutin ist in den Blütenknospen des Japanischen Schnurbaums (*Sophora japonica*L) in außergewöhnlich hohen Mengen enthalten. Unter bestimmten Bedingungen bei dessen Extraktion wird auch Quercitin als Hydrolyseprodukt gefunden, das die Wirkung von Rutin stören kann und abgetrennt werden muss. In einer Studie wurde gezeigt, dass eine repetitive Batch-Flüssigchromatographie dafür geeignet ist. Basierend auf der Bestimmung von Adsorptions-Gleichgewichtskonstanten

und Kolonneneffizienzen wurden die Produktivität des Trennprozesses abgeschätzt und Überlegungen zum Scale-up angestellt. Im Vergleich zur direkten Kristallisation von Rutin aus Rohextrakten scheint sie in der untersuchten Konstellation nicht wettbewerbsfähig.

**Andreas Seidel-Morgenstern, Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme, Magdeburg**  
seidel-morgenstern@mpi-magdeburg.mpg.de  
DOI: 10.1002/cite.202300050

## Wasserdiffusion in AIPO-5-Kristallen

Thermische Energie lässt sich mit thermochemischen Systemen speichern, die mit Adsorption und Desorption arbeiten. Neben Silicagel und Zeolithen könnten auch mikroporöse Aluminophosphat-Materialien in Frage kommen. In einer Studie wurde die Diffusion von Wasser in AIPO-5 mit einer Kombination aus Feldgradienten-NMR und IR-Mikroimaging untersucht. Der Prozess der Wasser-Sorption und -ausbreitung in die AIPO-5-Kristalle ließ sich so

direkt beobachten und visualisieren – in Bereichen von Millisekunden bis Sekunden und von 1 bis 100  $\mu\text{m}$ . Die erhaltenen Ergebnisse wurden mit experimentellen und simulierten Daten für das Wasser/AIPO-5-System verglichen und im Kontext seiner potenziellen Verwendung für Wärmespeicheranwendungen diskutiert.

**Roger Gläser, Universität Leipzig**  
roger.glaeser@uni-leipzig.de  
DOI: 10.1002/cite.202300072



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).

# Kompetenz für Effizienz

## 14. Jahrestreffen der Betriebsingenieure 2023

Im Fokus des 14. Jahrestreffens der Betriebsingenieure und Betriebsingenieurinnen der VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (VDI-GVC) stehen die Themen Effizienz und Nachhaltigkeit. Mit ihren Kompetenzen leisten Betriebsingenieure entscheidende Beiträge dazu, Anlagen höchst effizient zu betreiben und Prozesse optimal zu fahren. Die Veranstaltung im November bietet die Möglichkeit zum direkten und persönlichen Austausch.



### Keywords

- **Betriebsingenieure, VDI**
- **Lieferketten**
- **Energieeffizienz**
- **Nachhaltigkeit**
- **BING**

Die Produktion in der chemischen Industrie verantwortet die Herstellung einer breiten Palette von Produkten, die in unserem täglichen Leben unverzichtbar sind: von Arzneimitteln über Kunststoffe bis hin zu Treibstoffen. Doch dabei wird auch eine beträchtliche Menge an Energie verbraucht und Emissionen können entstehen.

In den letzten Jahren hat ein Paradigmenwechsel stattgefunden, bei dem die Branche auch mithilfe der Betriebsingenieure verstärkt auf Energieeffizienz und Nachhaltigkeit – aber auch auf stabile Lieferketten – setzt.

### Energieeffizienz als Schlüssel zur Nachhaltigkeit

Energieeffiziente Verfahren sind ein Schlüssel der modernen Produktion. Schon lange bevor die Energiepreise durch den Ukraine-Krieg massiv gestiegen sind, wurden die anfallenden Energie- und Stoffströme insbesondere in den großen Verbundstandorten vielfältig und synergetisch genutzt. Auch die Betriebsingenieure tragen seit jeher wesentlich dazu bei, Prozesse und Anlagen so zu optimieren, dass sie weniger Energie verbrauchen, ohne die Qualität oder die Aus-

beute der Produkte zu beeinträchtigen. Energieeffizienzmaßnahmen umfassen z.B. die Nutzung von Wärmerückgewinnungssystemen, die Optimierung von Reaktionsbedingungen und den Einsatz von energieeffizienteren Technologien.

Die Bemühungen der Chemie-Branche zur Reduzierung ihres ökologischen Fußabdrucks sind vielversprechend. Es ist zu erwarten, dass sie in den kommenden Jahren weiterhin innovative Lösungen entwickeln wird, um eine nachhaltigere chemische Industrie zu schaffen. Dies ist nicht nur für die Umwelt von Vorteil, sondern auch für die langfristige Wettbewerbsfähigkeit der Branche. Denn Energieeffizienz senkt nicht nur die Betriebskosten und erhöht die Versorgungssicherheit der chemischen Industrie, sie trägt auch dazu bei, die Treibhausgasemissionen zu reduzieren, die Klimaziele zu erreichen und somit den Produktionsstandort Deutschland zu sichern. Wie wichtig die chemische Produktion in Deutschland – auch die Produktion von Grundchemikalien – ist, um stabile Lieferketten zu gewährleisten, hat die Coronakrise mit großer Deutlichkeit gezeigt. Die Betriebsingenieure sind gefordert, weiterhin ihren Beitrag zur Ener-

gieeffizienz, zur Nachhaltigkeit und für eine Produktion mit stabilen Lieferketten zu leisten. Diese Leistungsanforderungen werden verstärkt im Zertifikatelehrgang „Betriebsingenieur VDI“ des VDI-Wissensforums aufgegriffen und spiegeln sich auch in der Themenvielfalt des diesjährigen VDI-Jahrestreffens der Betriebsingenieure wider.



Die Autorin

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

## Intelligente Instandhaltung und Energieoptimierung für Industrieanlagen



**Dipl.-Ing. Jens Schoene,**  
Henkel, Düsseldorf



**Dipl.-Ing. Maren Lambrecht,**  
Henkel, Düsseldorf

Manuelle Inspektionen von Kondensatableitern sind eine bekannte Herausforderung in der Industrie. Weil sie oft auf jährliche Intervalle beschränkt sind, kann die dadurch verzögerte Fehlererkennung aufgrund signifikanter Ausfallraten von Kondensatableitern zu erheblichen Energieverlusten und unnötigen CO<sub>2</sub>-Emissionen führen. Dies gilt insbesondere für im offenen Zustand ausfallende Kondensatableiter. Blockierte Kondensatableiter können wiederum Kondensatschau, Wasserschlag sowie die damit verbundenen Sicherheitsrisiken und Produktionsausfälle zur Folge haben.

Das IIoT-basierte System Loctite Pulse Smart Steam Trap bietet eine kontinuierliche Überwachung mit deutlich erhöhter Fehlererkennungsrate. Sensordaten

werden am Kondensatableiter erfasst, in die Cloud übertragen und deren Muster per künstlicher Intelligenz analysiert. Die dazugehörige App informiert über Unregelmäßigkeiten und potenzielle Probleme. Dadurch können Kunden unmittelbar auf Probleme wie offene oder blockierte Kondensatableiter reagieren. Durch die verkürzten Reaktionszeiten können Energieverluste signifikant reduziert, Risiken minimiert, die Prozesssicherheit gesteigert und die Produktqualität verbessert werden. So konnten bei Henkel in der Klebstoffproduktion am Standort Düsseldorf in den letzten sechs Monaten Einsparungen von 73.000 EUR erzielt und ein Return-of-Invest der Lösung von unter einem Jahr ermöglicht werden. (siehe CITplus Ausgabe 12/2023)

## CUI-Überwachung: Energieeinsparung mittels Isolierung und Korrosionsvermeidung

Themenkomplexe wie Nachhaltigkeit und Energieeinsparungen begleiten uns sowohl im Privatleben als auch in unseren Betreuungsbereichen der Anlagen. Alle Welt spricht von der logischen Tatsache, dass Wärmeverluste möglichst durch entsprechende Isolierung vermieden werden können, insbesondere um Energie einzusparen.

Aber Vorsicht: Das Gute was ich will – das Böse was ich aber tue! Energieeinsparung mittels Isolierung ist eine wichtige Maßnahme, kann aber bei falscher Durchführung auch zu einer nachhaltigen Schädigung von Anlagen oder Anlagenteilen wie Rohrleitungen führen. Die Gefahr von Korrosion unter

Isolierungen (CUI) ist grundsätzlich bekannt. Trotzdem zeigt eine Studie, dass noch immer etwa 60 Prozent von Rohrleitungsleckagen durch aufgetretene CUI verursacht wurden.

Wie ist das möglich und warum ist die CUI so schwer zu detektieren? Um CUI zu unterbinden, müssen die bekannten Randbedingungen, die zur CUI führen können, vermieden werden. Zu diesen Randbedingungen gehören unter anderem die Verwendung chloridarmer Isoliermaterialien und die Vermeidung von Feuchtigkeitszutritt in das Isoliermaterial. Auch gibt es Inspektionsmethoden, die effizient, sicher und zerstörungsfrei eingesetzt werden können.



**Dr.-Ing. Manuel Scholz,**  
TÜV SÜD Chemie Service,  
Frankfurt am Main



**Dr. Klaus Michael Fischer,**  
TÜV SÜD Chemie Service,  
Frankfurt am Main

## Predictive Maintenance – Erfahrungen aus der Praxis



**Dipl.-Ing. Dirk Lambrecht,**  
Merck Darmstadt

Prädiktive Instandhaltungstechniken versprechen eine Vielzahl von Vorteilen. Diese tatsächlich und möglichst vollumfänglich nutzen zu können, setzt ein stärker vernetztes interdisziplinäres Zusammenarbeiten der beteiligten Gewerke voraus – und das von Anfang an. Denn es betrifft nicht nur den reinen Betrieb, sondern beginnt bereits bei der Spezifikation (den Anforderungen) der Anlage und setzt sich über deren Planung (Bemessung), Beschaffung (Lieferantenauswahl) und Bau (wartungsfreundliche Konstruktion), Inbetriebnahme (Ausrichtung, Schwingungsdämpfung) bis schließlich zur Entsorgung (höhere nutzbare Lebensdauer) fort.

Entscheidend sind nicht nur der Stand der verfügbaren Technik (Technology Readiness Level), sondern auch die Erfahrungen aus der Praxis, das heißt insbesondere der historischen Daten und Erfahrungen von Betriebs-

mitarbeitern und Instandhaltungstechnikern. Zentraler Punkt der Predictive Maintenance (PM) ist die Modellierung der interessierenden Anlagenaspekte (digitaler Zwilling), um deren Zustand hinreichend genau erfassen zu können. Hierbei handelt es sich um einen iterativen Prozess, der möglichst „nah am Objekt und direkt am Markt“ stattfinden sollte.

Anlagen sollten möglichst in der Nähe ihres Auslegungspunktes betrieben werden – dann arbeiten Sie am dauerhaftesten und effizientesten. Auch hierfür kann häufig die vorhandene Sensorik verwendet werden, um zum Beispiel definierte Energieeffizienzkennzahlen online zu überwachen und Vergleiche zwischen Anlagen innerhalb vordefinierter Cluster zu ermöglichen. Ein Aspekt, der sich gleichermaßen positiv auf Produktionskosten und Nachhaltigkeit auswirkt.



Dipl.-Ing. Frank Zahorski,  
ITEMA, Merseburg

## Integration infraroter Sensorik in die Anlagenüberwachung – Stand und Trends

Temperatur ist sowohl eine wesentliche Prozessgröße als auch Indikator für den Anlagenzustand. Zur berührungslosen Temperaturmessung aus der Distanz kann Infrarothermografie angewendet werden. Die an der äußeren Oberfläche gewonnenen Temperaturinformationen erlauben die Beurteilung von Isolierungsqualität, Reaktionsführung oder die Erkennung kritischer Zustände. Typische Anwendungen für fest installierte Überwachungen sind Fackelüberwachung, Hot-Spot-Detektion, flächige Temperaturdokumentation. Mittels mobiler Kamerasysteme in Schutzgehäusen lassen sich auch Inbetriebnahmen oder temporäre Prozessoptimierungen realisieren. Als Messergebnisse können bereitgestellt werden: Temperatur-Zeit-Verläufe, Infrarotvideos oder digitale Schaltsignale

bei Alarmzuständen. Eine weitere Anwendung strahlungsphysikalischer Gesetze ist die optische Gasdetektion. Wird eine hochempfindliche Infrarotkamera um einen gekühlten Spektralfilter im Bereich der Absorptionsbande des zu detektierenden Gases ergänzt, so wird das Gas vor seinem Hintergrund als „Wolke“ oder „Nebel“ sichtbar. Dies kann dann mit mobilen oder fest installierten Kameras visualisiert werden. Für Methan – das im Rahmen von Klimaschutzbemühungen besonders im Fokus steht – und viele andere Kohlenwasserstoffe kann eine Quantifizierung von Leckagen durchgeführt werden, um die Emissionsminderung mit einem betriebswirtschaftlichen Hintergrund zu versehen. Die CO<sub>2</sub>-Gaskamera kann zum Beispiel sehr effizient für Dichtheitstests eingesetzt werden.

## Pinch-Analyse – Konzepte für Wärmeeffizienz und Dekarbonisierung

Die Wärmewende ist als wichtige Säule der Energiewende in aller Munde. Wie können wir in der Prozessindustrie hierzu beitragen? Die Dekarbonisierung durch eine CO<sub>2</sub>-freie Wärmeversorgung steht bei dieser Frage im Fokus der Diskussion. Jedoch sollten auch Maßnahmen zur Erhöhung der Wärmeeffizienz ergriffen werden, um zuerst den zu bedienenden Wärmebedarf zu verringern.

Die Pinch-Analyse ist ein etabliertes Tool zur Optimierung ebendieses Wärmebedarfs. Sie liefert – durch eine strukturierte Betrachtung des Wärmeflusses durch die Anlage – einen individuellen Zielwert für die optimale Menge der einzusetzenden Wärme, der praktisch erreichbar ist. Darauf aufbauend stellt sie eine Methode zur Verfügung, um Veränderungen in der Wärmerückgewinnung zu identifizieren, damit dieser Zielwert erreicht werden kann. Darüber hin-

aus kann die Pinch-Analyse dazu dienen, Temperaturveränderungen im Prozess auf ihre Wirkung auf dem Gesamtwärmebedarf zu bewerten.

Wie eine Wärme-Kraft-Maschine nutzen auch unsere Prozessanlagen Wärme bei hoher Temperatur und geben sie bei niedriger Temperatur als Abwärme wieder ab, um ihre betrieblichen Aufgaben zu erfüllen. Diese Abwärme kann durch Wärmepumpen wieder auf ein nutzbares Temperaturniveau gebracht werden. Dadurch wird der externe Wärmebedarf verringert und, wenn die Wärmepumpe mit Strom aus erneuerbaren Quellen betrieben wird, eine – zumindest teilweise – Dekarbonisierung des Prozesses erreichen. Die Pinch-Analyse hilft dabei, das Potenzial für Wärmepumpen-Anwendungen zu bestimmen und diese dann korrekt im Wärmefluss zu platzieren.



Dr. Karsten Liebmann,  
Pinch-Analyse & Energieberatung  
KMU, Mülcheln



Dipl.-Ing. Norman Schröter,  
Evonik Operations, Hanau

## Engineering Data powers Operation – Der digitale Zwilling für Bestandsanlagen

Ein digitaler Zwilling liefert einen erheblichen Mehrwert über den gesamten Asset-Lifecycle unserer Produktionsanlagen. Die Haupttreiber der Digitalisierung von Anlagen sind der verbesserte Zugang zu Informationen sowie die Datenkonsistenz. Konsistenz der Informationen zwischen den Systemen verhindert, dass Ersatzteile doppelt vorhanden sind, falsche Informationen an Wartungs- und Technikpersonal weitergegeben werden oder wertvolle Zeit für die Informationsvalidierung aufgewendet wird.

Die Reise in den digitalen Zwilling startet mit der Definition eines Datenmodells. Hierfür wurde ein Asset-Lifecycle-Datenmodell entwickelt, um ein system- und plattformübergreifendes Daten- und Dokumentenmanagement zu ermöglichen. Das Evonik-ALC-Datenmodell basiert

auf internationalen Normen und stellt die Datenstrukturen und -beschreibungen bereit, die für das Management von Schnittstellen und die Unterstützung der Managementprozesse notwendig sind. Es muss sichergestellt werden, dass alle Werkzeuge, die mit dem ALC-Datenmanagement in Verbindung stehen, dem ALC-Datenmodell folgen. Da der digitale Zwilling die Datenquelle für die gesamte künftige Digitalisierung darstellt, ist es von entscheidender Bedeutung, dass die Aktualisierung von Daten und Dokumenten in den Änderungsmanagementprozess aller Arbeitsschritte entlang des Lebenszyklus integriert wird, um die Aktualität und den Nutzen des digitalen Zwillings sicherzustellen.

## Digital Data Chain – Digitale Datenketten über den gesamten Lebenszyklus zum intelligenten Austausch von Produktinformationen – Eine praktische Umsetzung



Dipl. Kffr., M.A. Romy Möller,  
KSB



Dr. Christian Poppe,  
Covestro Deutschland

Innerhalb der Lieferketten stehen die Hersteller, Betreiber und Serviceanbieter vor großen Herausforderungen beim Austausch von Produktinformationen. Aktuell erfolgt dieser Informationsaustausch vorwiegend in Papierform oder über verschiedene PDF-Dokumente und Kanäle hinweg. Dies ist häufig mit Medienbrüchen und hohem manuellem Aufwand verbunden. Die Anforderungen an die digitalen Datenketten werden aufgrund neuer rechtlicher Anforderungen und im Rahmen der EU Ecodesign Regulation weiter stark steigen. Zudem werden im Lebenszyklus eines Equipments die Informationen hauptsächlich in der Betriebsphase und in anderer

als bisher bereitgestellter Form benötigt – nämlich nach Anwendungsfall spezifiziert. Die Information muss also schon bei der Erstellung und Übergabe vom Hersteller an den Betreiber geeignet aufbereitet werden. Digitalisierung und Standardisierung bieten ideale Lösungsansätze, um die aktuellen und neuen Herausforderungen zu meistern. Die heute verfügbaren Technologien ermöglichen die Automatisierung von bisher manuellen Arbeiten zur Weitergabe der Informationen und zur Vereinfachung der komplexen Suche nach anwendungsbezogenen Inhalten. Dazu bedarf es der Standardisierung und digitaler Prozesse über die gesamte Lieferkette hinweg.

### Betreiberpflicht: Diffuse Emissionen in der TA Luft

In der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft von 1983 gab es bereits Anforderungen an die „dampf- oder gasförmigen Emissionen“ beim Verarbeiten, Fördern und Umfüllen von flüssigen organischen Stoffen. In der TALuft 2002 kam die Anforderung an eine Bestandsaufnahme für Pumpen und Absperrorgane hinzu. Die TALuft 2021 wurde nun weiter konkretisiert und an den Stand der Technik angepasst. Die Anpassungen werden derzeit durch die Behörden überprüft. Doch Anforderungen an diffuse Emissionen sind nicht nur in der TALuft 2021 festgelegt. Im Dezem-

ber 2022 wurden die BVT-Schlussfolgerungen (Beste verfügbare Technik) zu den Common Waste Water and Waste Gas Treatment Systems (WGC BREF) von der Europäischen Kommission verabschiedet. Die Schlussfolgerungen, die auch Anforderungen an diffuse Emissionen von bestimmten Chemieanlagen stellen, haben es in sich. Es wird gespannt auf die nationale Umsetzung, die hoffentlich zeitnah erfolgt, gewartet. Denn die bereits bestehenden rechtlichen Unsicherheiten werden durch eine nicht zeitnahe Umsetzung noch weiter verschärft.“



Dr. Silke Torchiani,  
ESHQ Service/Site Management,  
Evonik Operations, Hanau

### Treffen von Betriebsingenieuren

*In den sechs VDI-Regionalgruppen an den großen Chemiestandorten Deutschlands werden regelmäßige Treffen von Betriebsingenieuren für Betriebsingenieure organisiert. Diese Treffen bieten wichtige Austausch- und Fortbildungsmöglichkeiten auf kurzen Wegen. Alle Betriebsingenieure sind herzlich eingeladen, daran teilzunehmen. Die Teilnahme ist kostenlos, alle Themen und Termine: [www.vdi.de/gvc/betrieb](http://www.vdi.de/gvc/betrieb)*

### Fachliche Schwerpunkte

#### Anlagentechnik und Methoden

- Intelligentes Condition-Monitoring zur Anlagenüberwachung
- CUI-Überwachung: Energieeinsparung mittels Isolierung und Korrosionsvermeidung
- Predictive Maintenance

#### Energieeffizienz und Digitalisierung

- Pinch-Analyse: Konzepte zu Wärme-Effizienz und Dekarbonisierung

- *Engineering Data powers Operation – Der digitale Zwilling für Bestandsanlagen*

#### Betreiberpflichten

- *Betreiber-Dokumentation der Zukunft: Digital Data Chain und digitale Lebenslaufakte*
- *Diffuse Emissionen in der TA Luft*

Wiley Online Library



VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und  
Chemieingenieurwesen (GVC)

Dr. Ljuba Woppowa · Tel.: +49 211 6214-266  
[gvc@vdi.de](mailto:gvc@vdi.de) · [www.vdi.de/gvc](http://www.vdi.de/gvc)

# Fachkräfte für die Chemieindustrie

Strategien im Personal- und Wissensmanagement –  
Interview mit Helmut Grahl, Personalleiter, Worlée-Chemie

LEISTUNG  
WISSEN  
ERFAHRUNG  
KOMPETENZ

©Matthias Richter - stock.adobe.com

Der demografische Wandel verändert auch die Altersstruktur in Unternehmen der Chemieindustrie. Es gilt, nicht nur junge Fachkräfte zu gewinnen, sondern auch Wissen und Erfahrung für die nachfolgende Generation zu sichern. CITplus fragt bei mittelständischen Chemieunternehmen nach, wie sie diesen Herausforderungen begegnen und welche Lösungen sie zum Wissensmanagement gefunden haben.

**CITplus:** Herr Grahl, wie ist ihre Personalsituation derzeit mit Blick auf die verschiedenen Abteilungen und Aufgabenbereiche des Unternehmens? Beeinträchtigt ein Personal-mangel die wirtschaftlichen Entwicklungschancen des Unternehmens?

**Helmut Grahl:** In den vergangenen Jahren haben wir eine stabile, durch Qualifizierung und Optimierung geprägte, minimal rückläufige Perso-

naldecke, die sich überwiegend durch natürliche Fluktuation, also Renteneintritte, verringert hat. Durch eine ERP-Umstellung sind aktuell einige Abteilungen von Mehrarbeit betroffen, doch die Personalsituation wurde auf diese Herausforderung angepasst. Sofern wir Überlastungen feststellen, justieren wir nach. Wir sehen daher keinen zwingenden Personal-mangel in der jetzigen Situation. Wir stellen lediglich eine deutlich verlängerte Rekrutierungszeit fest, auf die wir uns eingestellt haben. Hier hilft nur eine gute Zukunftsplanung und Strategie sowie Kommunikation zwischen den Abteilungen und der Geschäftsleitung.

**Welche Maßnahmen ergreifen Sie aktuell und planen Sie in ihrem Unternehmen und darüber hinaus, um einem Fachkräftemangel entgegenzuwirken?**

**H. Grahl:** Aktuell bilden wir in unserem Werk in Lauenburg Chemikanten sowie Chemielaboranten aus. Im nächsten Jahr werden wir wieder Industriekaufleute ausbilden und planen ebenso in den darauffolgenden Jahren die Ausbildung bedarfsorientiert auf die übrigen gewerblichen Bereiche (Lager/Versand, Schlosserei, Elektrik) weiter auszubauen. Bereits jetzt sind wir an den umliegenden Schulen und Universitäten prä-

Helmut Grahl, Personalleiter,  
Worlée-Chemie



Keywords

- *Fachkräfte-Recruiting*
- *Demografischer Wandel*
- *Wissensmanagement*

sent. Diese Zusammenarbeit möchten wir intensivieren, da wir vor allem durch Schülerpraktikanten unsere Auszubildenden gewinnen.

Weiterhin bieten wir auch regelmäßig Traineeprogramme, zum Beispiel für Ingenieuren oder Meisterkurse für Chemikanten an. Wir nutzen des Öfteren auch die Gelegenheit für kleinere Projekte Werkstudenten einzusetzen, Bachelor- oder Masterarbeiten zu betreuen, und lernen so auch interessante Fachkräfte kennen, die nicht selten im Unternehmen integriert werden. Zusätzlich möchten wir vermehrt duale Studiengänge anbieten.

**Welchen Stellenwert hat Bildung, Ausbildung, Weiterbildung in Ihrem Unternehmen?**

**H. Grahl:** Der Stellenwert ist in den letzten Jahren enorm gestiegen. Die Unternehmer haben erkannt, dass Stillstand in der Führung auch Stillstand im Unternehmen bedeutet. So ist im letzten Jahr ein sehr umfangreiches Führungskräfteentwicklungsprogramm gestartet, in dem wir in der gesamten Firmengruppe knapp 90 Führungskräfte schulen, vom Teamleiter bis zur Geschäftsführung. Zudem bieten wir neben digitalen Lernkursen für alle Mitarbeiter auch



persönliche, individuelle Weiterbildung sowie Beurteilung von Selbstanalysen mit anschließenden Entwicklungsgesprächen.

Mit der Erweiterung der Aus- und Weiterbildung sichern wir uns die Fach- und Führungskräfte von morgen.

#### **Welche Lösungen nutzen Sie, um Wissen und Erfahrungen sowie Änderungen zu kommunizieren, zu vermitteln und zu konservieren?**

**H. Grahl:** Das Wissen befindet sich überwiegend in den Köpfen unserer Mitarbeiter. Mit guten und vor allem rechtzeitigen Nachfolgeregelungen sowie ausführlichen Vertreterregelungen sehen wir uns hier gut aufgestellt. Erweitert wird unser Wissensmanagement durch den Aufbau von Wissensdatenbanken. Hier arbeitet einer unserer Forscher an einem größeren Projekt zu diesem Thema. Das Thema Change ist durch unsere ERP-Umstellung sehr präsent. Hier werden wir durch einen erfahrenen Partner mit mehreren Workshops begleitet.

#### **Welchen Beitrag kann die Digitalisierung gegen den Fachkräftemangel leisten und welche Maßnahmen zur Digitalisierung unterstützen ihr Personal in der Bewältigung seiner Aufgaben?**

**H. Grahl:** Die Digitalisierung wird zukünftig eine größere Rolle spielen. In unserem Fall bedeutet dies die aktuelle Umstellung auf ein neues und modernes ERP-System. Durch einfachere und schlankere Prozesse erwarten wir uns eine deutlich stärkere Unterstützung des Programms zum Beispiel in Bestellvorschlägen, in der Produktionsplanung oder in der Abwicklung. Das Wissen, was sich jetzt in den Köpfen befindet, soll sich zukünftig in den Prozessen wiederfinden. Auch im HR-Bereich planen wir ein neues HR-Tool einzusetzen. Doppelte oder sogar dreifache Arbeiten fallen dann weg. Auswertungen können einfacher und schneller generiert werden. So bleibt beispielsweise

mehr Zeit für die Personalbetreuung und – Entwicklung, Personalmarketing, Gesundheitsthemen etc.

#### **Stellen Sie repräsentative Unterschiede in den Erwartungen und in den Ausgangsvoraussetzungen ihrer Bewerber und Arbeitnehmer verschiedener Generationen fest und wenn ja, welche?**

**H. Grahl:** Besonders am Standort Lauenburg stellen wir fest, dass für potenzielle Bewerber die Regionalität die größte Rolle spielt. In Zeiten von Work-Life Balance ist kaum noch jemand bereit, Fahrtwege über eine Stunde hinzunehmen. Die junge Generation an Fachkräften ist da noch eher bereit, in die Region zu ziehen, so jüngst mit einem frisch von der Uni eingestellten Ingenieur geschehen. Die junge Generation sucht gute Entwicklungsmöglichkeiten, ein ordentliches Gehalt, möchten aber ebenso eine ausgewogene Balance zwischen Arbeit und Privatleben. Die ältere Generation ist durch Familie und Freunde oft verwurzelt und eher weniger bereit, umzuziehen, nutzt aber auch gerne die neuen Möglichkeiten des mobilen Arbeitens.

#### **Was erwarten Sie von der Politik, um dem demografischen Wandel und dem damit verbundenen Kompetenz- und Fachkräfteverlust zu begegnen?**

**H. Grahl:** Von der Politik erwarten wir ein solide und auf die Zukunft gerichtete Familienpolitik. Karriere und Kind ist leider nach wie vor für viele Frauen keine Option. Hier kann nur eine deutlich ausgedehnte und vor allem bezahlbare Kinderbetreuung für Berufstätige helfen.

In unsere Jugend muss investiert werden, denn das ist unsere Zukunft. Für die Schulen muss zwingend Geld in die Hand genommen werden, um sie personell und technisch vorzuzustellen. Es ist erschreckend, wie viele Stunden in den Schulen ausfallen.

### Worlée-Chemie

Als Lieferant, Veredler und Produzent beliefert Worlée Kunden in aller Welt mit hochwertigen chemischen, natürlichen und kosmetischen Rohstoffen. Das Sortiment umfasst Acryl- und Alkydharze auf Wasser- und Lösungsmittelbasis, Polyester, Polyesterpolyole, Polyetherpolyole, Epoxidester und zahlreiche Additive für die unterschiedlichsten Anwendungen. Mit über 170 Jahren Erfahrung in der Branche und unzähligen Produktinnovationen ist Worlée unermüdlich bestrebt, bestehende Produkte und Prozesse zu optimieren. Nachhaltiges Denken und Handeln ist ein wesentlicher Schwerpunkt von Worlée, das bereits viele seiner Bindemittel auf der Basis nachwachsender Rohstoffe herstellt.

#### **Was macht Sie als Unternehmen besonders attraktiv für Arbeitnehmer und Arbeitnehmerinnen und welche Perspektiven eröffnen sich für Arbeitnehmer und Arbeitnehmerinnen in ihrem Unternehmen?**

**H. Grahl:** Durch die Anwendung der Tarifverträge zur chemischen Industrie bieten wir einen der attraktivsten Tarifverträge für Arbeitnehmer innerhalb Deutschlands. Neben guten Gehältern, 30 Tagen Urlaub plus fünf zusätzliche mögliche freie Tage, einer umfassenden sozialen Abdeckung mit betrieblicher Altersversorgung, Berufsunfähigkeitsversicherung sowie der tariflichen Pflegezusatzversicherung erweitern wir dieses Spektrum mit einer betrieblichen Krankenzusatzversicherung, Langzeitkonten für einen möglichen früheren Renteneintritt sowie diverse Vor-Ort Angeboten, wie Massagen oder Gesundheitstage.

Für die nächsten Generationen bieten sich hervorragende Entwicklungsmöglichkeiten, da wir in den kommenden fünf bis zehn Jahren fast die gesamte mittlere bis obere Führungsebene ersetzen müssen, da die „Babyboomer“ in dieser Zeit in die wohlverdiente Rente gehen.

Zukünftig werden wir aber auch unseren Fokus stärker auf unsere Talente legen. Wir möchten konkrete Wege aufzeigen, die es für motivierte Mitarbeiter geben kann, sich zu entwickeln. Egal ob in eine Fach- oder Führungslaufbahn.

#### **Das Interview führte Dr. Etwina Gandert, Chefredakteurin CITplus.**

Wiley Online Library



Worlée-Chemie GmbH, Hamburg  
Tel.: +49 40 73333 - 0  
service@worlee.de · www.worlee.de

# VDI-Trendforum – Es braucht Finanzmittel und Technologien sowie Menschen und Mut

„Innovative Lösungswege für eine CO<sub>2</sub>-arme Welt“ war das diesjährige Thema des VDI-Trendforums. Circa 100 Teilnehmer waren zur Veranstaltung nach Ludwigshafen gekommen und konnten in Führung über das BASF-Werksgelände einen Einblick in die Chemieproduktion gewinnen. Der Nordbadisch-Pfälzische VDI-Bezirksverein hatte eingeladen und Experten der BASF referierten über Produkte und Prozesse der chemischen Industrie und deren innovative Lösungen für die Dekarbonisierung. Gleich zu Beginn der Vorträge wurde deutlich, dass die BASF das Thema Dekarbonisierung und Klimaschutz ernst nimmt. Der Konzern werde seine CO<sub>2</sub>-Emissionen zum Vergleichsjahr 2018 bis 2030 um 25 % senken und bis 2050 klimaneutral produzieren, wie Christian Seemann, Senior Vice President EST Technischer Site Service BASF Ludwigshafen, betonte. Der Konzern werde bis 2030 bis zu 4 Mrd. EUR zum Erreichen seiner Klimaschutzziele investieren. Für diese Transformation sei der Ausbau der erneuerbaren Energien eine Grundvoraussetzung. Technische Lösungen hat der Konzern bereits einige entwickelt, die zum Teil bereits in Pilotphasen getestet werden, darunter ein elektrisch betriebener Steam-Cracker-Ofen oder die CO<sub>2</sub>-freie Herstellung von Wasserstoff. Auch der Einsatz von Wärmepumpen für die CO<sub>2</sub>-freie Dampferzeugung ist Teil des Transformationsprozesses. Seemann betont auch, dass eine enge Zusammenarbeit zwischen Politik und Industrie notwendig sei, um durch eine positive Regulierung die Wettbewerbsfähigkeit auf dem internationalen Markt zu sichern. Auch seien die Verbraucher gefragt, die bereit sein müssten, für nachhaltig erzeugte Produkte einen höheren Preis zu zahlen.

## Die Hebel für mehr Effizienz

Doch klar muss sein, dass ein Konzern solche Investitionen nur tätigen kann, wenn sie sich langfristig rechnen. Die steigenden Energiepreise und die CO<sub>2</sub>-Abgaben sind wichtiger Treiber dafür. Helya Masoud Moghadam, Vice President Energy Supply Verbundstandort Ludwigshafen, stellte die Strategie und Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Reduktion am Standort vor. 2019 erzeugt der Standort etwa 7,3 Mio. t CO<sub>2</sub> pro Jahr, wovon etwa 2,9 Mio. t CO<sub>2</sub> auf die Energieversorgung entfallen. Bereits seit 2019 werde über die Hälfte des Dampfes aus Abhitze erzeugt, die Kraftwerke bedienen den restlichen Bedarf des Standorts aus Gas und anderen Brennstoffen. Der Footprint des Standorts bezogen auf Strom liege bei



Prof. Dr. Andreas Föhrenbach, Jan Garbe, Helya Masoud Moghadam, Christian Seemann (v.r.n.l.)

214 g CO<sub>2</sub> pro kWh. Im Vergleich dazu: der CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor für den Strommix in Deutschland beträgt im Jahr 2022 434 g CO<sub>2</sub> pro kWh. Die Maschinenbauingenieurin erläuterte die fünf Hebel der BASF, um im Transformationsprozess voranzuschreiten. Dazu zählen in der Infrastruktur der Ausbau der erneuerbaren Energien, Dampferzeugung aus Strom sowie die Entwicklung neuer Technologien für die Entsorgung bzw. die Verwertung von Rückständen. In der Produktion setzt der Konzern auf die Weiterentwicklung der Anlagen und Verfahren und sowie auf eine nachhaltige Rohstoffbasis. Die Möglichkeiten, die Effizienz der Prozesse zu steigern, erläuterte Jan Garbe, Vice President Electrical & Instrumentation, BASF Ludwigshafen, im dritten Vortrag dieses Abends. Er betonte, dass es Finanzmittel und Technologie sowie Menschen und Mut brauche, um in der Transformation voranzugehen. Erst ein tiefes Prozessverständnis und Kenntnis der Zusammenhänge an einem Verbundstandort machten es möglich, den CO<sub>2</sub>-Footprint signifikant zu senken. Für mehr Prozess- und Anlagenverständnis und -effizienz brauche es mehr Daten, die die Digitalisierung und neue Automatisierungstechnologien liefern werden. Diese werden auch helfen, mit dem zunehmenden Fachkräftemangel klarzukommen. Dazu gab der Automatisierungsexperten dem Auditorium einen Ausblick, wie in fünf bis zehn Jahren Anlagen teilautonom fahren könnten. Die Herausforderungen bestünde hierbei darin, bestehende Anlagen entsprechend für die

Zukunft weiterzuentwickeln. Mess- und Prozessanalysetechnik werden hierfür Werkzeuge liefern, die noch bessere, gehobene und vorausschauende Regelungen ermöglichen. An eine beispielhafte Analyse und transparente Auswertung der Energiebedarfswerte einer Anlage zeigte er, dass zwar schon ein hoher Automatisierungsgrad vorliege, die Erfahrung der Anlagenfahrer jedoch einen nicht unerheblichen Einfluss auf den Energiebedarf hat. Daraus lässt sich schließen, dass noch Luft nach oben ist, um das Optimum zu erreichen und dass dafür ein fachlicher Austausch mit den Betriebsleitern notwendig sei. Mit der Expertise in der BASF, ist Garbe optimistisch, werden die Möglichkeiten zu Effizienzsteigerung bei neuen Anlagen wie auch bei bestehenden Anlagen in die Praxis umgesetzt werden können.

Nachfolgend gab der Gastgeber Prof. Dr. Andreas Föhrenbach, Vorsitzender des Nordbadisch-Pfälzischer VDI-Bezirksverein, die Gelegenheit zur Beantwortung von Fragen aus dem Auditorium. Der Abend schloss mit interessanten Diskussionsrunden beim Get-together. Die Veranstaltungsreihe Trendforum wird voraussichtlich 2025 fortgesetzt. (ega)

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

Wiley Online Library



# SPS 2023 – Treffpunkt für Automatisierungs- und Messtechnikexperten

Vom 14. bis 16. November 2023 trifft sich die Automatisierungsbranche wieder in Nürnberg. Auf der Fachmesse SPS – Smart Production Solutions werden in 16 Messehallen über 1.200 Aussteller erwartet. Neben den neusten Innovationen bietet der Branchentreff Interessenten die Möglichkeit, vor Ort praxisnahe und zukunftsweisende Technologien hautnah zu erleben und sich mit den Automatisierungsexperten auszutauschen.

Besucher der SPS 2023 können im November ihr Netzwerk erweitern, Kontakte zu potenziellen Partnern knüpfen, gemeinsame Geschäftsmöglichkeiten erkunden und sich zu den neusten Automatisierungsthemen informieren: Neben den stark nachgefragten klassischen Automatisierungsthemen Steuerungstechnik, Antriebstechnik und Sensorik gewinnt der Bereich der Software & IT in der Fertigung immer mehr an Bedeutung. Bei einigen Ausstellern wird unter anderem beleuchtet, welche Automatisierungsfunktionen zukünftig eher direkt an der Maschine, am Edge oder sogar in der Cloud abgebildet werden. Diese Entwicklung hat bspw. durch Siemens, die im Frühjahr eine speicherprogrammierbare Steuerung als rein cloudbasierte Software-Variante vorgestellt hat, Fahrt aufgenommen. Damit einhergehend rücken auch die Themen Künstliche Intelligenz und IT-Security in der Automatisierungswelt weiter in den Vordergrund, was sich in dem Angebot vor Ort widerspiegeln wird.

## Internationale Besucher 2022 stark vertreten

Besucher profitieren unter anderem von dem breit gefächerten Angebot der nationalen und internationalen Automatisierungsanbieter und erlangen einen einmaligen Einblick in führende Technologien der Branche. Laut der Ergebnisse der Vorjahresveranstaltung stammen von 43.813 Besuchern insgesamt 12.652 aus dem Ausland, was einem Anteil von 29 % entspricht.

Driving the world

**SEW**  
EURODRIVE

## Energiesparen mit IE5-Lösungen



### Modularität macht den Unterschied – auch beim Energiesparen

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

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



[www.sew-eurodrive.de/synchronmotoren-dr2c](http://www.sew-eurodrive.de/synchronmotoren-dr2c)

## Umfangreiches Rahmenprogramm

Mit einem umfangreichen Vortragsprogramm auf den Foren in den Hallen 3, 6 und 8 informiert die Messe zu aktuellen Themen aus der Automatisierungsbranche. Das Programm der Technology Stage in Halle 3, bespielt von den beiden Verbänden VDMA und ZVEI, wird zusätzlich live über die digitale Ergänzung „SPS on air“ ausgestrahlt und steht digital in den Sprachen Deutsch und Englisch zur Verfügung. Die Schwerpunktthemen der Podiumsdiskussionen, Produktpräsentationen oder Keynotes sind in diesem Jahr:

- Digital transformation/Industrie 4.0
- Industrielle Kommunikation
- Safety & security
- Datengesteuerte und intelligente Konzepte zur Steuerung und Visualisierung
- Sensorinnovationen
- Drives
- Nachhaltigkeit durch Automatisierung

In Halle 6 bietet der langjährige und etablierte „Automation meets IT“-Gemeinschaftsstand mit rund 24 Ausstellern Besuchern die Möglichkeit umfassende Einblicke in spezifische Themen zu erhalten und sich von den Anbietern individuell beraten zu lassen.

### Die Themengebiete des

#### Gemeinschaftsstandes sind wie folgt:

- IT-Management für die Fertigung
- Cloud- und Edge-basierte Lösungen und Services
- Security-Maßnahmen für die Fertigung
- IoT- und KI-basierte Lösungen
- Open Source

Auf dem BMWK-Stand in Halle 8 können sich Besucher außerdem bei jungen innovativen Unternehmen aus Deutschland über neue und verbesserte Produkte, Verfahren und Dienstleistungen informieren. Gefördert wird dies vom

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. Darüber hinaus ist in der Halle 8 ein Bereich für Start-ups geplant.

### Messe online

Bereits ab September haben Interessenten die Möglichkeit, über die „SPS on air“ Kontakte zu knüpfen, Termine online und/oder vor-Ort zu vereinbaren und sich einen Überblick über das diesjährige Messeangebot zu verschaffen. Eine Woche vor der physischen Veranstaltung, am 08.11.2023, findet das digitale Pre-Heat Event statt, bei dem Aussteller einen Vorgeschmack darauf geben, was Besucher in Nürnberg bei ihnen auf dem Messestand erwarten können. Die digitalen Inhalte werden über die Messtage hinaus bis Ende des Jahres auf der Plattform verfügbar und somit jederzeit abrufbereit sein.

[www.sps-messe.de](http://www.sps-messe.de)





**WIR MACHEN NICHT HUNDERT  
SACHEN. WIR MACHEN  
EINEN RADARSENSOR FÜR ALLES.  
THE 6X®**

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

**VEGA. HOME OF VALUES.**

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

**SPS – smart production solutions, Halle 7A, Stand 102**

**VEGA**



## Keywords

- *Drucksensor*
- *Wasserstoff*
- *Goldbeschichtung*

# Zuverlässige Druckmessung in der Wasserstoffproduktion

Wie das Unternehmen Messer Industriegase höchste Anlagenverfügbarkeit erreicht

Messer Industriegase ist ein familiengeführtes, global aktives Unternehmen für Industrie-, Medizin- und Spezialgase. Am Standort Castrop-Rauxel erzeugt Messer seit 2020 stündlich 2.700 Nm<sup>3</sup> Wasserstoff in einem Dampfreformer. In der Anlage gibt es viele Sicherheitseinrichtungen, bei der die Druckwerte eine entscheidende Rolle spielen. Hier kommen Messgeräte von Endress+Hauser zum Einsatz, die den Herausforderungen der Wasserstoffproduktion gerecht werden, u.a. durch eine goldbeschichtete Membran.

Die benötigten Druckmessungen bei der Dampfreformierung sind in der Realisierung anspruchsvoll. Während des Herstellungsprozesses des Wasserstoffs herrschen Temperaturen von über 900 °C. Bei der Abfüllung müssen die Wasserstoffmoleküle aufgrund ihrer geringen Dichte stark komprimiert werden, das geschieht bei bis zu 200 bar. Einige Prozessschritte weiter vorne liegt der Druck im Reformierofen teilweise im Millibar-Bereich – kurz gesagt große Tempe-

ratur- sowie Druckschwankungen im Laufe des Produktionsprozesses. Die größte Herausforderung bei der Druckmessung ergibt sich aus der Diffusion. Die winzigen Wasserstoffmoleküle können die dünne Metallmembran der ölbefüllten Sensoren durchdringen. Der Wasserstoff sammelt sich in der Druckübertragungsflüssigkeit an und bildet bei Sättigung Blasen im System. Das kann zu einer Nullpunktverschiebung und Fehlfunktionen der Transmitter führen.

## Goldmembran verhindern Diffusion

Endress+Hauser hat Druckmessgeräte im Dampfreformer von Messer installiert, die den Anforderungen der Wasserstoffproduktion gerecht werden: Eine 25 µm dicke Goldbeschichtung der Metallmembran verhindert zuverlässig, dass Wasserstoff durch die Membran in die Druckmesszelle diffundiert. Gleichzeitig überwachen sich die Geräte ohne Unterbrechung des Anlagenbetriebs mit sehr

hoher Diagnoseabdeckung von >95 % automatisch. Bei der Inbetriebnahme der Druck- und Differenzdrucktransmitter führt ein digitaler Assistent den Bediener Schritt für Schritt durch den Arbeitsprozess. Weitere Assistenten für die SIL-Verriegelung und SIL-Wiederholprüfungen können die Arbeitsschritte speziell in Sicherheitseinrichtungen beschleunigen sowie systematisch Fehler vorbeugen. Die Bluetooth-Verbindung in Kombination mit der Endress+Hauser SmartBlue-App ermöglicht einen komfortablen Zugriff auf das Gerät.

### Resultate aus der Praxis

Im Reformierofen der Anlage von Messer reagiert ein Gemisch aus Wasserdampf und Erdgas zu Wasserstoff. Dieser wird anschließend in einer Druck-Wechsel-Adsorption nachgereinigt und verdichtet. Nachdem Messer die Anlage in Castrop-Rauxel in Betrieb genommen hatte, traten wiederholt Fehler bei der Druckmessung im Ofen auf. Wie bekamen die Verantwortlichen das Problem in den Griff? Der Produktionsleiter Florian Wagner erläutert: „Wir haben die ursprünglich verbauten Instrumente mit Geräten von Endress+Hauser ausgetauscht, deren Membran mit einer Goldbeschichtung geschützt ist. Seitdem läuft die Druckmessung zuverlässig und störungsfrei.“

Die Druck- und Differenzdruckmessgeräte werden unter anderem im Dampfkessel, im Wärmetauscher, im Erdgasverdichter und in der Abfüllung eingesetzt. Auch im Reformierofen – dem Herzstück der Anlage – sind Instru-



„  
Die Inbetriebnahme war ganz einfach. Das Assistenzprogramm des Geräts hat unsere Mitarbeiter Schritt für Schritt angeleitet.“

Florian Wagner, Produktionsleiter Messer Industriegase

mente der neuen Cerabar- und Deltabar-Generation verbaut. Sie verfügen über verschiedene Funktionen und lassen sich intuitiv bedienen. „Die Inbetriebnahme war ganz einfach. Das Assistenzprogramm des Geräts hat unsere Mitarbeiter Schritt für Schritt angeleitet“, berichtet Wagner. Die digitalen Assistenten, auch

Wizards genannt, erleichtern neben der Inbetriebnahme z.B. auch die Geräteverifikation. „Mit dem Wizard können wir die Verifikation aus unserer Leitwarte heraus überprüfen, und das im laufenden Betrieb. Daraus resultieren eine erhöhte Anlagenverfügbarkeit und enorme Zeiterparnisse.“ Um Geräte an schwer zugängli-



Heartbeat Technology liefert neben den Druckwerten auch nützliche Zusatzinformationen.



**Nahaufnahme der goldbeschichteten Metallmembran, die eine sichere Barriere für Wasserstoff darstellt und damit die Messungen stabil hält.**

chen Stellen zu erreichen, braucht man weder eine Leiter noch ein Gerüst – sie können ganz einfach per Bluetooth konfiguriert werden.

### **Heartbeat Technology liefert Zusatzinformationen**

Die Geräte liefern neben den Druckwerten auch nützliche Zusatzinformationen. Ermöglicht wird das durch Heartbeat Technology von Endress+Hauser. Das Konzept basiert auf einer intelligenten Sensorik, mit der Daten aus Prozessanwendungen ausgelesen und zielgerichtet verwertet werden. So lassen sich mit der Technologie anhand der detektierten Druckstöße bspw. Rückschlüsse auf die mechanischen Belastungen für umliegende Anlagenteile ziehen. In der Praxis beugt dies ungeplante Stillstände durch kaputte Schweißnähte vor.

Unterstützt und optimiert wird die Heartbeat Technology durch Ethernet-APL (Advanced

Physical Layer). Die Druckmessgeräte von Endress+Hauser sind in der Ethernet-Kommunikationstechnologie mit einer zusätzlichen physikalischen Schicht ausgestattet, die zahlreiche Protokolle unterstützt, unter anderem Profinet. Eine erhöhte Bandbreite und schnellere Datenübertragung sind dadurch ebenso möglich wie z. B. eine digitale Kommunikation und Stromversorgung über das gleiche Kabel.

### **Messgeräte überzeugen in der Anlage**

Die Kombination aus Langlebigkeit in der Anlage und smarten Features wie die Bluetooth-Schnittstelle inklusive Wizards zur Inbetriebnahme hat Messer Industriegase überzeugt. Die 25 µm Goldbeschichtung bietet einen universellen Schutz gegen Wasserstoffdiffusion und garantiert die Langlebigkeit der Druck- und Differenzdrucktransmitter. Die Bluetooth-Schnittstelle rundet das Paket ab, indem sie echte Kosteneinsparung im laufenden Betrieb ermöglicht.

„Wir können uns sowohl auf die Geräte als auch auf Menschen von Endress+Hauser verlassen. Das trägt dazu bei, dass bei uns die Produktion von Wasserstoff reibungslos und mit dem gewünschten Ergebnis abläuft“, sagt Werksleiter Guido Kniepper am Standort Castrop-Rauxel.

### **Der Autor**

**Alexander Hermann**, Product Manager Sales Marketing Pressure, Endress+Hauser Deutschland

Wiley Online Library



**Endress+Hauser (Deutschland) GmbH+Co. KG,  
Weil am Rhein**  
Tel.: +49 7621 975 - 01 · [www.de.endress.com](http://www.de.endress.com)

## **Für die digitale Transformation**

ProdX ist ein Datenmanagement-System für die Lebensmittel-, Kosmetik- und chemische Industrie. Die PC-basierte Client-Server-Lösung überwacht und verwaltet Daten, die von Mettler-Toledo-Produktinspektionssystemen erfasst werden. Das System bietet ein vollumfängliches Produktinspektionsmanagement einschließlich umfangreicher

Sicherheitsfunktionen, digitalem Track & Trace, automatischer Erfassung der Leistungstests sowie der Echtzeitprotokollierung von Test- und Konformitätsdaten. Die Software basiert auf den Industrie-4.0-Prinzipien der sicheren Maschine-zu-Maschine-Kommunikation und bereitet die Konnektivität zur Blockchain-Technologie vor. [www.mt.com](http://www.mt.com)

## Feuchte- und Sauerstoffanalysator im Kompaktformat

Der LDetek LDmox von PST ist ein kombinierter Feuchte- und Sauerstoffanalysator der nächsten Generation. Bei ihm wurden zwei fortschrittliche Technologien – der Quarzkristall-Sensor von Michell Instruments und die Senz-Tx-Serie (elektrochemisch, Zirkoniumdioxid) von NTron, in einem Gerät vereint. Der besonders kompakte Analysator liefert genaue und zuverlässige Ergebnisse, mit einer Reaktionszeit von weniger als 10 s für die Messung von Sauerstoffspuren und weniger als 5 min für die Messung von Feuchtigkeitsspuren. Er hat einen Betriebstemperaturbereich von 5 °C bis 45 °C und kann Probegase mit Temperaturen von 0 °C bis 100 °C messen. Dies macht er mit einer Genauigkeit von  $\pm 1\%$  der Skala. Der Betriebsdruck der Probe sollte zwischen 5 psig und 30 psig liegen. Für niedrigere Probendruckanforderungen ist eine zusätzliche UHP-geeignete Pumpe erforderlich. Sowohl für den Einlass als auch für den Auslass stehen 1/8"- oder 1/4"-Verschraubungen mit Swagelok-Kompression oder VCR zur Verfügung. Neben einer integrierten Modbus- und einer Web-Schnittstelle sind optional 4...20 mA-Ausgänge sowie potenzialfreie Schaltkontaktausgänge verfügbar. Der Sauerstoffsensor arbeitet wahlweise mit Zirkoniumdioxid- oder elektrochemischer Sensortechnologie. Zuverlässig und genau kann in ausgewählten Bereichen von 1 ppm bis 96 % Sauerstoff gemessen werden. Der Zirkoniumdioxid-Sauerstoffsensor hat eine unbegrenzte Haltbarkeit ohne Verlust der Kalibrierung sowie eine erwartete Lebensdauer von mehr als fünf Jahren. Er ist positionsunempfindlich, nur schwach querempfindlich gegenüber anderen Gasen und trocknet nicht aus. Der Zirkoniumdioxid-Sauerstoffsensor kommt mit 100 ml/min an Messgas aus, was Kosten spart und eine flexible Anwendung ermöglicht. Die Sensoren reagieren sehr schnell auf Änderungen der Sauerstoffkonzentration in beiden Richtungen mit einer T90 von weniger als 10 s innerhalb eines festgelegten Bereiches. Beim Feuchtigkeitssensor wird ein Quarzkristall mit einer dünnen Schicht eines hygroskopischen Materials sensibilisiert. Die Wassermoleküle werden in einer hygroskopischen Schicht absorbiert. Die Änderung der Masse verändert die Schwingungsfrequenz auf sehr präzise und wiederholbare Weise. Die Feuchtigkeitskonzentration misst der Sensor als Änderung dieser Schwingung. Der Sensor wird von einer bekannten Helium-, Argon- oder Stickstoff-Trägergasquelle der Qualität 5.0 versorgt, die durch einen beheizten Gasreiniger der Serie LDP1000 geleitet wird. Diese Kombination erzeugt eine Gasreinheit von 8N. So enthält die trockene Gasquelle weniger als 10 ppb H<sub>2</sub>O, was ideal für eine Nullgasreferenz ist. Als Feuchtereferenz dient der integrierte Feuchtegenerator, der eine stabile Feuchtekonzentration im Gas für die Kalibrierung der Messspanne erzeugt. Der Durchfluss im Inneren des Moduls wird durch ein Netz kalibrierter Öffnungen kontrolliert und aufrechterhalten. Alle Durchflusskanäle vor dem Sensor haben einen Innendurchmesser von weniger als 0,030" und sind mit einer inerten Beschichtung versehen, um die Ansprech-/Spülzeit zu minimieren.

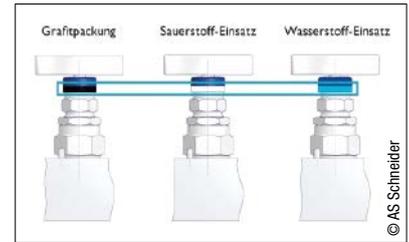
[www.processsensing.com](http://www.processsensing.com)

Wiley Online Library



## Ventilblock: standardmäßig dicht und sicher

Der SB-Ventilblock von AS-Schneider gehört zu einem modularen Montagesystem. Damit lassen sich Messumformer und Manometer für allgemeine Druck- und Differenzdruckmessungen schnell und effizient



installieren – direkt auf der Montageplatte. Außerdem eignet sich der Ventilblock für Wasserstoff und für Anwendungen, bei denen flüchtige Emissionen geringgehalten werden müssen. Er erfüllt die Shell-Spezifikationen MESC SPE 60.98.56/201 und /301. Bereits in der Standardausführung wird die Dichtheitsklasse B für flüchtige Emissionen gemäß ISO 15848-1 sowie die TA-Luft-Novelle aus 2021 erfüllt. Damit lassen sich die Grenzwerte für Schadstoffemissionen von immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Anlagen einhalten. Bereits installierte Standardventile und Ventilblöcke wurden sozusagen nachqualifiziert. Der Ventilblock kann direkt auf einer Standard-Montageplatte nach MESC angebracht werden. MESC (Material and Equipment Standards and Code) ist ein Normungssystem, das Shell entwickelt hat, um Werkstoffe und Ausrüstungsteile zu standardisieren. Weiteres genormtes Zubehör kann ebenfalls an dieser Montageplatte angebracht werden. Der Rohrleitungsaufwand vor Ort ist gering und Leckagen werden minimiert. Alle Ventile und Ventilblöcke sowie die Double Block & Bleed Kugelhähne des Herstellers sind Wasserstoff-konform.

[www.as-schneider.com](http://www.as-schneider.com)

JUMO

Standardmäßig zuverlässig.

- Geeignet für den Einsatz in Druckluftkompressoren und industriellen Luftverdichtern
- Kosteneffizient dank zielgerichtetem Produktdesign
- Platzsparender Einbau durch Miniaturabmessungen
- Hohe Vibrationsbelastung möglich
- Bewährte Produktqualität „Made in Germany“

More than sensors + automation

### JUMO MIDAS C12 CA

Druckmessumformer – Compressed Air

[www.jumo.net](http://www.jumo.net)

Sichern Sie sich Ihr Ticket und besuchen Sie uns.

sps

smart production solutions

# Die Fenster in den Prozess nutzen

Prozessanalysetechnik unterstützt durch zustandsbasierte Instandhaltung

## FOKUS

Mit den wachsenden Anforderungen an Anlageneffizienz und Produktqualität hat auch die Nachfrage nach Prozessanalysetechnik (PAT) zugenommen. Sie bietet Fenster in den Prozess. Dr. Martin Gerlach, Head of Process Analytical Technologies bei Bayer und Mitglied des erweiterten Vorstands des Arbeitskreis PAT, bietet im Interview mit CITplus einen Überblick über die Möglichkeiten und Nutzen von PAT, um den Anforderungen gerecht zu werden.



### Keywords

- **Prozessanalysetechnik, PAT**
- **Digitalisierung**
- **zustandsbasierte Instandhaltung**
- **Prozessoptimierung**

Die Anlagenverfügbarkeit und das Vermeiden ungeplanter Stillstände spielen für den optimalen Anlagenbetrieb eine bedeutende Rolle. Um dieses Ziel zu erreichen, können Mess- und Analysengeräte mehr als Messergebnisse über Konzentration, Druck oder Temperatur liefern. Über eine digitale Anbindung – in Zukunft über APL-Technologie – der Messstellen lassen sich Zustandsdaten der Geräte, der Anlagen und Prozesse auslesen. Die Interpretation der Daten ermöglicht eine zustandsbasierte Instandhaltung, die erhebliches Kosteneinsparpotenzial bietet. Zudem unterstützt sie Unternehmen vor dem Hintergrund des zunehmenden Fachkräftemangel, die Anlagen optimal zu betreiben.

**CITplus: Sehr geehrter Herr Gerlach, welches sind die wesentlichen Argumente, um in Prozessanalysetechnik zu investieren? Würden Sie sagen, Anforderungen an Effizienz und Nachhaltigkeit forcieren den Bedarf für PAT?**

**Dr. Martin Gerlach:** Tatsächlich nimmt die Anzahl der PAT-Messungen in den letzten 20 Jahren permanent zu. Mit neuen Technologien wurden vorher nicht lösbare Messaufgaben lösbar. Auch das Verständnis für den Nutzen ist deutlich gestiegen bei Betriebsleitern und bei Betriebsingenieuren. Hinzu kommt der Druck, Produktionskosten zu senken und darüber die Effizienz zu steigern sowie durch verbessertes Monitoring sowie Regelungen die Pro-

zesse besser führen zu können. Denn mit PAT kann es möglich sein, mit weniger Aufwand zum gleichen oder sogar besseren Ergebnis zu gelangen. Im Bereich der Anlagenperipherie fußt der Hauptnutzen auf Aspekten wie Überwachung von Abwasser und Abluft sowie Sicherstellung der Arbeitssicherheit, Anlagensicherheit und des Explosionsschutzes. Für diese Bereiche sind Messaufgaben gesetzlich reguliert und damit Grundlage für die Betriebserlaubnis unserer Anlagen.

Für die Prozessoptimierung kommt natürlich sehr viel Messtechnik zum Einsatz. Wir untersuchen die Rohmaterialien hinsichtlich ihrer Spezifikation sowie die Mengen und Ver-

hältnisse, die in die Prozessreaktionen eingehen. Letztendlich geht es darum, Ausbeuten zu erhöhen und das mit möglichst wenig Energieeinsatz. Es macht häufig Sinn, Laboranalytik durch PAT zu ersetzen, da diese Messungen höhere Datendichten liefern. Die Ergebnisse geben Auskunft über den Zustand des Prozesses und darauf aufbauend kann der Grad der Automatisierung erhöht werden.

Zur Nachhaltigkeit tragen im Grunde alle unsere 5.000 globalen Messungen bei Bayer bei. PAT-Messungen tragen dazu bei, den Energieverbrauch zu senken, die Qualität des Abwassers und unserer Abluft zu überwachen damit unsere CO<sub>2</sub>-Emissionen zu senken und unsere Umwelt zu schützen. Darüber hinaus tragen PAT-Messungen dazu bei, die Sicherheit von Anlagen zu verbessern und Gesundheit und das Leben von Menschen zu schützen. All dies sind Beiträge zur Nachhaltigkeit unserer Prozesse. Doch vorab stellt sich immer die Frage: Woher kommt der Bedarf für einen Messwert und was ist die Messaufgabe, die dahinter steht? Zusätzlich muss man auch die Art der Messung permanent in Frage stellen. Es kommt vor, dass eine alte Messaufgabe heute nach 20 Jahren heute mit einem Fünftel des Aufwandes und der Kosten mit neuen Technologien lösbar ist. Es ist wichtig ein Bewusstsein für die Messaufgaben zu schaffen, wie bekomme ich die Information, um meine Anlage, meinen Prozess möglichst effizient zu fahren und das mit guter Produktqualität und bei möglichst hohem Durchsatz und Ausbeute? Der globale Wettbewerb ist hier einer der wesentlichen Treiber.

**Greenfieldanlagen lassen sich bereits in der Planung sehr gut mit PAT ausstatten. Welche hauptsächlichen Hindernisse bei Bestandsanlagen könne wie überwunden werden, um Anlagen mit mehr Prozessanalytik auszustatten?**



**Dr. Martin Gerlach, Head of Process Analytical Technologies bei Bayer und Mitglied des erweiterten Vorstands des Arbeitskreis PAT**

**M. Gerlach:** Ja sicher, bei Neuanlagen wird das Konzept und die Instrumentierung systematisch geplant. Auch bei neuen Teilanlagen und Erweiterungen wird in Messtechnik von vornherein investiert. Bestandsanlagen sind bei uns in der Regel bereits gut instrumentiert, aber natürlich können neue Messaufgaben oder Technologien eine Neuinstallation erfordern. Aktuell erfordert die Optimierung des Energie- bzw. Dampfbedarfs angesichts der hohen Energiepreise zunehmend mehr Messtechnik, was zu Kosteneinsparungen führen wird. Was dabei aber auch nicht außer Acht gelassen werden darf, ist, dass mehr automatisierte Messtechnik auch weniger Personalbedarf bedeuten kann. Das kann dann für den Betriebsingenieur oder den Betriebsleiter eine schwierige Aufgabe sein, zu überzeugen, warum eine neue Messung Sinn macht. Es ist wichtig, die Mitarbei-

ter mitzunehmen. Mehr Messtechnik bedeutet neben Kosteneinsparungen auch Entlastung und mehr Zeit für andere Tätigkeiten.

**Um aus PAT-Messergebnissen mehr Informationen zu generieren, sind schnelle Netzwerke und Kommunikationsprotokolle notwendig. Wie ist der aktuelle Stand in den Anlagen und wohin geht die Entwicklung dazu?**

**M. Gerlach:** Wenn eine Anlage 50 Jahre alt ist und mit der 4–20 mA-Technik ausgestattet, ändert man das so schnell nicht. Sicher gibt es Teilerneuerungen, in denen bereits digitale Protokolle wie Profinet, Feldbus und anderedigitale Protokolle laufen. Und jetzt ist ja in aller Munde die APL-Technik – Advanced Physical Layer –, die zehn Megabit – gegenüber 30 Kilobit bisher – Datentransfer haben soll und dabei für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereich geeignet ist. Es gibt jetzt erste Geräte am Markt, die geeignet sind, die Topologie aufzubauen. In ein paar größeren Laboratorien bei großen Firmen hier in Deutschland, werden Prototypen und Geräte auch getestet. Aber ich sehe in unserer Region in den nächsten zwölf Monaten keine voll mit APL instrumentierte Anlage. Was bekannt ist, dass die BASF in China eine erste neue Anlage APL-ready bauen wird, dass man bei Covestro plant, ein Tanklager APL-ready auszustatten und auch wir bei Bayer über erste Investitionen in APL-Technik diskutiert wird. Wir bauen derzeit ein Labor auf, um diese Topologien und Messgeräte zu testen.

**Was bedeutet APL-ready? Werden entsprechende Kabel verlegt oder steckt noch mehr dahinter?**

**M. Gerlach:** Die Topologie wird vorbereitet. Dazu gehören die Kabel, aber es muss auch eine Architektur aufgebaut werden. Im Bestand wie bei Bayer ist zudem zu klären, ob und wie bestehende Verkabelung benutzt werden können. Es ist noch recht früh, aber viele Experten

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



**Michell** | Dew Point Instruments

**Aii** | Oxygen Sensors

**Rotronic** | Humidity Instruments

**Rotronic** | Monitoring System

**LDetek** | Trace Impurity Analyzers

**Dynamant** | Gas Safety Sensors

**Ntrion** | Oxygen Analyzers

**SST** | Oxygen Sensors



## P2P – Mit PAT zur Produktqualität

### 18. Herbstkolloquium Prozessanalytik

Was gibt es Neues in der PAT? Auf unserem 18. AK PAT Kolloquium wollen wir gemeinsam erfahren, wie uns PAT zur beabsichtigten Produktqualität hilft. Wie nehmen wir Proben? Wie bereiten wir sie auf? Wie kommuniziert die PAT? Für die Antworten und den Erfahrungsaustausch bietet uns die Hochschule Niederrhein in Krefeld dieses Jahr unsere Plattform. In vier Sessions plus Round-Table-Diskussionen und Poster-Ausstellungen behandeln wir Erfolgsprojekte aus der Praxis, Probenahme und Probenaufbereitung, PAT und ihre Kommunikation, und PAT-Innovationen. Wir suchen Beiträge zu den aktuellen und wichtigen Themen Brownfield und Greenfield, NOA und MTP, aggregatspezifische, regulatorische und branchenabhängige Probenahme. Der Dauerbrenner PAT-Innovationen bietet Vorträge und Poster über Neue Echtzeit-Methodologien, Multisensorik und Miniaturisierung. Das 18. Herbstkolloquium Prozessanalytik wird von der GDCh organisiert.

Ansprechpartner bei der GDCh ist Maïke Fries, Tel.: +49 69 7917 - 368, m.fries@gdch.de

gehen davon aus, dass das die APL-Technologie sich in Kombination Profinet und Profinet-Safe und in Kombination mit OPCUA sich dann auch relativ zügig durchsetzen wird, wenn entsprechend Messinstrumente verfügbar sind.

#### Was sind die entscheidenden Vorteile der APL-Technik?

**M. Gerlach:** Zu den Vorteilen bei APL zählt, dass es möglich sein wird, über die Messdaten hinaus die Vitalitätsdaten des Messgerätes schnell und mit hoher Datendichte zu übertragen. Dazu kommen weitere Informationen, die ich als wie heiß ich, wer bin ich, wo wohne ich beschreiben würde – das digitale Typenschild – PADIM. Das soll in Zukunft dann auch direkt vom Analysengerät abgegriffen werden. Diese Information wird in der Regel vielleicht einmal im Monat abgefragt. Hingegen sollten die Informationen über den Zustand einer Messung, für eine Messtechnik deutlich häufiger sichtbar sein, um einen Ausfall oder besser einen sich anbahnenden Ausfall zeitnah vorhersehen zu können. Das ist für uns der Schlüssel, um von einer zeitabhängigen Instandhaltung mit Wartungsplänen zu einer zustandsbasierten Instandhaltung zu kommen. Davon versprechen wir uns, weniger Zeitaufwand für Wartungsarbeiten und auch weniger Material aufwenden zu müssen. Ziel wäre es, den Aufwand für Inspektionen um mindestens zu 80 % und für Wartungen um 10 bis 30 % zu reduzieren. Da sprechen wir bei 5.000 Messstellen bei Bayer von Kosteneinsparungen in Millionenhöhe.

Ein wichtiger Aspekt dabei ist, die Informationen standardisiert zu benennen, nämlich einheitliche Bezeichnungen für die verschiedenen Parameter auch herstellerübergreifend zu finden. Dafür ist eine IEC-Norm in Vorbereitung. Wir gehen davon aus, dass diese Mitte nächsten Jahres in Europa gültig ist.

#### Ein anderes Thema: Der modulare Ansatz im Anlagenbau bietet eine große Chance für mehr Effizienz in der Planung und Umsetzung

#### sowie für die Flexibilität von Anlagen. Wie weit ist MTP für PAT für welche Applikationen gediehen?

**M. Gerlach:** Im NAMUR Arbeitskreis 3.6.4 beschäftigen wir uns mit diesem Thema. Wir haben neben einem pH-Modul bereits ein Modul für eine sogenannte Inertierungsüberwachung entwickelt. Es dient zum Beispiel dazu, den Sauerstoffgehalt zu überwachen, um Explosionen in gefährdeten Reaktoren zum Beispiel von Lösemitteln zu verhindern. Außerdem ist ein Probenvorbereitungsmodul in Arbeit, eines für Gasmessungen, eines für Flüssigkeiten und eines für Feststoffe. In den Modulen ist eine gewisse Logik anhand eines Fragenkatalogs verankert. Je nach Antwort, ergibt sich am Ende ein Hardware-Vorschlag für den Ingenieur der Systemintegration, der das Modul bauen soll. Das Modul muss mit seinen Komponenten herstellerunabhängig bleiben. Insgesamt reduziert das den Engineeringaufwand erheblich und kann auch kleineren Firmen für PAT-Messtechnik den Einsatz von PAT-Messtechnik erleichtern. Die Automatisierung dieser Module ist geplant, nach dem MTP-Konzept realisiert zu werden. Dies befindet sich bereits in einer ersten Phase der Realisierung.

#### Wie beurteilen Sie den aktuellen Status in der Praxis, um aus Messdaten Informationen für eine effiziente Prozessführung und eine hohe Produktqualität zu erzielen? Welche Rolle spielt Machine Learning heute und welche Rolle wird KI spielen?

**M. Gerlach:** Modellbasierte Regelungen werden schon länger in Conti-Prozessen eingesetzt. Man steuert und regelt auf einen gewissen Punkt hin, der sich aus dem optimalen Energieverbrauch, der notwendigen Qualität und optimalen Durchsatz ergibt. Ein gutes Beispiel dafür sind Kolonnen, die sich sehr gut berechnen lassen. Auf Basis der berechneten McCabe-Thiele-Diagramme werden die Kolonnen gefahren und die Überwa-

chung erfolgt über spektroskopische Messungen. Dagegen spielen solche modellbasierten Regelungen derzeit in Batch-Prozessen kaum eine Rolle. Was ich mir aber schon vorstellen kann ist, dass man über mehr Sensorik kombiniert mit den Zustandsdaten viel mehr Prozessinformationen generieren kann als in der Vergangenheit. Allerdings sehe ich für KI-Anwendungen noch sehr viel Forschungsarbeit zu leisten, eher mit einer Anwendungsperspektive von 10 oder 20 Jahren. Ein Beispiel, wie Zustandsdaten auf den Prozess schließen lassen können, wäre das Quellverhalten von pH-Glaselektroden, welche sich in der Glasimpedanz widerspiegeln. Je nach Prozess, Medium und Chemie gibt es eine signifikante Quellkurve. Weicht der Zustand der Elektrode, also das Quellverhalten ab, kann man daraus einen Rückschluss auf den Prozess ziehen. Auch Zustandsdaten einer Pumpe oder eines Stellmotors können potentiell einen Rückschluss auf den Prozess liefern, es könnte sich beispielsweise die Viskosität geändert haben.

#### Wo werden die Mess- und Zustandsdaten ausgewertet und wie werden sie an die richtigen Empfänger geleitet?

**M. Gerlach:** Messwerte wie Konzentrationen oder Temperaturen werden ins Prozessleitsystem gegeben. Für die Vitalitätsdaten sowie für die Daten des digitalen Typenschildes wird es einen Parallelweg geben, der nach dem Prinzip der Namur Open Architecture – NOA – organisiert wird. Um aus dem OT-Netzwerk die Daten ins Business-Netzwerk zu führen, sind einige Sicherheitsbarrieren wie Firewalls zu überwinden. Diese Netzarchitektur ist allerdings streng mit der IT-Security abzuklären. Aus dem Business-Netzwerk können die Daten in einer Cloud verfügbar gemacht werden, zum Beispiel in der Zukunft nach Absprache gegebenenfalls auch für externe Dienstleister. Auch hier könnte man dann eine zeitbasierte durch eine zustandsbasierte Instandhaltung ablösen. Aber dies ist im Augenblick noch Zukunftsmusik.

Das Interview führte Dr. Etwina Gandert, Chefredakteurin CITplus.

Wiley Online Library



Vorstand des Arbeitskreis Prozessanalytik  
Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V. (GDCh) /  
German Chemical Society, Frankfurt/Main  
vorstand@arbeitskreis-prozessanalytik.de  
<https://arbeitskreis-prozessanalytik.de>

# CITplus

Das Praxismagazin für Verfahrens- und Chemieingenieure

## Analyse der Wasserstoffqualität im Ex-Bereich

### Überdruckgekapselte Gehäuse für Analysegeräte

Um konventionelle Analysegeräte in explosionsgefährdeten Bereichen einzusetzen, muss Equipment ohne ATEX- oder IECEx-Zertifizierung besonders geschützt werden. Für die Prüfung des Wasserstoffreinheitsgrads an Wasserstofftanksäulen sind überdruckgekapselte Gehäuse eine geeignete Lösung.

#### Weitere Themen

- Schneller H<sub>2</sub>-ready werden  
Interview mit Reinhard Knapp, Leiter Global Strategies, Aucotec **S. 28**
- Safety geht nicht ohne Security **S. 31**
- Der MTP-Standard sorgt für Flexibilität und Effizienz **S. 34**
- Wie Digitalisierung der Instandhaltung einen Vorsprung verschafft **S. 36**



# H<sub>2</sub>

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



# Analyse der Wasserstoffqualität im Ex-Bereich

## Überdruckgekapselte Gehäuselösung für Analysegeräte

Der Einsatz von konventionellen Analysegeräten in explosionsgefährdeten Bereichen ist aufgrund häufig fehlender Zulassungen kompliziert. Um nicht als Zündquelle zu fungieren, muss Equipment ohne ATEX- oder IECEx-Zertifizierung besonders geschützt werden. Dabei sind Analysegeräte für viele Prozesse unabdingbar. Beispielsweise für die Prüfung des Wasserstoffreinheitsgrads an Wasserstofftanksäulen. Um diese in Ex-Bereichen einsetzen zu dürfen, sind überdruckgekapselte Gehäuse eine geeignete Lösung.



Frontansicht des Schrankes mit Sichtfenster zu den Analysegeräten.



### Keywords

- **Elektrischer Explosionsschutz, Ex p**
- **Überdruckkapselung**
- **Wasserstoffanalyse, Wasserstoff**

Die Nutzung von grünem Wasserstoff als Alternative zu fossilen Brennstoffen wird für Deutschlands Industrie immer mehr zu einem wichtigen Kernthema. Ob als Reduktionsmittel in der Stahlindustrie, als Ersatz von Erdöl in der Chemieindustrie oder als Reinigungsmittel in der Petrochemie, die Einsatzbereiche sind vielfältig und lassen sich auf viele Industriebereiche übertragen. Der wohl bekannteste Einsatzbereich ist die Nutzung des Wasserstoffs als Kraftstoff im Verkehr. Dank Brennstoffzellen lässt sich aus der Kombination aus Wasserstoff und Sauerstoff elektrischer Strom erzeugen. Mit diesem können KFZ mit Elektromotor angetrieben werden können.

### Reinheitsgrad überwachen

Für eine optimale Nutzung des grünen Wasserstoffs muss der Reinheitsgrad des Elements zu jeder Zeit sichergestellt werden. Verunreinigungen können eine vorzeitige Alterung an der Brennstoffzelle hervorrufen, den Kraftstoff verdünnen und somit die Effizienz verringern, oder einen Defekt und Austausch des Brennstoffzellenstacks nach sich ziehen. Um solche Schäden zu verhindern, werden an den Tanksäulen vor Ort Analysegeräte platziert. Diese überwachen durchweg die Qualität des zugeführten Wasserstoffs und informieren im Falle einer Abweichung von den Vorgaben.

Da es sich bei Wasserstoff um ein entzündliches Element handelt, befinden sich die Zapfsäulen grundsätzlich in explosionsgefährdeten Bereichen. Diese sind als Ex-Zonen oder Divisions deklariert. Die eingesetzten Analysegeräte verfügen in den meisten Fällen jedoch über keine spezifische Zulassung für den Ex-Bereich und dürfen somit nicht in explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt werden. Um die Verwendung der Geräte trotzdem zu ermöglichen, ist es notwendig, die Geräte ‚Ex-fähig‘ zu machen. Dies wird in den meisten Fällen mit Hilfe eines Gehäuses erreicht, das durch die Zündschutzart der Überdruckkapselung abgesichert ist.



Speziell angefertigte Leitungsrohre als Zuleitung zu den Analysegeräten.

### Einsatz von Wasserstoffanalysegeräten im Ex-Bereich

Das Konzept der Überdruckkapselung besteht darin, die verbauten elektrischen Betriebsmittel von der explosionsfähigen Atmosphäre zu separieren. Dazu verwendet man ein Gehäuse, welches mit einem für die jeweilige Ex-Zone oder Division zugelassenen Überdruckkapselungssystem bestückt wird. Für die Überdruckkapselung wird das Gehäuse zunächst durch Druckbeaufschlagung „gereinigt“, d.h. die Gasatmosphäre ausgetauscht. Dazu wird das Gehäuse entweder mit einem Inertgas oder sauberer Luft gespült. Nach der Reinigung wird mit Hilfe der Regelung im Inneren des Gehäuses ein minimaler Überdruck von wenigen Millibar aufrechterhalten. Zum Überdruckkapselungssystem zugehörige Komponenten wie Ventil und Druckwächter überwachen und stellen sicher, dass keine explosionsfähige Atmosphäre in das

Gehäuse eindringen kann. Auf diese Weise können auch konventionelle Elektrogeräte wie Analysatoren im Ex-Bereich eingesetzt werden. Im Fehlerfall reagiert die Steuereinheit. Diese meldet nicht nur, sie schaltet im Notfall die Anlagen auch sicher ab. Dies geschieht jedoch nur, wenn ein voreingestellter Minimaldruck über eine bestimmte Zeitdauer unterschritten wird. Bei leichten Druckabfällen gleicht die Leakage-Kompensation den Druckverlust aus. Damit lässt sich der Fehler im laufenden Betrieb beheben.

### Einsatz in der Praxis

Eine solche Gehäuselösung zur Analyse der Wasserstoffqualität wünschte auch ein großer, in den USA ansässiger Hersteller für Analysegeräte. Ziel war es, ein Produkt zu entwickeln, welches Anbietern von Wasserstofftankstellen ermöglicht, die Qualität des Wasserstoffs an den Betankungsanlagen sicherzustellen. Dabei sollen drei dafür entwickelte Analysegeräte prüfen, ob alle Normvorgaben zur Wasserstoffqualität eingehalten werden. Denn je nach Herstellungsverfahren können im Wasserstoff unterschiedlichste Verunreinigungen auftreten. In diesem Fall werden sieben verschiedene Gase detektiert und analysiert. Der Gerätehersteller ist dafür mit dem Auftrag an Pepperl+Fuchs herangetreten, für ihn eine Ex-fähige Gehäuselösung zu entwickeln. Zusammen mit einer Vielzahl an Anforderungen und Wünschen, die erfüllt werden mussten, stellte der Auftraggeber das notwendige Messequipment zur Verfügung.

### Vollständig zertifizierte und einsatzfähige Plug&Go-Lösung

Die Automatisierungsspezialisten aus Mannheim übernahmen das Engineering, inklusive der Auswahl eines passenden Schrankes, und entwickelten eine Ex-geschützte Lösung. Das Ergebnis war eine direkt einsatzfähige Gehä-

selösung mit Analysegeräten, verwendbar in den Zonen 1, 21 und 2, 22. Die Ingenieure achteten zudem auf die kleinen, jedoch wichtigen Details: Um bspw. eine einfache Wartung zu gewährleisten, wurden vorne und hinten am Schrank Türen eingebaut. Das bietet die Möglichkeit, die Analysegeräte zu inspizieren, ohne diese vorher ausbauen zu müssen. Zudem wurden Rohre aus speziellem Edelstahl zu den Analysegeräten gelegt, die für den Einsatz mit Wasserstoff notwendig sind. Die Projektgenieure von Pepperl+Fuchs übernahmen außerdem die vollständige Zertifizierung und den Bau der Gehäuselösung nach ATEX- und IECEx-Richtlinien. Das Schutzniveau Expxb der Überdruckkapselung entspricht dabei der Zulassung gemäß Norm IEC 60079-2 für die Zone 1.

Diese vollständig zertifizierte und direkt einsatzbereite Lösung wird nun Betreibern von Wasserstoffbetankungsanlagen als Standardlösung angeboten. Endkunden kaufen ein Produkt, welches vor Ort direkt einsatzbereit ist. Schnelle Analysen bei zuverlässigem Explosionsschutz sind bei höchster Betriebssicherheit garantiert. Die Engineering-Teams von Pepperl+Fuchs, verteilt auf weltweit sechs Solutions-Engineering-Centers (SEC), finden für den Auftraggeber stets die wirtschaftlich und technologisch beste Lösung. Die Produktspezialisten übernehmen dabei Engineering, Design, Zertifizierung und Bau der maßgeschneiderten Steuerungs- und Verteilungslösungen. Nach gemeinsamer Abnahme sind die Lösungen sofort einsatzbereit und können an ihren vorgesehenen Einsatzort geliefert werden.



Purge Controller 6500 mit automatischer Überwachung und Kontrolle von Gehäusedruck und -temperatur.



**Der Autor**  
**Alexander Aust,**  
Product Marketing Manager  
Explosion Protection Equipment &  
Solutions, Pepperl+Fuchs

Wiley Online Library



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

# Schneller H<sub>2</sub>-ready werden

Das universelle Datenmodell beschleunigt das Engineering



©bancha - stock.adobe.com

Um den industriellen Bedarf nach CO<sub>2</sub>-freier Energie zu decken, sind erhebliche Kapazitäten von Elektrolyseuren und nachhaltigen Energiequellen zu installieren. Zudem müssen in der Chemieindustrie Anlagen auf die Nutzung von Wasserstoff umgerüstet werden. Damit einher geht eine enorme Nachfrage nach Engineering- und Produktionskapazitäten, die kaum zu decken ist. Eine Lösung dafür sieht der Softwareanbieter Aucotec in der konsequenten Datenzentrierung im digitalen Zwilling, was effizientere, modulare Engineering-Prozesse ermöglicht. Im CITplus-Interview erläutert Reinhard Knapp, Leiter Global Strategies beim Engineering-Software-Entwickler Aucotec, welche Vorteile im Engineering und im Anlagenbetrieb daraus entstehen.

**CITplus.: Herr Knapp, um in der Dekarbonisierung und Defossilierung der Prozessindustrie voranzukommen, ist die Produktion von Wasserstoff ein Schlüsselfaktor. Was können Sie als Software-Anbieter dazu beitragen, den Ausbau der Elektrolysekapazitäten zu beschleunigen?**

**Reinhard Knapp:** Die Ressourcen im Engineering sind einer der Engpässe auch für Elektrolyseur-Entwickler, Stichwort Fachkräftemangel. Während die Technologieentwicklung „einmal für alle“ stattfindet, fordert jede konkrete Kundenanlage Manpower im Engineering. Hier muss man ansetzen, um Effizienz zu steigern. Innovative Prozesse sind gefragt. Die Interessenten aus der Branche, die uns kontaktieren, wollen baldmöglichst ihre Produktionskapazität vervielfacht haben, um jährlich mehr Elektrolyseure für deutlich mehr Megawatt Leistung liefern zu können. Unsere Antwort darauf ist die datenzentrierte Kooperationsplattform Engineering Base (EB). Ihr Prinzip des objektorientierten Datenmodells ist das Fundament für erheblich effizientere, agilere Anlagenent-

wicklung und ein außergewöhnlich übersichtliches modulares Engineering.

**Wie bringen Sie die unterschiedlichen Wissensniveaus und Erfahrungen der Ingenieurgenerationen im Engineering zusammen?**

**R. Knapp:** Bei den unterschiedlichen Niveaus sehe ich mehrere Aspekte. Elektrolyse war bisher ein Nischengeschäft. Jetzt ist es plötzlich stark nachgefragt und braucht ganz neue Skalierungsdimensionen. Das erfordert Ressourcenaufbau durch die Zusammenarbeit von „alten Hasen“ und weniger erfahrenen Fachleuten. Ein weiterer Aspekt sind die unterschiedlichen Detaillierungsgrade und Disziplinen: von der Anlagenübersicht bis zu den Festlegungen für Steuerung, Verkabelung und Verrohrung. Bei Elektrolyseuren kommen die Elektrik als Quelle und die verfahrenstechnische Handhabung des Endprodukts in einem Projekt zusammen. Und drittens die unterschiedlichen Aufgaben: einerseits die Entwicklung der einzelnen Module als Produkt, andererseits das Projektieren kundenspezifischer Anlagen mit-



Keywords

- **Modulares Engineering**
- **Digitaler Zwilling, Datenzentrierung**
- **Wasserstoff, H<sub>2</sub>-ready**

hilfe dieser Module. Der Schlüssel, um all diese Herausforderungen zu bewältigen, liegt in einer Engineering-Plattform, die alle Disziplinen und Abstraktionsgrade in einem Datenmodell mit durchgängiger Handhabung zusammenführt, also Wissen bündelt: vom ersten Anlagenkonzept bis zur Inbetriebnahme. Jede Änderung und Ergänzung, egal von wem oder wo, ist so direkt für alle Beteiligten sichtbar. Zumindest bei EB. Das daher stets konsistente Modell der Geräte und Funktionen samt komplettem Beziehungsgeflecht bietet die optimale Basis für agile Teamarbeit. Fehleranfällige Datenübertragungen oder doppelte Eingaben und aufwändige Abstimmungen entfallen. Auf die Datenqualität ist Verlass. Das hilft auch Pro-

jektleitern. Sie können jederzeit den aktuellen Status ihrer Projekte abrufen.

### Welche Vorteile sehen Sie im modularen Anlagenbau und wie wird dies in der Engineering-Software umgesetzt?

**R. Knapp:** Gerade Planungsteams von Elektroanlagen wollen mit hoch standardisierten Modulen zum ‚Zusammenklicken‘ arbeiten. Sie können nicht, wie bei Chemieanlagen, einen Reaktor einfach größer konzipieren, um mehr zu produzieren. Sie skalieren die Anlagenkapazität durch Multiplikation der Module. Das klingt simpel, spart am Ende auch enorm Ressourcen, aber nur, wenn die Module Disziplin-übergreifend modelliert sind.

Beim modularen Arbeiten ist das Erstellen der Module und ihre Verfügbarkeit ebenso elementar wie ihr Zusammenstellen und Vernetzen zu einer Anlage. Ist das Moduldesign einmal erfolgt, sind 90 % der Arbeit erledigt, das Zusammenfügen wird fast zum Kinderspiel. Früher mussten beim Wiederverwenden von Moduldokumentationen jede Menge Papiere, bestenfalls PDFs, aus diversen disziplinspezifischen Tools zusammengesucht, kopiert und editiert werden. Das dazu erforderliche händische Anpassen der Komponenten-Kennzeichnung war mühsam und fehlerbehaftet. In EBs Datenbank liegen stattdessen die kompletten digitalen Modelle geprüfter Module mit allen elektro-, prozess- und automatisierungstechnischen Informationen. Varianten lassen sich

via Typical Manager leicht konfigurieren und übernehmen. Nur noch die Module auswählen, das Projekt zusammenstellen – die Gerätebezeichnungen passen sich selbstständig an – und die übergeordneten Verbindungen erstellen. Die Module fügen sich samt Anschlüssen und Leitsystem-Konfiguration nahtlos ins Gesamtkonzept ein. Die Dokumentation dazu ergibt sich dabei von selbst.

### Bestandsanlagen zu digitalisieren ist eine besondere Herausforderung. Wie können Sie die Ingenieure und Techniker dabei unterstützen?

**R. Knapp:** Während für die H<sub>2</sub>-Produktion neue Anlagen im Fokus stehen, sind es bei der Wasserstoffnutzung in der Industrie eher Bestandsanlagen, die H<sub>2</sub>-ready werden sollen. Die Betreiber stehen vor umfassenden Umbauten. Dazu brauchen sie zwingend eine verlässliche As-built-Dokumentation, auch hier möglichst ein direkt bearbeitbares, disziplin-übergreifendes Anlagenmodell. Diesen digitalen Zwilling stellt EB zur Verfügung, entweder direkt im System entwickelt oder per Migration von Altdaten. Für letzteres verfügt EB über Werkzeuge, die aus unterschiedlichen Datenquellen einen gemeinsamen digitalen Zwilling erzeugen. Grafische Dokumente, zum Beispiel R&Is, können oft über DWG eingelesen werden und dabei durch intelligente Interpretation einen Teil des Datenmodells aufbauen. Das lässt sich durch weitere Quellen, etwa Gerätelisten, ergänzen. Dabei finden sich Objekte anhand ihrer

Bezeichnungen wieder und werden vervollständigt. Der resultierende digitale Zwilling ist also intelligenter als die einzelnen Quellen.

### Sehen Sie eine Möglichkeit, die Engineering-Daten mit weiteren Planungstools wie BIM zusammenzubringen?

**R. Knapp:** Da BIM mit Architektur und Bauingenieurwesen einen anderen Ursprung hat als der Anlagenbau, ist die Verknüpfung mit unserem digitalen Zwilling nicht trivial. Wir arbeiten aktiv in entsprechenden Gremien mit, um zunächst die Überlappung der Modelle zu betrachten und daraus abzuleiten, welche relevanten Objekte unserer Modellierungen mit BIM abzugleichen sind. Daraus ergibt sich, ob wir Erweiterungen vornehmen, was EBs offene Architektur recht einfach ermöglicht. Wichtig ist uns dabei eine bidirektionale Integration, um sinnvolle Prozesse umsetzen zu können. Unser Fokus auf Anlagenobjekte und ihre logischen Zusammenhänge – wie zum Beispiel Verbindungen durch Kabel – ließe sich sehr gut mit der räumlichen Sicht von BIM ergänzen. Dort werden die Wege für die Kabel ermittelt, und EB könnte diese Wege mit den Kabellängen verknüpfen. Wir sind dazu im Dialog mit unseren Kunden, und Pilotanwendungen werden uns bei der Frage der Integration weiterbringen.

### Welche Vorteile bringt der digitale Zwilling im Anlagenbetrieb?

**R. Knapp:** Der erste Vorteil ist die erwähnte Voraussetzung für effizientes Umbau-Engineering. Auch für kleinere Anpassungen im Site-Engineering ist er die beste Grundlage. Darüber hinaus stellen wir die Daten beziehungsweise korrespondierende Dokumente in einer App für mobile Geräte bereit, um bei Wartungsarbeiten durch intelligentes Navigieren und Sichten exakt und im Nu die relevanten Informationen zur Hand zu haben. Über diese Anwendung lassen sich zudem entdeckte Abweichungen oder Änderungen direkt an EB zurückmelden, damit der digitale Zwilling immer aktuell und damit die verlässliche Basis bleibt, die für Effizienz essenziell ist.

Das Interview führte Dr. Etwina Gandert, Chefredakteurin CITplus.

Reinhard Knapp,  
Leiter Global Strategies,  
Aucotec



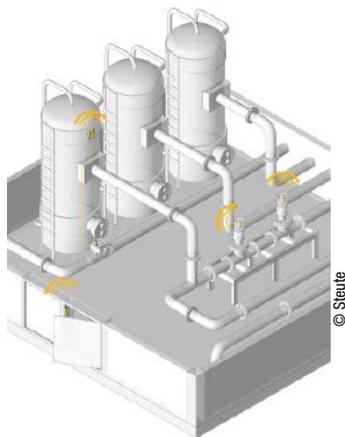
Wiley Online Library



Aucotec, Isernhagen  
Tel.: +49 511 610-30 · www.aucotec.com

## Ventilstellungsüberwachung in der Wasserstoff-Infrastruktur

Die Wasserstofftechnologie kommt in Schwung, die Infrastruktur wird gebaut. Dementsprechend wird der Bedarf an Armaturen steigen, die in den Netzen, aber auch an den Erzeugungs- und Verteilungsanlagen sowie den Verbrauchern die Wasserstoffströme regeln. Bei diesen Armaturen muss die Stellung überwacht werden. Bei der Auswahl der Schaltgeräte oder Sensoren für die Armaturen, ist zu berücksichtigen, dass Wasserstoff explosionsfähig ist. Hier gelten die ATEX-Richtlinien. Die Armaturen müssen sehr dicht sein, da das Druckniveau mit bis zu 700 bar hoch und das Wasserstoffmolekül extrem klein ist. Für diese Anwendungen eignen sich die Ex-Funk-Positionsschalter der Baureihe Ex RF 96 aus dem Controltec-Programm von Steute. Ein Betätiger erfasst die Position der Ventilstellung und gibt per Funk, über die sWave-Funktechnologie, ein entsprechendes Signal an die (meist außerhalb des Ex-Bereichs angebrachte) Auswerteeinheit. In vielen Einsatzbereichen der Wasserstoff-Infrastruktur kann eine sensorische (im Unterschied zur elektromechanischen) Überwachung die bessere Lösung sein. Denn bei Armaturen, die in explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt werden, ist der Druckraum häufig isoliert bzw. gekapselt. Die Armaturen werden dann über Hubmagnete geschaltet, und die Stellungsüberwachung erfolgt ebenfalls berührungslos. Für Einsatzfälle wie diesen wurden die ex-geschützten Induktivsensoren der Serie Ex IS für die Ex-Zonen 1 und 2 mit großen Schaltabständen entwickelt. Sie ermöglichen eine Abfrage der aktuellen Ventilposition. Dazu benötigen sie kein „Target“ als Gegenstück, weil sie direkt die Position der Ventilschnecke erfassen – das vereinfacht die Installation. Noch einen Schritt weiter geht die Funk-Variante der Gas-Ex-Induktivsensoren. In Kombination mit dem Funkmodul Ex RF 96 ST kann der Ex RF IS über das Funkprotokoll Signale mit der zugehörigen Auswerteeinheit (die außerhalb der Ex-Zone angebracht wird) austauschen. Die Kommunikation zwischen Sensor und Empfangseinheit erfolgt über diese spezielle Funktechnologie, die sich an verschiedene landestypische Frequenzen (868, 915, 917 und 922 MHz) anpassen lässt. Der Sensor wird durch eine Lithiumbatterie, die auch im Ex-Bereich ausgetauscht werden kann, mit Energie versorgt. Dank dieser Art der Stromversorgung können Zusatzfunktionen genutzt werden, wie die Überwachung des Schaltgerätes per Statussignal und die Optimierung der Funkübertragung durch die LBT („Listen before talk“)-Technologie. Außerdem vereinfacht die Stromversorgung per Batterie die Installation unter Ex-Bedingungen und erlaubt den Verzicht auf ex-gerechte Leitungseinführungen. [www.steute.com](http://www.steute.com)



© Steute

## Neue Generation magnetischer Füllstandzeiger

Mit der Einführung des BM26A-8000 schließt Krohne die Markteinführung der neuen BM26A-Serie von Magnetischen Füllstandzeigern ab. Das robuste Design hat sich nicht verändert, aber eine Vielzahl von Optionen wurde hinzugefügt, und frühere Sonderausführungen sind jetzt standardmäßig erhältlich. Die Serie ist für Messbereiche von 0,3 m/1 ft bis zu 5,5 m/18 ft verfügbar (andere Abmessungen auf Anfrage). Zubehör und Optionen sind z.B. Ventile, eine thermische Isolierung, verschiedene Werkstoffe, Grenzwertschalter, Ex-Zulassungen, eine Trennschichtmessung oder Ausführungen für extreme Betriebsbedingungen. Je nach Anwendung reichen die Kommunikationsmöglichkeiten von der lokalen Anzeige ohne externe Stromversorgung bis hin zu optionalen Reed-Schaltern oder Reed-Ketten-Füllstandstransmittern mit analogen oder digitalen Ausgangssignalen. Das neue Modell für die redundante Füllstandsmessung in Flüssigkeitsanwendungen ist in zwei Versionen erhältlich: BM26A-8000-Twin besteht aus einer doppelten Messkammer, wobei die eine Kammer eine Klappenanzeige besitzt und die andere Kammer als Bezugsgefäß dient, das entweder mit einem geführten Radar (TDR), einem FMCW-Radar oder einem Verdränger-Füllstandmessgerät ausgestattet ist. Die Version BM26A-8000-BI verfügt über eine spezielle Messkammer mit zwei voneinander getrennten Einzelkammern – eine für die Füllstandsonde des Optiflex 7200 und die andere für den Schwimmer. Werden diese Ausführungen zusätzlich mit einem Reedketten-Füllstandstransmitter ausgestattet, können die Messwerte des installierten Radars mit denen des Reedketten-Transmitters direkt in der Leitwarte verglichen werden. Dies ermöglicht eine redundante Messung, da beide Technologien unabhängig und unbeeinflusst voneinander arbeiten. Die Geräte eignen sich damit besonders für den Einsatz in Dampfkreisläufen von Kraftwerken, Lagertanks mit gefährlichen Chemikalien, Separatoren in der Öl- und Gasindustrie sowie für eine Vielzahl anderer Füllstand- und Trennschichtanwendungen. Je nach gewählter Konfiguration kann der Magnetklappenanzeiger auch in sicherheitsrelevanten Anwendungen bis SIL2/3 eingesetzt werden. [www.krohne.com](http://www.krohne.com)



© Krohne

## Membransitzventil für hochreine Anwendungen

Mit dem neuen C58 iCom-Line hat Gemü sein erstes 3/2-Wege-Membransitzventil für hochreine Anwendungen entwickelt. Es verfügt über einen Zulauf und zwei mögliche Ausgänge. Zudem ist der Betrieb in entgegengesetzter Durchflussrichtung möglich und die Schaltstellung kann über eine optische Sichtanzeige detektiert werden. Das neue 3/2-Wege-Prozessventil eignet sich für hochreine und aggressive Medien. Alle medienberührenden Teile bestehen aus reinem und sehr beständigem PTFE. Dank seines sehr günstigen Verhältnisses zwischen Footprint und Durchflussmenge eignet sich das Membransitzventil besonders für Anwendungen im Prozessbereich sowie auf der Verteilerebene einer Halbleiterfertigung. [www.gemu-group.com](http://www.gemu-group.com)



© GEMÜ

Wiley Online Library



# Safety geht nicht ohne Security

## Digitale Lösungen für die funktionale Sicherheit

Sicherheit ist die wichtigste Anforderung für den Betrieb chemischer und pharmazeutischer Anlagen. Mit der wachsenden digitalen Vernetzung der Anlagen steigt auch der Bedarf Cybersecurity-Lösungen, um die Anlagensicherheit zu gewährleisten. Eine ganzheitliche Digitalisierung der funktionalen Sicherheit in einem geeigneten Cybersecurity-Umfeld eröffnet die Möglichkeit, diese Herausforderungen zu meistern und deutlichen Mehrwert zu erzeugen.



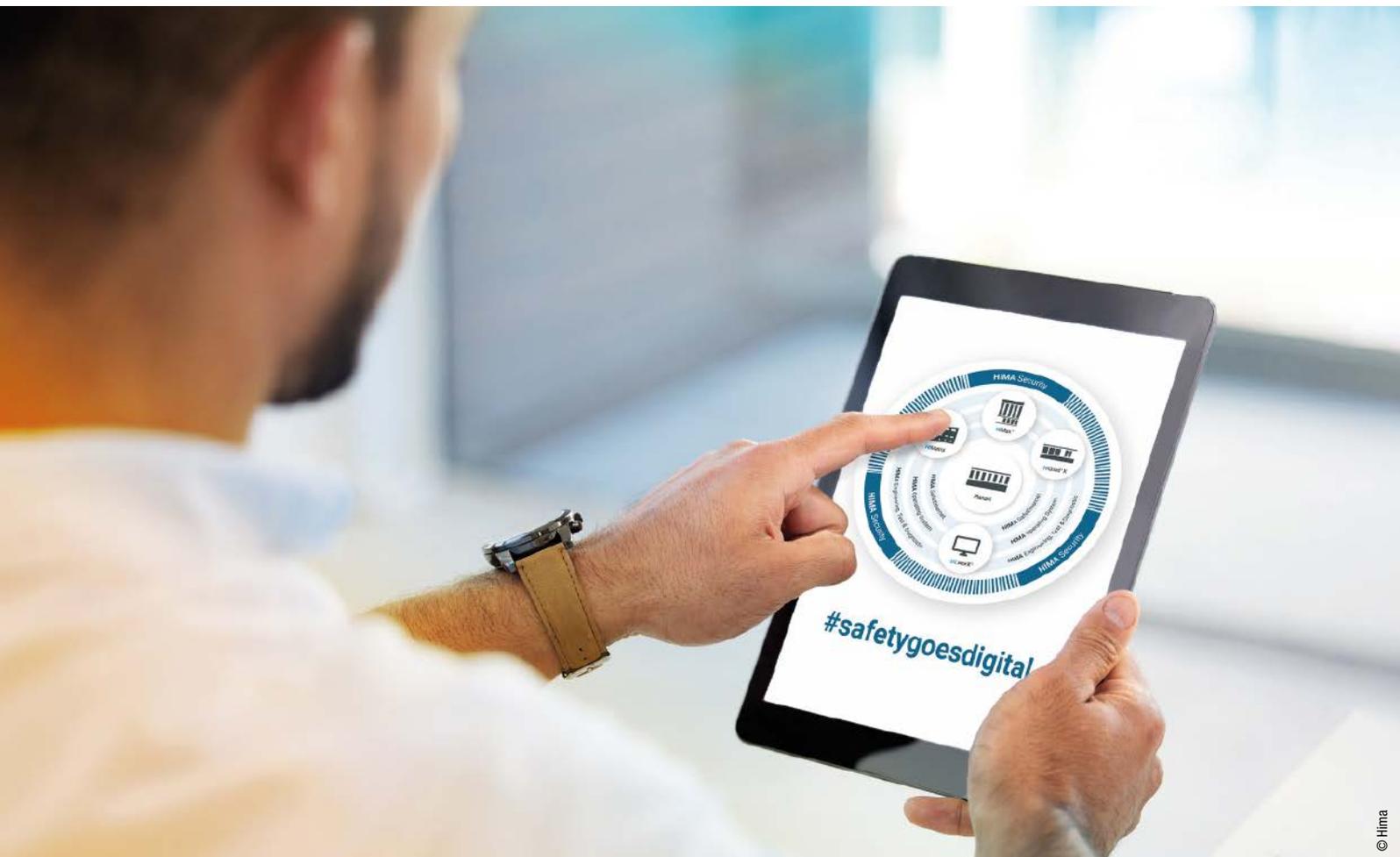
### Keywords

- Funktionale Sicherheit, Safety
- Cybersecurity
- Digitalisierung
- NAMUR

Die funktionale Sicherheit spielt eine Schlüsselrolle in der Prozessindustrie – ohne Sicherheitskonzept und -einrichtungen dürfen Anlagen der Prozessindustrie nicht betrieben werden. Die Risikobewertung und Planung der Sicherheitssysteme bis zu deren Betrieb und Wartung fordert den Beteiligten viel spezifisches Know-how ab – auch über den jeweils aktuellen Stand des Regelwerks. Und weil Sicherheitseinrichtungen immer stärker auch in das Fadenkreuz von Hackern geraten, wird auch die Cybersecurity immer wichtiger. Die Auslegung und der regelwerkskonforme Betrieb von Sicherheitssystemen stellt Anlagenplaner und -betreiber deshalb vor große Herausforderungen. Eine ganzheitliche Digitalisierung der funktionalen Sicherheit eröffnet

die Möglichkeit, diese Herausforderungen zu meistern – und deutlichen Mehrwert zu erzeugen.

Aus Sicht von Hima hat Digitalisierung der funktionalen Sicherheit das Potenzial, über die Sicherheitsfunktion hinaus Mehrwert zu schaffen, indem sie nicht nur dabei hilft, Kosten zu sparen, sondern auch die Verfügbarkeit von Anlagen zu steigern – und weil sie Daten und Informationen über die Anlage zur Verfügung stellt, die wiederum für Optimierungsprojekte genutzt werden können. Das Unternehmen verfolgt dabei einen ganzheitlichen Ansatz, der die vier Kernthemen Safety und Security, durchgängige Regelkonformität, optimiertes Safety Engineering und effizientes Änderungsmanagement adressiert.



### OT-Security Lösungen greifbar machen

Die Digitalisierung der funktionalen Sicherheit kann ohne Security-Maßnahmen nicht gelingen: Werden die bisher nicht vernetzten Feldgeräte der Sicherheitseinrichtungen kommunikativ und tauschen Daten nicht nur mit Prozessleitsystemen, sondern bspw. auch mit Asset-Management-Systemen aus, müssen sie selbst gegen Hackerangriffe geschützt werden. Peter Sieber, Vice President Strategic Marketing bei Hima, betont: „Die Vorstellung, dass es in Sachen Security ausreicht, Produkte nach den einschlägigen Normen zu entwickeln und anschließend zu zertifizieren, bleibt eine Illusion: Eine Security-Zertifizierung der Produkte allein schafft weder Safety noch Security. Deshalb haben wir ein „Security Environment for Functional Safety“ entwickelt, das es ermöglicht, die Sicherheit über den gesamten Lebenszyklus der Sicherheitslösungen aufrecht zu erhalten und gleichzeitig den damit verbundenen Aufwand zu minimieren.“

Um ganzheitliche OT-Security-Lösungen für die Digitalisierung der funktionalen Sicherheit zu entwickeln und testen, hat Hima in seinem Customer Solutions Center im badischen Brühl ein Security Lab eröffnet und arbeitet dort eng mit dem IT-Sicherheitsspezialisten Genua zusam-



„Wir liefern Sicherheitslösungen nach höchsten Standards, zugeschnitten auf Unternehmen der Prozessindustrie.“

Matthias Ochs, CEO, Genua

men. Die Technologien des Unternehmens, das Teil der Bundesdruckerei-Gruppe ist, entsprechen zahlreichen Empfehlungen der NAMUR. So werden bspw. im neuen Security Lab Applikationen der Datendiode gezeigt, die Voraussetzung dafür sind, eine hochsichere, praktikable Umsetzung der richtungsweisenden NAMUR Open Architecture (NOA) zu gewährleisten. Steffen Philipp, geschäftsführender Gesellschafter von Hima, betont: „Die stetig steigende Bedrohung der kritischen Infrastruktur durch Cyberangriffe ist allgegenwärtig. Mit dem neuen Security Lab leistet Hima, über die Unterstützung unserer Kunden hinaus, auch einen relevanten gesellschaftlichen Beitrag.“

Sergej Arent, Director Applications bei Hima und verantwortlich für das Customer Solutions Centers in Brühl erläutert die Bedeutung des neuen Labors: „Im Hima Security Lab werden unsere Lösungen greifbar. Unser ‚Security Environment for Functional Safety‘ kann mit verschiedenen Security-Zonen kombiniert werden. Damit können sämtli-



„Im Hima Security Lab können sämtliche Szenarien nachgestellt, optimiert und getestet werden.“

Sergej Arent, Director Applications, Hima

che Szenarien nachgestellt, optimiert und getestet werden. Ein Labor voller Möglichkeiten für Einsteiger und Experten. Die Integration des Security Labs in unserem eigenen Customer Solutions Center wird

künftig die Gefährdungsanalyse von Automatisierungsnetzwerken der Anwender, also quasi ein Cyber-HAZOP, ermöglichen.“

### Gemeinsam und einzeln erfolgreich

„Sowohl Genua als auch Hima sind in ihren Bereichen führend, und beide Unternehmen denken als deutsche Technologieunternehmen langfristig“, äußert sich Jörg de la Motte, CEO von Hima, über die



„Eine Security-Zertifizierung der Produkte allein schafft weder Safety noch Security.“

Peter Sieber, Vice President Strategic Marketing, Hima

weiter ausgebauten Partnerschaft auf Augenhöhe und betont noch einmal deren Bedeutung: „Mit der zunehmenden Digitalisierung der Funktionalen Sicherheit und dem Vernetzen von Komponenten der Sicherheitseinrichtungen steigen auch die von Cyberangriffen ausgehenden Gefahren.“ Und Matthias Ochs, CEO von Genua, ergänzt: „Als vertrauenswürdige Partner betrachten wir die verschiedenen Aspekte von Sicherheit ganzheitlich. So liefern wir genau das, was der Markt gerade benötigt: Sicherheitslösungen nach höchsten Standards, zugeschnitten auf Unternehmen aus der Prozessindustrie.“

Dass beide Unternehmen auch einzeln erfolgreich agieren, zeigen jüngst veröffentlichten Zahlen. So erzielte die Hima-Gruppe in 2022 mit 155,8 Mio. EUR den höchsten Auftragsengang in der Geschichte – 18 % mehr als im Jahr zuvor. „Wir haben das Geschäftsjahr 2022 trotz vieler Herausforderungen gut gemeistert und auch das erste Quartal 2023 stimmt uns angesichts eines weiterhin erfreulichen Auftragsengangs



„Genua und Hima sind in ihren Bereichen führend und denken als deutsche Technologieunternehmen langfristig.“

Jörg de la Motte, CEO, Hima

sehr positiv“, sagt Michael Löbig, CFO, und verweist auf die Auswirkungen der Coronapandemie, Schwierigkeiten in der Lieferkette und die Folgen des Ukraine Krieges. 12 % des Umsatzes wurden 2022 in Forschung und Entwicklung investiert mit dem Ziel, die funktionale Sicherheit weiter zu digitalisieren.

Genua, ein Unternehmen der Bundesdruckerei-Gruppe, sichert mit seinen Produkten und Lösungen sensitive IT-Netzwerke im Public- und im Enterprise-Sektor, bei KRITIS-Organisationen und in der geheim-schutzbetreuten Industrie mit hochsicheren und skalierbaren Cybersecurity-Lösungen, und verzeichnete in den letzten fünf Jahren ein durchschnittliches jährliches Umsatzwachstum von 22,5 % auf mittlerweile 75,3 Mio. EUR. Marc Tesch, Geschäftsführer von Genua, erläutert zu den Wachstumstreibern im deutschen Markt: „Die gesetzlichen Mindestanforderungen an Cybersicherheit verschärfen sich zunehmend. Nationale Verpflichtungen im Rahmen des IT-Sicherheitsgesetzes sowie europäische Gesetzgebungsinitiativen wie NIS2.0 und Cyber Resilience Act sorgen für eine steigende Nachfrage nach unserem auf hohe Sicherheitsanforderungen ausgelegtem Portfolio. Weitere Wachstumstreiber

sind die anhaltende Digitalisierung der Behörden sowie der Bedarf nach mehr digitaler Souveränität in Deutschland und Europa.“

**Mit Digitalisierung der funktionalen Sicherheit Mehrwert schaffen**

Ein sehr augenfälliges Beispiel für den Mehrwert durch Digitalisierung ist die Automatisierung der wiederkehrenden Prüfung von Sicherheitseinrichtungen. Der Smart-Safety- Test von HIMA definiert neben den Diagnosemöglichkeiten der Feldgeräte auch Prüfroutinen, die es erlauben, Feldgeräte automatisch auf korrekte Funktion zu prüfen, ohne dass dazu die Anwenderprogramme der Sicherheitssysteme modifiziert



Mittels eines Smart Safety Tests an sicherheitsrelevanten Absperrklappen konnte Evonik in Marl die Verfügbarkeit einer Propen-Destillation erhöhen und die Zyklen zwischen Anlagenstillständen von einem auf drei Jahre verlängern.

werden müssen. So ist es bspw. möglich, mit regelmäßigen Teilhubtests die Prüfzyklen für Armaturen mit Sicherheitsfunktion, die einen Anlagenstillstand erfordern, deutlich zu verlängern.

Evonik in Marl konnte jetzt mittels eines Smart-Safety-Tests die Verfügbarkeit einer Propen-Destillation erhöhen. Mit Hilfe von Teilhubtests an sicherheitsrelevanten Absperrklappen können die Zyklen zwischen Anlagenstillständen von einem auf drei Jahre verlängert werden. Das erfolgreiche Projekt gilt aufgrund seiner wirtschaftlichen Bedeutung als richtungweisend.

Regelmäßige Wiederholungsprüfungen an Sicherheitseinrichtungen verursachen organisatorischen Aufwand und beeinträchtigen häufig die Produktion. Im Falle der Sicherheitseinrichtung bei Evonik bedeutet die 100 %-Prüfung einer Auf-Zu-Armatur, dass das Kolonnenbild zusammenbricht und das Wiederanfahren der Anlage mindestens einen Tag Produktionsausfall verursacht – mit Konsequenzen für die nachgelagerten Prozesse. Eine Lösung besteht in flexiblen Prüfkonzepten für Sicherheitseinrichtungen, die in der Prozessindustrie bereits seit einigen Jahren diskutiert und seit 2018 auch im Namur-Arbeitsblatt NA106 beschrieben sind.

Evonik verspricht sich von automatisierten Tests signifikanten Mehrwert: Die vorliegenden positiven Betriebserfahrungen zeigen, dass die systematischen Fehler beherrscht werden und ein Prüfkonzept umgesetzt werden kann, welches möglichst lange ohne einen Vollhubtest auskommt.

**Fazit**

Betreiber von Prozessanlagen versprechen sich von der Digitalisierung geldwerte Vorteile durch bessere Geschäftsprozesse und Anlagen, die im optimalen Betriebspunkt betrieben werden. Als Insellösung in der Regel von den Datennetzen der Automatisierungssysteme getrennt, entzieht sich die funktionale Sicherheit bisher den Bemühungen von IT und OT. Dabei kann Digitalisierung gerade hier helfen, die wachsenden Sicherheitsanforderungen rechtssicher zu erfüllen. Wichtig dabei ist es, auch das geeignete Cybersecurity Environment zu schaffen.



**Der Autor**  
Volker Oestreich,  
CITplus

Wiley Online Library



**Profibus over APL auf der SPS**

Auf dem PI-Gemeinschaftsstand auf der SPS werden wichtige Neuheit an der Industrie 4.0 Wand gezeigt. Eine neue Security-Demo veranschaulicht eindrucksvoll wie Profinet Security funktioniert. Damit wird Security auch auf OT-Level möglich. Die Demo ermöglicht sowohl Anwendern als auch Herstellern einen besseren Einblick für ihre eigene Planung und Implementierung von Security-Lösungen. Die Profinet over TSN-Demo bildet ein weiteres Highlight auf der Industrie 4.0 Wand. Hier wird nicht nur die Funktion und der Nutzen dieser Technologie präsentiert, sondern auch der aktuelle Stand der Implementierung verdeutlicht. Weiterhin wird die OPC UA Safety Demo ausgestellt. Hier wird gezeigt, wie auch bei flexibleren Anlagen mit wechselnden Steu-

erungen eine Safety-Kommunikation einfach aufgebaut werden kann. Profidrive wird durch einen Live-Showcase präsentiert. Elf Antriebe verschiedener Hersteller demonstrieren, wie das perfekte Zusammenspiel in einer anspruchsvollen Antriebsapplikation funktioniert. IO-Link hat dank seiner Offenheit in der ganzen Welt bereits eine sehr große Akzeptanz gefunden. Die beeindruckende Gerätevielfalt von IO-Link wird an einer großen Multivendor-Wand mit über 200 IO-Link-Geräten unterschiedlicher Hersteller zur Schau gestellt. Die Ortungstechnologie Omlox überzeugt in diesem Jahr mit einer Weltpremiere: Lösungen zum Anfassen und Begreifen. Zusammen mit Omlox-Partnern werden erstmalig in einer Livedemons-

tration Ende-zu-Ende Hard- und Softwarelösungen gezeigt. Mit der Fertigstellung der Spezifikationen und Guidelines stehen für Profinet over APL alle Tore für den Einsatz in der Prozessautomatisierung offen. Die Process Automation Live-Demo wurde um eine Reihe von Profinet-Produkten mit einem Ethernet-APL Physical Layer ergänzt. Besuchern bietet sich hier die Gelegenheit einer interaktiven Bedienung der auf Profinet und Profibus PA basierenden Anlagenstruktur. Die jüngste PI-Technologie – MTP – darf natürlich in Nürnberg nicht fehlen. Eindrucksvoll zeigt eine Multivendor-Live-Demo, wie komplexe Produktionssysteme modular aufgebaut und flexibel umkonfiguriert werden können.

[www.profibus.com/trainingevents/sps-2023](http://www.profibus.com/trainingevents/sps-2023)

# Ein Baukastensystem für das Engineering

## Wie der MTP-Standard für Flexibilität und Effizienz in der Chemiebranche sorgt

Trends wie die Digitalisierung, steigende Energiekosten und die notwendige Optimierung von Produktions- und Lieferketten betreffen sämtliche Akteure der Chemiebranche. Der Druck des globalen Wettbewerbs erfordert zunehmend Schnelligkeit und Flexibilität. Eine Lösung kann sein, Prozessanlagen zu modularisieren, um wettbewerbsfähig zu bleiben. Dafür müssen Anlagen nicht aufwendig neu aufgesetzt, sondern können schrittweise umgestellt werden.

Die digitale Transformation in der Chemie eröffnet der Branche enorme Chancen. Durch das Industrial Internet of Things (IIoT) können begrenzte Ressourcen effizienter genutzt und der Anlagenbetrieb vorausschauend optimiert werden. In einer Zeit, in der Geschwindigkeit zu einem entscheidenden Wettbewerbsfaktor wird, sind agile Innovationsprozesse und schnelle Investitionen in Produktionsanlagen unerlässlich. Kleinere Produktlebenszyklen und eine steigende Spezialisierung erfordern zudem flexible Produktionskonzepte, die auf Modularisierung und Standardisierung setzen.

### MTP als Schlüsselösung

In etablierten Produktionsstrukturen, die sich im Laufe der Zeit entwickelt haben, können sowohl alte als auch neue Systeme unterschiedlicher Hersteller parallel betrieben wer-

den. Die nahtlose und effektive Integration einer solch heterogenen Produktionslandschaft in neue Projekte erweist sich als anspruchsvolle Aufgabe. Gleichzeitig besteht der Wunsch der Unternehmen darin, das volle Potenzial von IIoT auszuschöpfen. In diesem Kontext erweist sich der herstellerübergreifende MTP-Standard als äußerst hilfreich.

Der Gedanke hinter der modularen Produktion basiert auf der Aufteilung eines chemischen Prozesses in seine grundlegenden verfahrenstechnischen Funktionen, wie bspw. das Rühren, Mischen, Erhitzen und Kühlen. Jede dieser Funktionen wird in einem eigenständigen Funktionsmodul mit einer dedizierten Steuerungseinheit abgebildet. Bei der Erstellung und Bearbeitung von MTP-Dateien für neue wie auch bestehende Anlagen wird jeder einzelne Schritt in Echtzeit auf Konformität zur Norm VDI/VDE/

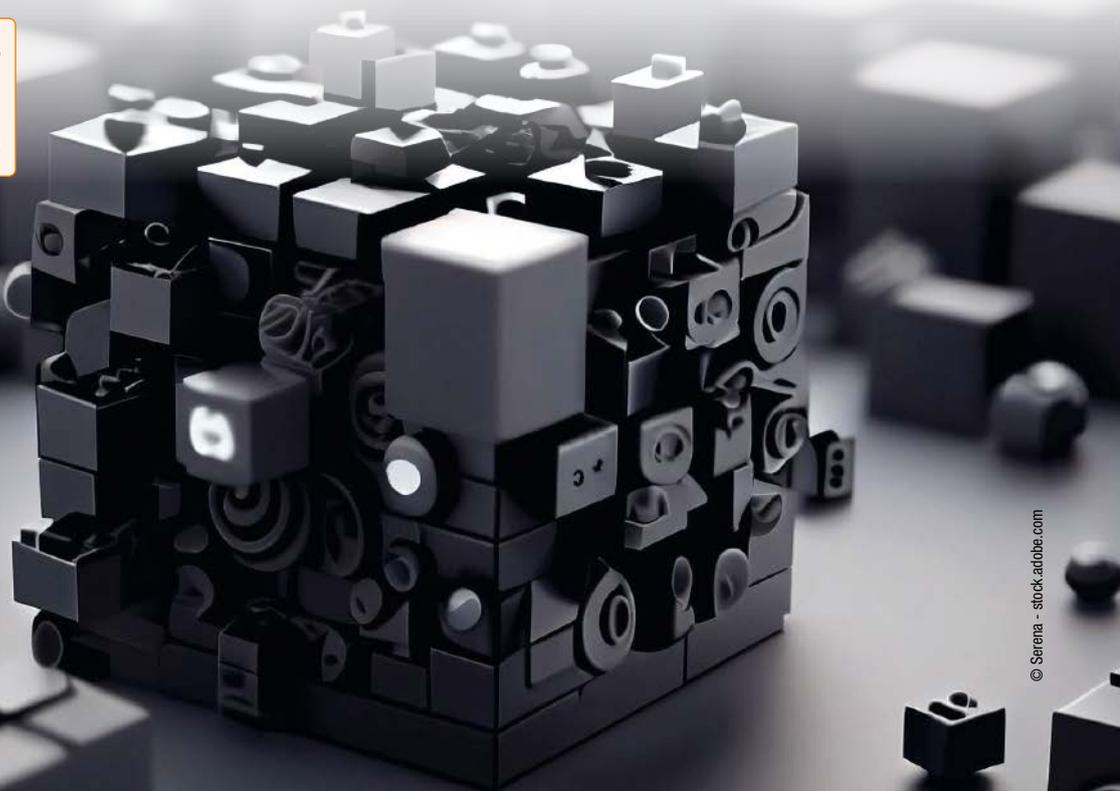
NAMUR 2658 geprüft. Jedes MTP-File ist eine Vorlage für ein spezielles Equipment. Hat man mehrere davon, können mit dem Service zur Verwaltung von Process Equipment Assembly (PEA) aus diesem Template mehrere Instanzen erzeugt werden. Durch die variable Kombination dieser Funktionsmodule können vielfältige Gesamtprozesse auf einfache und flexible Weise konstruiert werden.

Der übergeordnete Process Orchestration Layer, kurz POL, übernimmt die Steuerung der einzelnen PEAs. Eine POL liest die MTPs der Anlagenmodule, registriert sie und orchestriert sie anschließend wie ein Dirigent sein Orchester. Auf Knopfdruck werden automatisch alle Prozessbilder, Variablen, Grundfunktionen für ISA 88 Batch Control, die OPC-UA-Konfiguration, Reporting sowie Alarmer und Audit Trail erzeugt. Darüber hinaus werden alle Dateien



#### Keywords

- *Modularer Anlagenbau, MTP*
- *Digitalisierung*
- *Flexible Produktionsanlagen*



in einer zentralen Datenbank verwaltet. Dies ermöglicht dem Operator jederzeit eine Übersicht aller im Einsatz befindlichen MTP-Dateien.

### Flexibilität und eine schnellere Time-to-Market

Um Produkte schnell auf den Markt zu bringen und auf sich ändernde Marktbedingungen reagieren zu können, werden modulare Anlagen als eine Schlüsselösung angesehen. Hier können komplexe Produktionsprozesse in viele kleinere, standardisierte Abschnitte aufgeteilt werden. Diese einzelnen Module lassen sich logisch miteinander verschalten und flexibel neu kombinieren, sowohl innerhalb einer Disziplin als auch interdisziplinär (Plug & Produce).

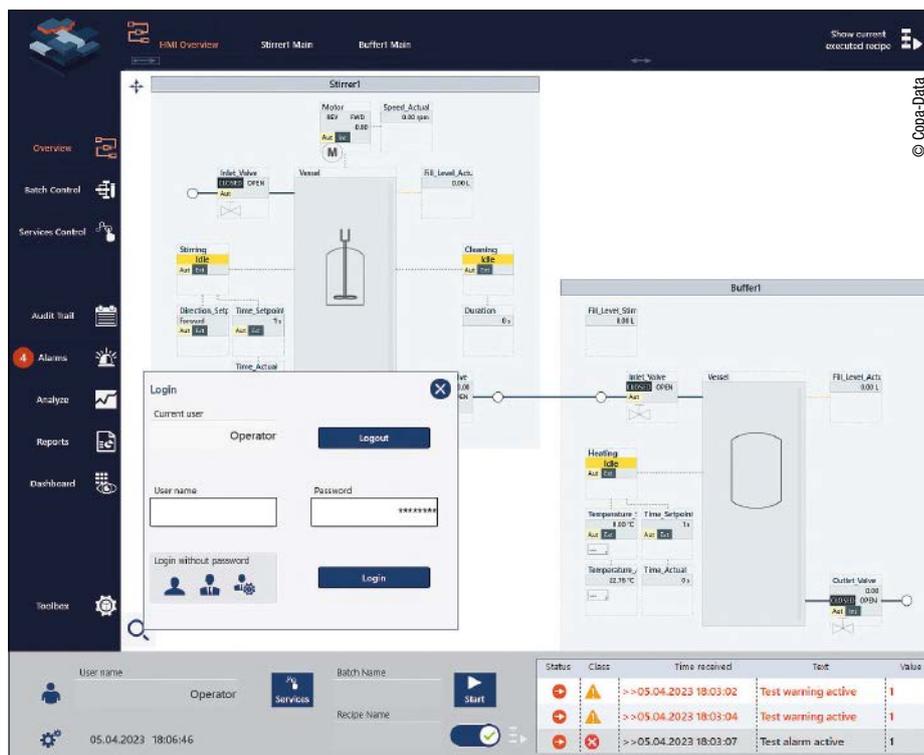
Durch die Modularisierung können Unternehmen das Investitionsrisiko während ihres Markteinstiegs erheblich reduzieren. Produktionskapazitäten können an die Marktanforderungen angepasst werden, was finanzielle Sicherheit schafft, und die Wettbewerbsfähigkeit steigert. Damit hört es mit der Flexibilität nicht auf: Dank der Modularisierung kann die Anlagennutzung individuell gestaltet werden. Modulare Einheiten können umgebaut, an anderen Standorten eingesetzt oder am Ende ihres Lebenszyklus problemlos ausgetauscht werden. Ganz ohne zusätzlichen Engineering-Aufwand. Dies steigert die Flexibilität erheblich und ermöglicht es Unternehmen, sich unabhängig von spezifischen Herstellern zu bewegen. Der effiziente Aufbau von modularen Anlagen reduziert die Umbau- und Initialisierungskosten signifikant, insbesondere bei der Produktion kleiner Chargen. Das senkt die Produktionskosten um bis zu 40 %.

Ein weiterer entscheidender Faktor ist die beschleunigte Time-to-Market. Ein Großteil des Engineerings erfolgt bereits auf den vorgefertigten Modulen, was die Integration in das Prozessleitsystem erheblich vereinfacht. Die Skalierung von Laborversuchen in die Produktion wird ebenfalls erleichtert, was die Produktentwicklungszeit reduziert.

### Durchgängige Dokumentation

Gleichzeitig wird die Chemiebranche zunehmend von Vorschriften und Regularien beeinflusst. Wer integrierte Softwareplattformen wie Zenon von Copa-Data nutzt, kann die Dokumentation und das Berichtswesen der Produktion standardisiert und automatisiert abrufen. Aus diesem Grund kann das Manufacturing nahtlos mit der Qualitätssicherung kombiniert werden, da Analysen auf einen Tastendruck hin zur Verfügung stehen.

Gibt es bestehendes Equipment, das MTP-fähig gemacht werden soll, um eine Modularisierung der Produktion einzurichten, helfen sogenannte MTP-Gateways: Sie verbinden die vorhandenen Anlagen und leiten



Das Engineering über Module spart Zeit und Kosten und unterstützt den flexiblen Einsatz von Anlagen.

die relevanten Informationen MTP-standardkonform mittels OPC UA an die Orchestrierung weiter. Anwender bleiben herstellerunabhängig und können die Maschinen und Softwarelösungen wählen, die für die eigenen Anforderungen am besten geeignet sind.

### Voraussetzungen für eine erfolgreiche Modularisierung

Automatisierung wird als kontinuierlicher Prozess betrachtet, der nicht auf einen finalen Endzustand abzielt. Wer Prozesse automatisieren möchte, kann dies nicht in einem einzigen Arbeitsgang bewältigen. Sinnvollerweise wird mit einzelnen Modulen begonnen, um die Prozesse nach und nach zu verfeinern. Hierbei hat jedes Unternehmen die Freiheit zu entscheiden, in welchen Bereichen es den größten Nutzen aus der Automatisierung ziehen kann. Alle Einzelkomponenten können stufenweise in ein übergreifendes System integriert werden. Eine essenzielle Voraussetzung für eine durchgängige Modularisierung in der Produktion ist jedoch eine einheitliche Beschreibung der Informationen der einzelnen Module.

Schlussendlich bedarf die Modularisierung von Chemieanlagen – selbst, wenn sie nur zum Teil erfolgt, richtig aufgesetzt an Zeit, personellen Ressourcen und der Bereitschaft zur Veränderung. Zum Start müssen umfassende Planungs- und Designarbeiten durchgeführt werden. Das beinhaltet die Identifizierung der zu modularisierenden Anlagenteile, die Festlegung von Schnittstellen und Standards sowie das Erstellen von Modulspezifikationen. Für die

spätere Implementierung der Module müssen Schnittstellen definiert und sicherheitsrelevante Aspekte berücksichtigt werden.

### Fazit

Die Modularisierung von Prozessanlagen wird zweifellos ein entscheidender Schritt in Richtung Zukunft sein, um den Anforderungen an Geschwindigkeit, Flexibilität und Effizienz gerecht zu werden. Sie ermöglicht nicht nur eine schnellere Anpassung an sich ändernde Marktanforderungen, sondern führt auch zu einer erheblichen Reduzierung der Produktionskosten und einer beschleunigten Markteinführung von Produkten. Diese Vorteile machen die modulare Produktion zu einer äußerst attraktiven Option für Unternehmen, die in der heutigen schnellebigen Geschäftswelt wettbewerbsfähig bleiben wollen.

### Der Autor

Frank Hägele, Prokurist und Sales Director, Copa-Data Deutschland

Wiley Online Library



COPA-DATA GmbH, Ottobrunn  
Tel.: +49 2203 90959-00 · www.copadata.com

# Der digitale Zwilling in der Digitalisierungsstrategie

## Wie Digitalisierung der Instandhaltung einen Vorsprung verschafft

Die anlagenintensiven Industrien erfordern eine neue Arbeitsweise, um den zahlreichen Herausforderungen auf den globalen Märkten begegnen zu können. Diese Herausforderungen umfassen geopolitische und wirtschaftliche Unbeständigkeit, Unterbrechungen der Lieferkette sowie alternde Arbeitskräfte, Infrastrukturen und das Netto-Null-Ziel zu erreichen. Zusammengenommen erhöhen diese Faktoren die Notwendigkeit der digitalen Transformation.



### Keywords

- **Digitaler Zwilling**
- **Anlagenbau**
- **Instandhaltung**



Die erforderliche digitale Transformation des gesamten Anlagenlebenszyklus, von der Aufnahme bis zur endgültigen Stilllegung der Anlage, ist nicht mehr nur ein nettes Extra, sondern eine wesentliche Voraussetzung für die Bewältigung dieser Herausforderungen. Der digitale Zwilling ist ein Schlüsselement für die Initiative zur digitalen Transformation eines Unternehmens.

### Doch was ist ein digitaler Zwilling?

Ein digitaler Zwilling ist ein einziger digitaler 4D-Hub für den Zugriff auf eine ganze Reihe von Daten und Informationen über die physische Infrastruktur oder Anlage. Dabei handelt es sich um eine 2D-/3D-Darstellung der Infrastruktur oder Anlage, die stets aktuell ist und die Möglichkeit bietet, Veränderungen an der Infrastruktur oder Anlage im Laufe der Zeit zu verstehen. Durch die Verbindung von Informationstechnologie (IT), operativer Technologie (OT) und Engineering-Technologie (ET) ent-

steht ein vertrauenswürdiges System, das dem Anwender vor allem ein tieferes Verständnis der Anlage und ihrer Leistung vermittelt. Dieses unmittelbare und tiefe Verständnis ermöglicht eine schnelle, präzise und risikoarme Entscheidungsfindung.

Ingenieure und Betriebspersonal müssen nicht mehr auf mehrere, isolierte und oft veraltete oder sogar widersprüchliche Systeme zugreifen, und sie müssen sich auch nicht mehr auf ihr Gedächtnis verlassen, um eine Entscheidung zu treffen, die bestenfalls als „fundierte Vermutung“ bezeichnet werden kann. Der digitale Zwilling hilft bei der Beantwortung von Fragen wie „Wo befindet es sich?“, „Wie ist die Leistung?“, „Was weiß ich darüber und was sollte ich wissen?“, und „Wann handle ich?“ und „Wenn ich handle, was soll ich tun?“

Der digitale Zwilling hat keinen oder nur einen sehr geringen Wert, wenn er nur einen kleinen Aspekt des Lebenszyklus der Anlage unterstützt, da dadurch wieder ein weiteres

Silo oder eine Punktlösung geschaffen wird. Was der digitale Zwilling leisten muss, ist die Einrichtung eines einzigen digitalen Hubs oder einer einzigen digitalen Schnittstelle, die den gesamten Lebenszyklus der Anlage unterstützt:

- Entwurf und Engineering bei Investitionsprojekten
- Bauplanung und -ausführung
- Kontinuierliche Übergabe von Anlageninformationen
- Planung und Ausführung von Wartungsarbeiten
- Fernbetrieb und Support
- Einarbeitung und Schulung am Standort
- Brownfield-Engineering

### Generierung von nachhaltigem Nutzen

Bentley Systems hat über viele Jahre hinweg zahlreiche Lösungen für den digitalen Zwilling und die Verwaltung von Informationen über den Lebenszyklus von Anlagen in einer Vielzahl von Branchen, darunter Bergbau, Mineralaufbereitung sowie Öl- und Gasindustrie, erfolgreich implementiert. Diese Lösungen haben unseren Anwendern einen enormen Nutzen und eine hohe Kapitalrendite eingebracht. Hier sind einige Beispiele, die zeigen, wie das Unternehmen verlässliche Informationen für Ingenieur-, Betriebs- und Wartungsteams bereitstellt.

### Shell Deepwater-Projekt

Shell hat ein Portfolio von Projekten im Golf von Mexiko ermittelt, bei denen eine integrierte digitale Plattform für die Projektabwicklung zum Einsatz kommen soll, um weiterhin Spitzenleistungen bei den Kosten zu erzielen. Gleichzeitig soll auf die Erreichung der Netto-Null-Emissionsziele hingearbeitet sowie die Projektzykluszeiten für Tiefseeprojekte weiter verbessert werden. Diese durchgängige Digitalisierung von

der Konzeption über die Abnahme bis hin zum Betrieb war mit Herausforderungen verbunden, darunter die Integration von Daten aus verschiedenen Quellen. Um das Ziel des Unternehmens zu erreichen, benötigte Shell offene, interoperable Technologieanwendungen.

Unter anderem mithilfe von PlantSight und AssetWise ALIM hat Shell eine digitale Plattform entwickelt, die von der Projektkonzeption bis zur Bereitstellung eines digitalen Zwillings für den Betrieb und darüber hinaus eine zentrale Informationsquelle bietet. Die Arbeit in einer integrierten digitalen Umgebung optimiert den Datenzugriff, die Visualisierung und die Zusammenarbeit per Fernzugriff, verbessert die Effizienz, verkürzt die Zeit, die Projektteams für die Suche nach Informationen benötigen um 50 % und vermeidet Doppelarbeit. Durch die Digitalisierung der Orchestrierung von Workflows und die Unterstützung der durchgängigen Projektabwicklung erwartet Shell erhebliche Produktivitätssteigerungen und Kosteneinsparungen. Die digitale Zwillingslösung mit PlantSight kann skaliert werden, wenn Projekte erweitert werden oder neue Projekte entstehen.

**Versorgungsunternehmen Essential Energy**

Angesichts der niedrigen Betriebskosten, die den Energiesektor vorantreiben, prüft Essential Energy seine Investitionsprojekte, um eine kostengünstige und ressourcenschonende Lösung für kleine Investitionsprojekte zu finden, die eine wesentliche wirtschaftliche Unterstützung für New South Wales darstellen. Das Unternehmen wollte die Machbarkeit eines intelligenten digitalen Entwurfssystems (IDDS) speziell für kleine Versorgungsprojekte untersuchen. Das Team hatte jedoch mit Problemen bei der Datenerfassung und Kompatibilität zu kämpfen, wobei es zudem schwierig war, sicherzustellen, dass ihre Bestandsentwürfe die tatsächliche Konstruktion korrekt wiedergeben.

Da das Unternehmen bereits mit Anwendungen von Bentley vertraut war, setzte es ContextCapture zur Erstellung eines Realitätsmodells für jeden Projektstandort, OpenUtilities für den umfassenden Entwurf und die Analyse von Umspannwerken sowie ProjectWise zur Verwaltung und gemeinsamen Nutzung von Modellen und Daten ein. Durch die Automatisierung früherer manueller Prozesse konnte das Team die Entwurfszeit für das gesamte Investitionsportfolio erheblich reduzieren. Das auf Bentley basierende IDDS reduzierte die Umweltbelastung und die Kosten für den Projektentwurf um 50 % und verringerte die mit der manuellen Arbeit vor Ort verbundenen Risiken. Die digitale Lösung bildet die Grundlage für den Übergang zu einem umfassenderen digitalen Zwilling für intelligente Anlagenverwaltung und -betrieb.



Die Digitalisierung der OQ-Aktivitäten mit AssetWise Asset Reliability reduzierte ungeplante Ausfallzeiten.

**Energieunternehmen OQ**

Als integriertes Energieunternehmen betreibt und verwaltet OQ Dutzende von Kraftwerken, Tausende von Anlagen und über 4.500 km an Pipelines im gesamten Oman. Um die Leistung und Zuverlässigkeit der Anlagen zu verbessern und einen sicheren und zuverlässigen Anlagenbetrieb zu gewährleisten, wollte OQ die Prozesse der Anlagenverwaltung digitalisieren. Verstreute Datensätze auf Papier und frühere reaktive Wartungsmethoden erwiesen sich als kostspielig und ineffizient. OQ erkannte die Notwendigkeit, ein zentrales digitales Asset-Performance-Management-System (APM) einzurichten.

Das Unternehmen entschied sich für AssetWise als zentrale Plattform für die Verwaltung von Anlagendaten, die Fehlerberichte und -analysen, Zustandsindikatoren für Anlagen und Strategien für die digitale Inspektion umfasst, um ein korrekatives Wartungsmanagement zu ermöglichen. Das digitalisierte APM-System reduzierte Anlagenausfälle und ungeplante Anlagenabschaltungen und minimierte so die Umweltrisiken des Abfackelns. Auf der Grundlage der APM-Implementierung an einem Kompressorstandort wurden mit der digitalen Lösung insgesamt 14,8 % der Wartungskosten gespart und Funktionsausfälle um 50 % reduziert, wodurch eine jährliche Steigerung der Betriebszuverlässigkeit von 4,3 % erreicht wurde. Im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung integriert OQ APM als Teil seiner Bemühungen, einen digitalen Zwilling zu entwickeln.

**Fahrplan zum digitalen Zwilling**

Der Aufbau funktionaler und wertvoller digitaler Zwillinge beginnt mit einer Vision und einem klaren Fahrplan zum Erfolg. Dies erfordert einen Ansatz, bei dem groß gedacht, im

Kleinen getestet und dann schnell skaliert wird, sodass auf dem Weg zur Verwirklichung der längerfristigen Vision schnelle Erfolge möglich sind. Eine Verbindung aller wertvollen Informationsquellen in einer zuverlässigen digitalen Anwendung sind das Rückgrat der digitalen Zwillingslösung. Der erste und entscheidende Schritt auf dem Weg zur digitalen Transformation ist es, sicherzustellen, dass Ihre Informationen korrekt und aktuell sind.

**Die Autoren**



**Richard Irwin,**  
Senior Marketing Manager,  
Bentley Systems



**Frederik Verhoef,**  
Global Director Asset Performance  
Solutions, Bentley Systems

Wiley Online Library



**Bentley Systems Germany GmbH, Ismaning**  
Tel.: +49 89 2620811 - 0  
info@bentley.de · www.bentley.de

# Präzision und Performance

## Aktuelle Regelverfahren für Drehstromantriebe

Für Drehstrommotoren wurden schon viele Regelverfahren entwickelt, für die es zahlreiche Begriffe gibt. Bei SEW-Eurodrive heißen sie beispielsweise VFC<sup>Plus</sup>, ELSM oder CFC<sup>Plus</sup>. Um Klarheit in die Vielfalt der Bezeichnungen und Abkürzungen zu bringen, beleuchtet dieser Beitrag grundlegende Eigenschaften von Regelverfahren am Beispiel der Frequenzumrichter aus dem Automatisierungsbaukasten Movi-C. Sie decken das gesamte Leistungs- und Anwendungsspektrum ab – vom einfachen Standard bis zu höchsten technischen Anforderungen.



### Keywords

- **Drehstrommotor, Umrichter**
- **Regelverfahren**
- **Energieeffizienz**
- **Automatisierungsbaukasten Movi-C**

Heute sind gesteuerte und geregelte Drehstromantriebe in Industrieprozessen nicht mehr wegzudenken. Nach wie vor weisen sie die höchsten Zuwachsraten innerhalb der elektrischen Antriebstechnik auf. Die über Umrichter geregelten Asynchronmotoren sind sehr robust und praktisch wartungsfrei.

### Spannung und Frequenz verstellen – einfach (und) genial

Unkomplizierte Anwendungen wie Pumpen, Lüfter oder einfache Fördertechnik bilden die

Domäne für Umrichter mit Spannungs-/Frequenz-Steuerung. Sie ist das traditionelle Verfahren zum Antreiben von Drehstrommotoren mit mittlerer Dynamik. Ihr Kerngedanke ist die proportionale Verstellung von Spannung und Frequenz. So bleibt der Fluss in der Maschine konstant und das maximale Moment erhalten. (Abb. 2) Weil der Nennfluss das höchste Drehmoment je kg Maschine entwickelt, kommen die eingesetzten Rohstoffe (Stahl, Kupfer, Isoliermaterialien) am effektivsten zur Geltung. Aus Sicht des Motors erscheint der

gesteuerte Umrichter als eine „verstellbare Steckdose“ hinsichtlich der Netzspannung und -frequenz. Deshalb kann man mit dieser Variante grundsätzlich auch mehrere kleinere Motoren gleichzeitig an einem Umrichter betreiben. Dank ihres einfachen Prinzips und ihrer leichten Handhabbarkeit sind Frequenzumrichter mit der U/f-Steuerung schon nach kurzer Zeit einsatzbereit. Sie hat sich als Standardverfahren ohne Drehzahlrückführung für einfache Anwendungen durchgesetzt. Daher ist das U/f-Verfahren auch in



Abb. 1: Movitrac advanced kann asynchrone und synchrone Drehstrommotoren (im Bild: CM3C..-Motor) mit und ohne Geber regeln, ferner Asynchronmotoren mit LSPM-Technologie sowie Linearmotoren. Er eignet sich besonders für Förder- und Bewegungssapplikationen, z. B. Förderbänder, Hubwerke oder Palettierer.

### Abkürzungen und Formelzeichen

- AP – Arbeitspunkt
- ASM – Asynchronmotor
- $I_{\alpha}, I_{\beta}$  – Komponenten des Ständerstromvektors
- $I_d, I_q$  – Komponenten in Feldkoordinaten
- $I_s$  – rotierender Ständerstromvektor
- IPM-Motor – (Interior Permanent Magnet)-Motor; SM mit Permanentmagneten im Rotor für reinen Umrichterbetrieb; Motor-Wirkungsgradklasse IE5
- LSPM-Motor – (Line Start Permanent Magnet)-Motor; SM mit Anlaufkäfig und Permanentmagneten im Rotor; Motor-Wirkungsgradklasse bis IE4
- M – Drehmoment
- $M_{kipp}$  – Kippmoment
- $M_{nenn}$  – Nenndrehmoment
- n – Drehzahl
- SM – Synchronmotor
- $\alpha, \beta$  – Ständerkoordinaten des orthogonalen Ersatzschaltbilds
- d, q – Feldkoordinaten der Direkt- und Querachse
- $\delta$  – mechanischer Drehwinkel

### Regelverfahren der Umrichterfamilie Movi-C

- CFC<sup>Plus</sup> – Current Flux Control; dynamisches, stromgeführtes Flussregelverfahren für ASM und SM mit Geber
- ELSM – EncoderLess Synchronous Machine; geberloses Regelverfahren für Synchronmotoren in der horizontalen Fördertechnik
- VFC<sup>Plus</sup> – Voltage Flux Control; spannungsgeführte, vektorgeregelte Betriebsart für ASM mit und ohne Geber; (Einsatz vor allem bei typischen Servoanwendungen mit höchsten Anforderungen an Drehzahlkonstanz, Dynamik und Spitzenmoment)
- U/f – Spannungs-/Frequenz-Steuerung, robustes Verfahren für ASM ohne Geber

alle Geräte der aktuellen Umrichterplattform Movi-C eingegangen.

Das betrifft die Applikationsumrichter Movidrive – Einachs- und Mehrachssysteme mit Ein- und Doppelachsmodulen – sowie den kompakten Allround-Umrichter Movitrac advanced. Für dynamische Bewegungen bieten sie bis zu 250 % Überlastfähigkeit. Sowohl als Einachs-Applikationsumrichter als auch in der Modularausführung regelt und überwacht die Umrichtertechnik von SEW-Eurodrive alle Motorarten, synchrone und asynchrone Drehstrommotoren mit und ohne Geber ebenso wie Asynchronmotoren mit LSPM-Technologie oder synchrone und asynchrone Linearmotoren.

#### Feldorientierung für optimales Betriebsverhalten

Genügt eine einfache Drehzahlverstellung für die Antriebsaufgabe nicht, weil hohe Dynamik oder ein großes Drehmoment gefordert sind, kommt eine feldorientierte Regelung in Betracht. Diesem, bereits Ende der 1960er Jahre erfundenen Verfahren, liegt die Erkenntnis zugrunde, dass das Magnetfeld im Luftspalt und die Rotorgeometrie das Betriebsverhalten der Asynchronmaschine bestimmen. Ihr Drehmoment verhält sich proportional zum

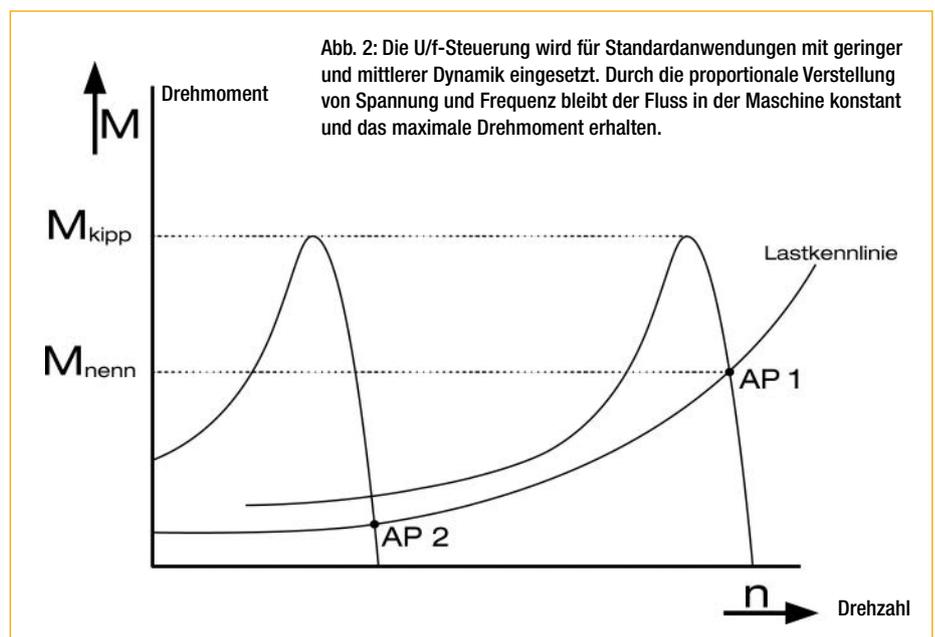
Strom und somit zum magnetischen Fluss. Weil jede Änderung der in einem Magnetfeld gespeicherten Energie Zeit benötigt, erhält man das schnellste Momenten-Anregelverhalten, wenn man den Fluss über den Magnetisierungsstrom (im Grunddrehzahlbereich) drehzahlunabhängig konstant hält und nur den momentbildenden Strom verändert. Die Flusskonstanz verlangt einen unveränderlichen Erregerstrom. Und zur Erzielung des Maximalmoments muss der Winkel zwischen Drehmoment und Magnetfluss 90° betragen. Das gilt gleichermaßen für Gleichstrom- und für Drehstrommotoren.

#### Ersatzschaltbild vereinfacht die Regelung

Um das Rechnen mit komplexen Ausdrücken der Form  $e^{j2/3}$  zu vereinfachen, lässt sich ein Drehstromsystem mit drei um 120° versetzten Wicklungen (a, b und c) durch ein zweiphasiges, orthogonales Ersatzschaltbild mit  $\alpha$ - und  $\beta$ -Koordinaten darstellen (Abb. 3). Derart kann man den im Motor rotierenden Ständerstromvektor  $I_s$  in seine Komponenten  $I_{\alpha}$  und  $I_{\beta}$  zerlegen. Wenn man ihn – bezogen auf das Drehfeld – in Feldkoordinaten umrechnet, lässt er sich

in die Komponenten  $I_d$  und  $I_q$ , aufspalten, auch D(irekt)- bzw. Q(uer)-Achse genannt (Abb. 4). Sie stehen in Bezug zum rotierenden System still – ähnlich wie die Mitfahrer auf einem Karussell. Es lässt sich zeigen, dass  $I_d$  (in Flussrichtung) dem Erregerstrom der Gleichstrommaschine entspricht und  $I_q$  (orthogonal dazu) dem momentbildenden Ankerstrom. Gelingt es,  $I_d$  konstant zu halten und  $I_q$  nach Vorgabe des gewünschten Drehmoments zu variieren, kann man einen Asynchronmotor ähnlich gut regeln wie einen fremderregten Gleichstrommotor. Jetzt benötigt man noch eine Information über die Lage des Feldes im Motor, also den Drehwinkel  $\delta$ . Damit kann man  $I_d$  und  $I_q$  aus den Ständerkoordinaten  $I_{\alpha}$  und  $I_{\beta}$  berechnen. Somit lässt sich das Feld indirekt über die Klemmengrößen, d.h. den Ständerstrom beeinflussen.

Zu den Feldkoordinaten im Inneren des Motors besteht kein direkter Zugriff. Technische Lösungen in dieser Richtung, z.B. der Einbau zusätzlicher Messwicklungen, wären aufwendig und unwirtschaftlich. Zudem würden sie den großen Vorteil der ASM – ihre einfache und



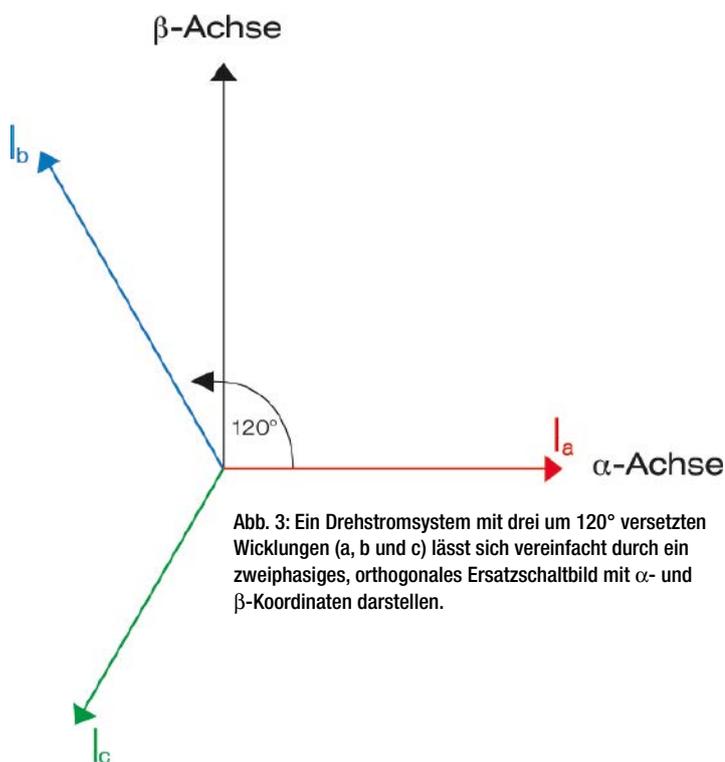


Abb. 3: Ein Drehstromsystem mit drei um 120° versetzten Wicklungen (a, b und c) lässt sich vereinfacht durch ein zweiphasiges, orthogonales Ersatzschaltbild mit  $\alpha$ - und  $\beta$ -Koordinaten darstellen.

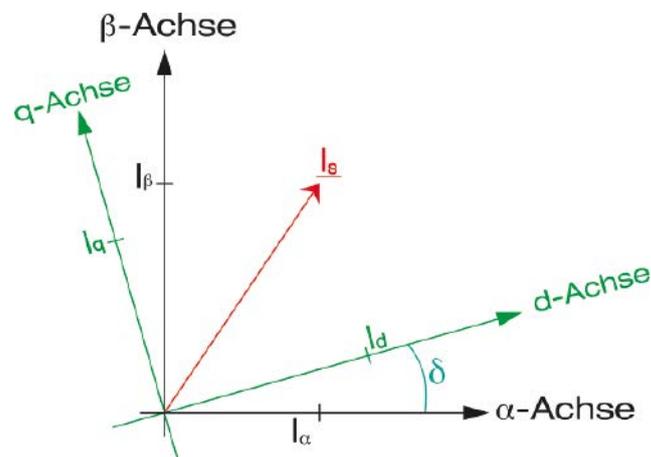


Abb. 4: Die felderorientierte Regelung ist im Prinzip recht einfach: Wenn man die rotierenden Ständergrößen ( $\alpha$ ,  $\beta$ ) – unter Berücksichtigung des Drehwinkels  $\delta$  – in feststehende Feldgrößen (d, q) transformiert, lassen sich Fluss und Moment fast so einfach regeln wie beim Gleichstrommotor.

robuste Konstruktion – untergraben. Daher ist ein Drehgeber für felderorientierte Regelverfahren (zunächst) zwingend erforderlich.

### Stromgeführte Flussregelung für höchste Anforderungen

Dabei ist grundsätzlich festzuhalten, dass der Betrieb mit einem Drehgeber am genauesten ist, bei allen Regelverfahren. Vor allem bei typischen Servoanwendungen mit höchsten Anforderungen an Drehzahlkonstanz, Dynamik und Spitzenmoment – z.B. Verpackungs- und Füllmaschinen, Wickler und Handlinganwendungen wie Portale oder Roboter – ist der Einsatz eines Drehgebers zwingend erforderlich. In der Gerätegeneration Movi-C hat das stromgeführte Flussregelverfahren CFC eine besonders hohe Regelgüte und bietet die Möglichkeit der Positionierung. Die Verfahren U/f, VFC<sup>Plus</sup> und ELSM hingegen benötigen keine Information über die Rotorlage durch ein Gebersystem.

### Es geht auch ohne Drehzahlmessung

Weil die Kosten für einen Drehgeber für den Anwender zusätzlichen Aufwand bedeuten, war die Forderung nach einfacheren Lösungen die logische Konsequenz. Es gab zahlreiche Ideen, die Winkelmessung durch eine modellgestützte Berechnung zu ersetzen. Trotz vieler Ansätze zur sensorlosen Ermittlung der Drehzahl wiesen die meisten anfangs – bei niedrigen Drehzahlen und im Stillstand – Prinzip bedingt schlechte Leistungen auf. Später jedoch wurde der sensorlose Betrieb durch verbesserte Verfahren bei den meisten Industrieanwendungen

gen möglich. SEW-Eurodrive entwickelte das spannungsgeführte Flussregelverfahren VFC (Voltage Flux Control) für dynamisch und präzise gesteuerte Drehstromantriebe mit großer Drehzahlkonstanz.



Abb. 5: Das kompakte Mehrachssystem Movidrive modular besteht aus Versorgungsmodulen, Rückspeisemodulen sowie Einachs- und Doppelachsmodulen. In diesem Schaltschrank ist energetisch zwischen der Einspeiseeinheit und den Antriebsreglern die Speichereinheit Movi-DPS für die Zwischenpufferung freierwerdender Energie platziert.

In der Umrichtergeneration Movi-C wurde das Verfahren weiter verbessert und mündete in dem Verfahren VFC<sup>Plus</sup>. Die Verfügbarkeit moderner, leistungsfähigerer Bauteile – verbunden mit neuen Ideen der Regelungstechniker – ermöglichen erhebliche Optimierungen bei der Motorregelung. Das Verfahren bietet durch die Berechnung zusätzlicher Parameter die Möglichkeit, neben der Drehzahlregelung auch das Drehmoment relativ genau und sogar ohne Geber zu regeln. Damit sind bspw. auch Wickelapplikationen geberlos möglich, bei der Material auf Spannung gehalten werden muss. Außerdem wurde eine Stromflussoptimierung implementiert, die dafür sorgt, dass die ASM das maximale Drehmoment mit minimalem Strom erzeugen kann, wodurch sich – je nach Anwendung – erhebliche Energiemengen einsparen lassen.

### Neue Motortypen für höhere Energieeffizienz

Aufgrund der hohen Anforderungen an die Energieeffizienz werden auch die Drehstrommotoren ständig weiterentwickelt. Um den Wirkungsgrad der Maschine zu verbessern und damit die Energieeffizienzklasse IE5 gemäß der Norm IEC 60034-30-2 zu erfüllen, ist es inzwischen meist nötig, konstruktiv zusätzliche permanentmagnetische Materialien in den Rotor einzubringen. Diese können entweder zusätzlich zum Asynchronkäfig eingefügt werden (LSPM) oder diesen komplett entbehrllich machen (IPM). Diese Maschinen verhalten sich dann praktisch wie Synchronmotoren. Es gibt also kei-

nen Schlupf, d.h. keine Drehzahldifferenz der Rotordrehzahl gegenüber dem Drehfeld des Stators. Derartige Motoren können mit Regelverfahren betrieben werden, die üblicherweise für synchrone Maschinen eingesetzt werden.

### Permanenterregte Synchronmotoren ohne Geber

Das neue Regelverfahren ELSM bietet nun die Möglichkeit, Synchronmotoren auch ohne Geber zu betreiben. Dieses Verfahren und die zugehörigen Berechnungen sind komplex und erfordern aufwendige Regelstrukturen. Um die Lage des Rotors und die Drehzahl für die Regelung zu bestimmen, kommen die für die Berechnung wichtigen Werte nun von einem virtuellen Geber aus dem mathematischen Modell des Antriebs.

Besonders schwierig hierbei ist das Ermitteln der Drehzahlposition bei sehr kleinen Drehzahlen. Aus diesem Grund kommt hier ein gesteuertes Verfahren zum Einsatz. Noch schwieriger ist das Regeln bei stillstehender Maschine. Bei diesen Manövern ist es wichtig, die Motoreigenschaften genau zu kennen und nötigenfalls eine simultane Messung der Motorströme im Umrichter vorzunehmen. Hierzu ist es erforderlich, dass entsprechend empfindliche Senso-

rik sowie ein ausreichend leistungsfähiger Mikrocontroller im Antrieb für die Berechnungen bereitsteht. Die Elektronik der Movi-C-Umrichter sind für diese Aufgabe mit entsprechender Elektronik ausgestattet.

### Kostenoptimierung durch das richtige Regelverfahren

Bei der Projektierung eines elektrischen Antriebssystems ist es wichtig, die erforderliche Regelgenauigkeit der Anwendung zu identifizieren. Sind die Anforderungen transparent und spezifiziert, kann das Antriebssystem aus den notwendigen Komponenten (Getriebe, Motor, Geber, Umrichter, Steuerung) zusammengestellt und abgestimmt werden. Ziel dabei ist, hinsichtlich der Anforderungen an die Regelgüte und die Erfüllung aktueller Energiesparverordnungen eine kostenoptimierte Auswahl zu treffen. Werden die Anforderungen von Anfang an zu hoch oder zu niedrig eingeschätzt, entsteht unnötiger Mehraufwand. Um das zu vermeiden, unterstützt SEW-Eurodrive die Anwender bei der optimalen Auswahl der Antriebskomponenten.

Bilder © SEW-Eurodrive

### Die Autoren



**Hans-Joachim Müller,**  
Marktmanager für  
Antriebs elektronik,  
SEW-Eurodrive



**Gunthart Mau,**  
Referent Fachpresse,  
SEW-Eurodrive

Wiley Online Library



**SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG , Bruchsal**  
Tel.: +49 7251 75-0  
sew@sew-eurodrive.de · www.sew-eurodrive.de/movi-c

**SEEPEX.**  
An Ingersoll Rand Business

## ALLES EINE SACHE DER EINSTELLUNG SCT AutoAdjust



Mit SCT AutoAdjust ganz einfach die Statorklemmung einer Exzentrerschneckenpumpe automatisiert auf den optimalen Betriebspunkt einstellen. Per Fernzugriff aus der Leitwarte, lokal über den SEEPEX Pump Monitor oder der App werden Lebenszykluskosten auf Knopfdruck reduziert.

- Beste Förderleistung und Produktivität durch stets optimalen Betriebspunkt
- Effizienzsteigerungen durch sofortige Anpassung an veränderte Prozessbedingungen
- Einfache Integration in die Prozessinfrastruktur
- Senkung der Stillstandszeiten durch vorausschauende Wartung via Cloud-Anbindung
- Verlängerte Lebensdauer durch Nachstellung der Statorklemmung

SEEPEX GmbH  
T +49 2041 996-0  
www.seepex.com

# Sicherheit in der Wasserstoff- produktion und -logistik

## Kalibriertechnologie für Sensoren in Wasserstoffanlagen

Wasserstoff ist flüchtig, höchst explosiv, schwer zu transportieren und teuer in der Herstellung. Neben den Kosten für die Produktion ist Sicherheit der Anlagen eine wesentliche Voraussetzung für den Erfolg der Wasserstoffwirtschaft. Ein zuverlässige Kalibriertechnologie ist ein wichtiges Element, um Anlagen sicher zu überwachen.

Große Volkswirtschaften wie Deutschland, das 2022 etwa 48 % seines Strombedarfs aus erneuerbaren Quellen deckte, müssen für eine CO<sub>2</sub>-reduzierte Industrieproduktion grünen Wasserstoff aus anderen Ländern mit günstigeren klimatischen Bedingungen importieren und das in großen Mengen. Aus diesem Grund bemüht sich Deutschland um Partnerschaften mit außereuropäischen Ländern. Auch Chile, Kolumbien und Brasilien wollen die Gelegenheit ebenfalls nutzen und Wasserstoffexporteure werden. Gemäß der IRENA (International Renewable Energy Agency – Internationale Organisation für erneuerbare Energien), könnten Chile und Kolumbien im Jahr 2050 weltweit unter den Ländern mit den niedrigsten Produktionskosten sein. Den Ländern

gemeinsam ist ein ausgezeichnetes Klima für die Erzeugung von Solarstrom, Gegenden, in denen die dünne Besiedlung die Installation von Windparks begünstigt (on/offshore), viele Arbeitskräfte und vergleichsweise lockere Umweltschutzvorschriften.

### Das Hindernis Produktionskosten

Das größte Problem für eine erfolgreiche Wasserstoffwirtschaft sind die Kosten, sowohl was die Logistik als auch die Produktion betrifft. Doch es ist zu erwarten, dass bei einer wesentlich größeren Akzeptanz Skaleneffekte einsetzen, die den Preis signifikant senken und somit Wasserstoff noch attraktiver machen werden. Um dieses Ziel zu erreichen, muss ein Markt geschaffen werden. Länder wie Chile erhalten



Keywords

- **Wasserstoffanlagen**
- **Kalibriertechnologie**

nur wenig staatliche Subventionen und sind doch unter den wirtschaftlichsten Wasserstoffherstellern. Politische Rahmenbedingungen schaffen die Voraussetzungen für den wirtschaftlichen Erfolg.

### Der Faktor Sicherheit

Für eine breite Akzeptanz wird absolute Sicherheit unabdingbar sein. In jedem Herstellungsbetrieb gibt es daher zahllose Sensoren, die Temperatur, Druck und andere Parameter überwachen. Für einen fehlerlosen Betrieb ist die Kalibrierung der Messtechnik Voraussetzung. Dies hat z.B. dazu geführt, dass unsere Kunden aus der Gastransportbranche Beamex um Unterstützung bei der Festlegung von Kalibrierverfahren und für H<sub>2</sub>-Anwendungen geeignete Technologien gebeten haben. Beamex bietet dafür Lösungen, die die aktuellen und künftigen Anforderungen einer Wasserstoffwirtschaft erfüllen.



Der Beamex MC6-Ex ist ein eigensicherer Feldkalibrator und -kommunikator.



**Der Autor**  
**Antonio Matamala,**  
Country Manager,  
Beamex Deutschland

Wiley Online Library



Beamex GmbH, Mönchengladbach  
Tel.: +49 2161 - 621150  
beamex.de@beamex.com · www.beamex.com/de

## 15-in-1-Gasanalysator

Äußerst vielseitig ist ein neuer Multi-Gasanalysator von Witt, der die Zusammensetzung von 15 verschiedenen Gasgemischen präzise und schnell ermitteln kann. Damit eignet sich der kompakte und leichte MFA 10.0 gut für Service-



© Witt

zwecke, kann aber ebenso zur Daueranalyse verwendet werden. Das Gerät analysiert diverse Zwei-Gas-Gemische aus den Gasen Argon, Helium, Kohlendioxid, Methan, Sauerstoff, Stickstoff sowie Wasserstoff. Die Messung erfolgt in Sekundenschnelle nach dem Prinzip der thermischen Leitfähigkeit. Vorteil dieser Technik: Die Messzelle hat eine sehr lange Lebensdauer. Der besonders anwendungsfreundliche Analysator lässt sich über ein 7"-Touchscreen mit Passwortschutz intuitiv bedienen. So werden Gaskombinationen ausgewählt und Alarmgrenzen definiert. Werden die Grenzen überschritten, wird ein akustischer und/oder visueller Alarm mit optionaler Quittierungspflicht ausgelöst. Alle Messungen können in der Messhistorie eingesehen und exportiert werden. Anders als bei anderen Geräten muss der Analysator bei einem Wechsel der Gaskombination nicht neu kalibriert werden. Dies vereinfacht die Handhabung und spart Zeit. Dank der kompakten Maße, des geringen Gewichts und des integrierten Handgriffs ist das mit einem robusten Edelstahlgehäuse ausgestattete Gerät mobil einsetzbar, eignet sich aber ebenso als stationäre Einheit zur kontinuierlichen Überwachung von Gasgemischen. Für die Signalübertragung stehen ein RJ45-Netzwerkanschluss, ein Analog-Ausgang sowie drei potenzialfreie Relaiskontakte zur Verfügung. Der Eingangsdruck darf im Bereich von 1,5 bis 10 bar, die Temperatur im Bereich von -5 °C bis +50 °C liegen. Zum Betrieb werden 100 bis 230 V benötigt.

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

Wiley Online Library



## Bestimmung von Anionen im Wasser

In der Wasserüberprüfung gehört die Analyse von Fluorid, Chlorid, Bromid, Nitrat, Phosphat und Sulfat zur routinemäßigen Laborarbeit. Für die Ionenchromatographie haben sich neben den Säulen AS4A, AS12A, AS14 und AS14 A (von Dionex) besonders leistungsfähige Säulen etabliert, darunter die Dionex-Säule IonPac AS22. Das Säulenmaterial der AS22 wurde für den Einsatz mit carbonat/bicarbonathaltigen Eluenten optimiert und wird üblicherweise unter isokratischen Bedingungen eingesetzt. Die Dionex IonPac AS22 Säule wird in der konventionellen Trinkwasseranalytik zur schnellen Bestimmung von Standardanionen (Fluorid, Chlorid, Bromid, Nitrat, Phosphat, Sulfat) eingesetzt. Eine kürzere Version der Dionex IonPac AS22 Säule wurde ebenfalls unter dem Namen Dionex IonPac AS22-Fast eingeführt. Für diese Säule wird das identische Harz verwendet, aber die Säulenlänge wurde auf 150 mm verkürzt. Daraus ergeben sich sehr kurze Laufzeiten von wenigen Minuten. Die letztere Säule wird immer dann verwendet, wenn niedrig verschmutzte Gewässer ohne große Konzentrationsunterschiede untersucht werden sollen. Auf Wunsch vieler Anwender hat die amerikanische Firma Inorganic Ventures nun für die AS22-Ionenchromatographiesäulen das hochreine Elutionskonzentrat (ELUENT4514) mit 0,45 M Natriumcarbonat/0,14 M Natriumbicarbonat entwickelt. Dieses Eluenten-Konzentrat wurde speziell für die Anwendung der EPA (Environmental Protection Agency)-Methode 300.0 (A) zur Kontrollanalyse der meisten Standardanionen (Bromid, Chlorid, Fluorid, Nitrat, Nitrit, Orthophosphat und Sulfat) in Trinkwasser und Abwasser sowie in Prozess- und Reinigungsreagenzien entwickelt. Der Eluent ist in der Verpackungseinheit von 500 ml erhältlich und die Verdünnung reicht unter normalen Bedingungen für eine Betriebszeit von bis zu 700 Stunden unter Standardbedingungen. Der Eluent ist in TCT-Beuteln (Transpiration Control Technology) verpackt und bis zu fünf Jahre haltbar. Nach dem Öffnen sollte das Elutionsmittel im Laufe eines Jahres aufgebraucht werden. Neben dem Elutionsmittel sind bei der Firma Inorganic Ventures auch andere Anionenstandards als Referenzmaterial (rückführbar auf SI-Einheiten) erhältlich. Der Vertrieb dieser Standards in Deutschland und Österreich erfolgt durch die Spetec in Erding, die seit mehr als 35 Jahren Erfahrung in der Elementanalytik diese Standard vertreibt.



© Spetec

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

## 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](mailto:rct@rct-online.de)



# PFAS Belastungen im Trinkwasser

## Vergleichende Untersuchung zur Rückhaltung von Metaboliten von Pflanzenschutzmittel



Trinkwasser wird aus Rohwasser nach verschiedenen Reinigungs- und Filterstufen ins Trinkwassernetz gespeist. Eine Belastung mit PFAS ist unerwünscht und gesundheitsgefährdend. Anhand eines Anwendungsbeispiels im Rohwasserpumpwerk Creglingen wird mithilfe einer vergleichenden Untersuchung zur Rückhaltung von Metaboliten des Pflanzenschutzmittels Chloridazon die Trinkwasseraufbereitung unter Bezugnahme auf PFAS dargestellt. Dabei wird die Filterleistung von Aktivkohle auf Kokosnussbasis mit Aktivkohle auf Steinkohlebasis verglichen.

Gerade in diesem Jahr hat das Thema Trinkwasser durch die Verschärfung der Trinkwasserverordnung und der PFAS-Thematik (Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen) massiv an Bedeutung gewonnen. Verdienterweise, da es doch unser wichtigstes Lebensmittel ist und nicht ersetzt werden kann. Die Brisanz liegt auf der Hand, wenn es neue Skandale um verunreinigte Trinkwasservorkommen durch Umweltkatastrophen oder menschengemachte Umweltskandale gibt, da belastetes oder verunreinigtes Trinkwasser jeden Menschen erreichen könnte.

Daher wird die Qualität des Trinkwassers durch die Trinkwasserverordnung, sowie verschiedene Leitlinien, rechtliche Grundlagen oder Regelwerke strikt gesetzlich reglementiert. Insbesondere da über die Jahrzehnte auch die Inhaltsstoffe von Trinkwasser vielfäl-

tiger und komplexer geworden sind, so z.B. durch Medikamenten- oder PFAS-Rückstände.

### PFAS-Belastungen in Deutschland

Eine im Jahr 2020 veröffentlichte Karte des Umweltbundesamtes zeigt PFAS-Hotspots in Böden und Grundwasser in Deutschland.<sup>[1]</sup> Darauf ist zu erkennen, dass das Thema PFAS deutschlandweit tatsächlich großflächig präsent ist. Die bekanntesten Vertreter wie PFOS (Perfluoroktansulfonsäure) und PFOA (Perfluoroktansäure) z.B. liegen bei jeweils 0,1 µg/L bzw. für besonders empfindliche Bevölkerungsgruppen bei 0,05 µg/L auf Basis der Werte des Umweltbundesamtes.

### Was macht PFAS so gefährlich?

Bei PFAS handelt es sich um einen Sammelbegriff für sogenannte Ewigkeitschemikalien



#### Keywords

- **PFAS**
- **Trinkwasseraufbereitung**
- **Aktivkohle**

(PFAS: Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen), welcher rund 10.000 künstliche Stoffe umfasst. Zu den bekanntesten Vertretern zählen PFOS (Perfluoroktansulfonsäure) und PFOA (Perfluoroktansäure). Diese begegnen uns im Alltag in verschiedenster Form: Kleidung, Kosmetikartikeln, beschichteten Pfannen. Da diese Chemikalien extrem stabil sind, können sie sich in der Umwelt ablagern – auch im menschlichen Körper – und werden dort kaum abgebaut. Über Kläranlagen gelangen sie in Flüsse, Seen und Meere.

### Wirksame Entfernung von PFAS-Rückständen mithilfe von Aktivkohle

Natürlich ist das Ziel, dass PFAS nicht in die Umwelt und damit ins Trinkwasser gelangen sollten. Leider mangelt es bisher an wirksamen Maßnahmen, die den Einsatz von PFAS

über verschiedenste Quellen kontrollieren, so dass es über verschiedene Wege freigesetzt werden und damit auch die Trinkwasserressourcen erreichen kann.

Daher ist zu erwarten, dass die PFAS-Konzentrationen perspektivisch in den kommenden Jahren zunehmen werden und die Trinkwasserversorger gezwungen sind, auf aufwendige Aufbereitungsmaßnahmen zurückzugreifen, um die gesetzlichen PFAS-Grenzwerte einhalten zu können.

Der Einsatz von Aktivkohle in Wasseranwendungen zur Entfernung von Schadstoffen ist eine gängige Praxis, da sich das Produkt für die Adsorption verschiedenster Schadstoffgruppen eignet. Dazu zählen synthetische organische Chemikalien, natürliche organische Verbindungen und andere geschmacks- und geruchsbeeinflussende Verbindungen. Dabei kann Aktivkohle in granulierter oder pulverförmiger Form verwendet werden. Beide Varianten sind hochporös und besitzen eine große Oberfläche, an der Schadstoffe adsorbiert werden können. Entscheidend ist das angewandte Produktionsverfahren, um eine bestmögliche Produktqualität zu erzielen. Das Wirbelschichtverfahren von CarboTech zur Herstellung von Aktivkohle sorgt für eine hohe Langlebigkeit und große Beladungskapazität der Produkte. Die Produktionsweise ermöglicht eine Aktivkohle mit einer größeren inneren Oberfläche als bei vergleichbaren Produkten und macht sie so außerordentlich wirksam und rentabel.

Aktivkohle wird aus organischen Materialien (z.B. Kokosnussschale, Kohle, Holz) mit hohem Kohlenstoffgehalt hergestellt. Durch Reaktivierung der beladenen Aktivkohle ist eine Rückführung in die Kreislaufwirtschaft ohne Verlust der Aufnahmefähigkeit möglich. Die Vorteile der Aktivkohle liegen klar auf der Hand: Mikroverunreinigungen wie (Pestizide, Lösungsmittel oder PFAS) werden zurückgehalten, der Einsatz von Aktivkohle erfordert keine komplexen technischen Vorrichtungen, sie ist leicht skalierbar und durch die Reaktivierung kann der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck der Aktivkohle minimiert werden.

### Versuchsaufbau in einem Wasserwerk zur Trinkwasseraufbereitung

Das Wasser durchläuft einige Prozessschritte, nachdem es aus Grund-, Quell- oder Oberflächenwasser als Rohwasser gefördert, verarbeitet und schließlich im Haushalt als Trinkwasser aus dem Wasserhahn fließt. Zu den eingesetzten Reinigungsverfahren in der Trinkwasseraufbereitung gehört oftmals ein Aktivkohlefilter. Dieser adsorbiert gelöste organische Stoffe. Zudem wird Aktivkohle auch für die Entchlorung oder Entozonung eingesetzt, wenn das Wasser mittels Chlor, Ozon oder weiterer Oxidationsmittel desinfiziert wurde.

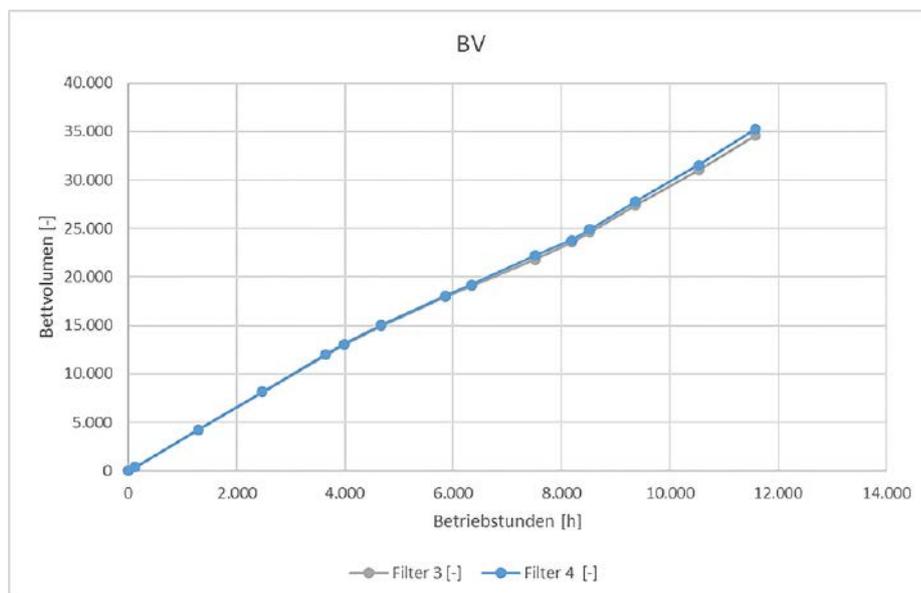


Abb. 2: Durchsatz des Filters 3 (F3; steinkohlebasierend) und des Filters 4 (F4; kokosnussschalenbasierend) in Bettvolumina.

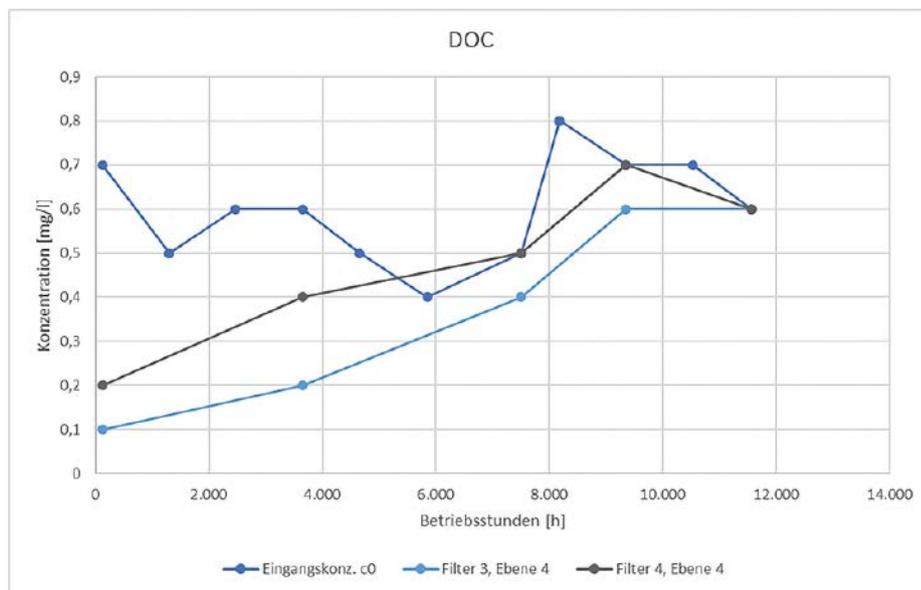


Abb. 3: Exemplarische Konzentrationsverläufe des DOC; Rohwasser (c0); Filter 3-Ebene 4, Filter 4-Ebene 4.

Derzeit wird hauptsächlich Aktivkohle auf Steinkohlebasis für die Aufbereitung eingesetzt. Doch auch hier ist die Nachfrage nach nachhaltigen Alternativen vorhanden. In diesem Rahmen wurde 2021 eine Kooperation mit dem Zweckverband Wasserversorgung Nordostwürttemberg (NOW) geschlossen. In einer Versuchsreihe soll die Rückhalteleistung der zu vergleichenden Aktivkohlen in Bezug auf ausgewählte Stoffe verglichen werden. Durch die örtlichen Begebenheiten ist es möglich, zwei unterschiedliche Aktivkohlen zeitgleich zu testen. Zum Einsatz kommen zwei Granulataktivkohlen mit einer Körnung von 8x30 mesh auf Steinkohle- und Kokosnussschalebasis.

Der Fokus der Analysen liegt auf den Parametern DOC (dissolved organic carbon), dem Pflanzenschutzmittel Chloridazon und

Is-Chloridazon den Metaboliten Desphenyl-Chloridazon (Metabolit B) und Methyl-Desphenyl-Chloridazon (Metabolit B1). Ziel des Versuches ist die Aufnahme von Durchbruchkurven bzgl. des DOC und der beiden Chloridazon-Metaboliten. Dafür ist jeder Filterbehälter mit 4 Probenahmestellen entlang der Aktivkohle-Schüttung ausgerüstet (Ebene 1, ~ 2, ~3, ~ 4). Die Ebenen sind in Strömungsrichtung von oben nach unten nummeriert, so dass Ebene 1 sich ca. 50 cm nach dem Eintritt des Wassers im Filter befindet und Ebene 4 sich kurz vor dem Austritt des Wassers am Düsenboden sich befindet. Darüber hinaus werden bei jeder Probenahme auch die Werte im Rohwasser und im aufbereiteten Mischwasser nach der Aktivkohle-Stufe ermittelt.

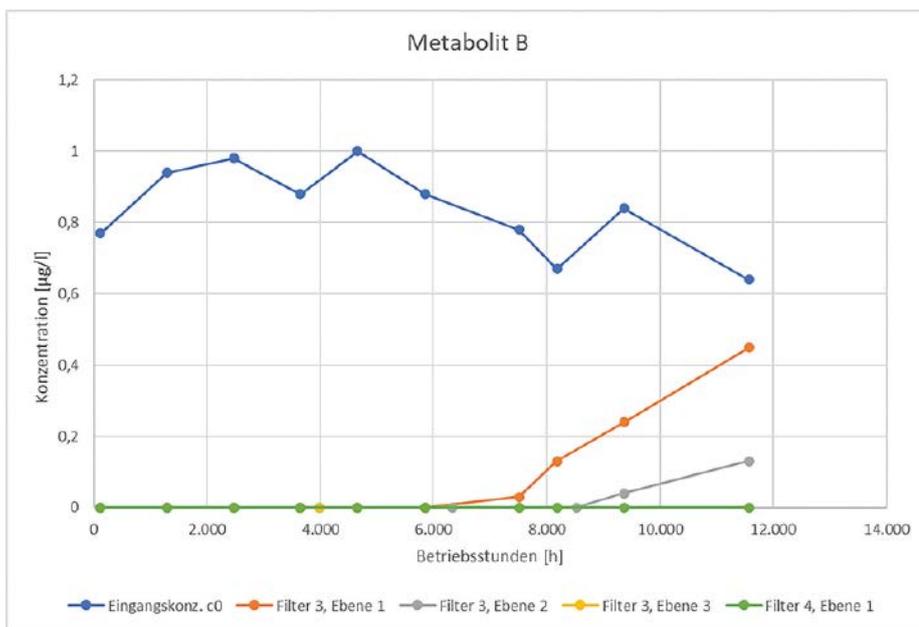


Abb. 4: Exemplarische Konzentrationsverläufe für den Metabolit B innerhalb Filter 3 (Ebene 1, ~ 2, ~ 3) und Filter 4, Ebene 1.



Abb. 5: Exemplarische Konzentrationsverläufe für den Metabolit B1 innerhalb Filter 3 (Ebene 1, ~ 2, ~ 3) und Filter 4, Ebene 1.

Vor dem Start der Versuchsreihe wurde ein Probenahmeplan mit dem Trinkwasserversorger abgesprochen. Dieser sieht eine Bestimmung der Parameter etwa alle 4.000 Bettvolumina (BV) vor. Die Werte sind den unterschiedlichen Probenahmestelle zugeordnet. Nach 17 Monaten in Betrieb kann eine erste Zwischenbilanz gezogen werden.

Die Lage des Rohwasserpumpwerkes, welches früher ein Wasserwerk war, ist in einem ländlichen Einzugsgebiet, in dem Ackerbau betrieben wird und Waldgebiete umfasst. Da es sich um eine Anlage zur Fassung des Rohwassers und der Voraufbereitung handelt, genügen als Aufbereitungsschritte eine Sedimentation

mit einer anschließenden adsorptiven Stufe mit zwei parallel geschalteten Aktivkohlefiltern und einer abschließenden Desinfektion. Das so aufbereitete Rohwasser wird zum Wasserwerk Bronn geleitet, wo es zusammen mit Rohwasser aus anderen Wasserfassungen behandelt wird. Die Belastung des Rohwassers ist allgemein sehr gering. Der DOC variiert im bisherigen Beobachtungszeitraum von 0,4 mg/l – 0,8 mg/l, und ist damit als sehr gering zu betrachten. Auch die gemessenen Konzentrationen des Chloridazons und des Iso-Chloridazons sind in allen Untersuchungen unter der Nachweisgrenze (< 0,02 µg/l). Allerdings liegt die Konzentration der beiden betrachte-

ten Metaboliten im Bereich zwischen 0,64 µg/l und 1 µg/l für Desphenyl-Chloridazon und bei Methyl-Desphenyl-Chloridazon zwischen 0,3 µg/l und 0,38 µg/l.

In der Zeit bis zur letzten Probenahme am 30.05.2023 sind etwa 1,4 Mio. m<sup>3</sup> Rohwasser durch die beiden Aktivkohlefilter durchgesetzt worden. Dabei ist eine 50:50-Aufteilung auf beide Filter vorgesehen. Zu Beginn der Versuche hatte sich dies allerdings als schwierig einzustellen erwiesen, da nur die Höhe der Füllung der Aktivkohle nach der Rückspülung in den beiden Filterbehältern als Maß zur Verfügung stand. Daher startete der Test mit einer Aufteilung des Durchflusses von 49 % (steinkohlebasierte AK) zu 51 % (kokosnussschalenbasierte AK). In diesem Zusammenhang ist interessanterweise zu nennen, dass sich die Verteilung des Durchsatzes innerhalb der 17 Monate leicht zugunsten der Kokosnussschalenkohle verschoben hat (aktuell 52,1 %) (Abb. 2).

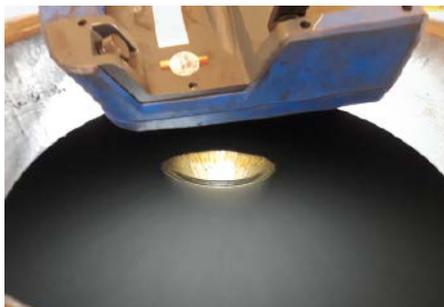
### Rückhaltung DOC

Bei dem Parameter DOC lässt sich erkennen, dass bei beiden Filtern ein spontaner Durchbruch stattfindet. Beim Filter 4 (Kokosnussschalenkohle) liegt der Punkt bei etwa 29 %, im Filter 3 (Steinkohle) etwas niedriger bei ca. 14 %. Über die Laufzeit bis heute hinweg steigt die Konzentration des DOC auf der Ebene 4 (kurz vor dem Austritt des Filters) kontinuierlich an und es ist bei beiden Filtern aktuell ein voller Durchbruch des DOC zu erkennen (Abb. 3). Dieses Verhalten steht im Widerspruch zu anderen vergleichbaren Untersuchungen, bei denen sich über die Laufzeit eine konstante Rückhalterate des DOC von 5 bis 15 % einstellt. Eine mögliche Ursache für dieses abweichende Verhalten könnte die niedrige Wassertemperatur von ca. 10,7 °C im Mittel sein und eine damit verbundene sehr geringe Besiedelung von Bakterien auf der Aktivkohle-Schüttung.

Während der Versuche lag die Konzentrationen von Chloridazon und Iso-Chloridazon im Rohwasser dauerhaft unter der Nachweisgrenze von 0,02 µg/l. Daher ist eine Wirkung der Aktivkohlestufe nicht darstellbar. Aus diesem Grund wird an dieser Stelle auf die Darstellung der Ergebnisse verzichtet.

### Rückhaltung Metabolit B

In der Versuchsreihe konnte gezeigt werden, dass der Metabolit B je nach Aktivkohletyp unterschiedlich lange vollständig zurückgehalten wird (Abb. 4). Bei dem steinkohlebasierten Material ist ein beginnender Durchbruch auf der Ebene 1 (am nächsten zum Einlass des zu behandelnden Wassers gelegen) nach etwa 7.000 h Betrieb festzustellen. Auf der Ebene 2 desselben Filters ist nach etwa 9.000 h Betrieb der Durchbruch festzustellen.; Auf Ebene 3 und



**Aktivkohle auf der Basis von Kokosnussschalen bei der Rückspülung des Filters vor der Inbetriebnahme.**

damit auch auf Ebene 4 liegt eine vollständige Rückhaltung nach aktuell 12.000 h noch vor. Am Filter 4 ist selbst auf der Ebene 1 bis zum aktuellen Stand (12.000 h Betrieb) noch kein Durchbruch zu erkennen. Somit auch nicht auf allen nachfolgenden Ebenen.

#### Rückhaltung Metabolit B1

Ein ähnliches Bild wie für die Rückhaltung des Metabolit B zeigt sich für die Rückhaltung des Metabolit B1 (Abb. 5). Auch hier zeigen sich beim Filter 3 mit der steinkohlebasierten Aktivkohle bereits Durchbrüche, wohingegen bei Filter 4 (Kokosnusskohle) noch eine vollständige Rückhaltung erfolgt.

#### Fazit und Ausblick

Ausgang für die Versuche war die Beurteilung und Bewertung einer kokosnusssbasierten Aktivkohle im direkten Vergleich zu einer steinkohlebasierten Type in der Trinkwasseraufbereitung. Bis zum aktuellen Zeitpunkt laufen die Versuche noch. Dennoch können bereits erste Erkenntnisse im Hinblick auf das Rückhaltvermögen der festgelegten Parameter gezogen werden.

Beim Parameter DOC ist ein Durchbruchverhalten gut zu erkennen. Hier kann bereits eine Bilanzierung und damit eine Abschätzung der Beladung für beide Aktivkohlen erfolgen. Entgegen den ersten Erwartungen bei der Rückhaltekapazität der beiden Metaboliten B und B1 des Pflanzenschutzmittel Chloridazon zeigt die Aktivkohle auf Kokosnussschalenbasis eine höhere Kapazität. Der Versuch wird weitergeführt bis zum Durchbruch der beiden Metaboliten auf der 4. Ebene beider Filter, um so die Kapazität der beiden Aktivkohlen hinsichtlich dieser beiden Substanzen zu ermitteln und um deren Massentransferzone zu bestimmen.

Wie in der Trinkwasseraufbereitung üblich werden die beiden Aktivkohlen reaktiviert und im Hinblick auf Restbeladungen analysiert. Durch diesen Versuch konnte bereits bis zu

diesem Zeitpunkt gezeigt werden, dass eine Kokosnusssaktivkohle eine sehr gute Alternative zu Steinkohleprodukten ist.

#### Literatur

[1] UBA, 2020, Das Magazin des Umweltbundesamtes, PFAS – Gekommen, um zu bleiben

Bilder © CarboTech



**Der Autor**  
**Jan Raiser,**  
Anwendungsspezialist,  
CarboTech Gruppe

Wiley Online Library



CarboTech Gruppe, Essen  
www.carbotech.de



**Bis zu 12,6 x 200 Liter-  
Behälter in 14 Min  
pro Akkuladung.\***

\* ermittelt mit Pumpwerk PP 41-L  
DL bei voller Drehzahl

# Leistungsstarke Akku-Serie

Kabellose Power für den professionellen Einsatz in der Industrie

Weitere Informationen unter [www.lutz-pumpen.de/battery](http://www.lutz-pumpen.de/battery)

safety is our concern

## Salztabletten für Wasserenthärtungsanlagen

Die Ciech-Gruppe startet mit ihrer neuen Marke Aqua Pro eine Markenoffensive für die Expansion ihrer Salztabletten für Wasserenthärtungsanlagen. Durch die Vermarktung ihrer Salztabletten unter eigener Marke geht das Unternehmen neue Wege zum jetzt unmittelbaren Verkauf an seine auf Wasserenthärter angewiesenen Hauptzielgruppen aus Industrie und Handel. Dieser richtet sich zudem auf private Verbraucher, die für ihre Haushalte immer mehr auf die Wasserenthärtung angewiesen sind und soll daher auch über den Einzelhandel vertrieben werden. Ermöglicht wird das Vorgehen durch das 2021 neu eröffnete, hochmoderne Salzwerk in Staßfurt, Sachsen-Anhalt, mit dem Ciech ihre europäische Produktion verdoppeln konnte. Durch das in Staßfurt mit eigenen Rohstoffen und einer Reinheit von 99,9 % an Natriumchlorid produzierte, geruchsneutrale Aqua Pro garantiert die Gruppe hochwertigste Ergebnisse in Anlagenschutz und Wasserqualität. Zur Deckung des Bedarfs seiner gewachsenen Zielkundschaft, erreicht die Ciech-Gruppe mit der gegenseitigen Ergänzung seiner Werke in Staßfurt und Janikowo, Polen, nun eine Gesamtkapazität seiner Zielproduktion von 1.000.000 t/a. Dabei beträgt der Anteil des neuen Staßfurter Werkes jährliche 450.000 t. [www.ciechgroup.com](http://www.ciechgroup.com)



## Absperrklappen für Trinkwasseranwendungen zugelassen

Die Absperrklappen R480, R481, R487 und R488 Victoria von Gemü verfügen jetzt über Zertifizierungen für den Einsatz im Bereich Trinkwasseranwendungen. Bei diesen Absperrklappen kann zwischen der amerikanischen NSF-Zulassung mit der Sonderfunktion „N“ und der europäischen DVGW-Zulassung mit der Sonderfunktion „D“ gewählt werden. Zudem ist die Zertifizierung NSF/ANSI/CAN 61 für alle Produkte gültig, die mit der Manschette Code W in Kombination mit Edelstahlscheiben Code A, B und D geliefert werden können. Die DVGW-Zertifizierung gilt für alle Produkte mit Manschette Code W in Kombination mit Edelstahlscheiben Code A, B und Sonderfunktion „D“. Die Rezeptur der Dichtung bei den Modellen 480 und R480 wurde gemäß der alten Elastomer-Leitlinie und der neuen Richtlinie der KTW-BWGL geprüft. Mit der Veröffentlichung der dritten Änderung der KTW-BWGL im März 2022 besteht bis März 2025 eine Übergangsfrist. Danach wird die alte Elastomer-Leitlinie zurückgezogen. Die Baureihe R480 Victoria gewährt somit Planungssicherheit für zukünftige Projekte, die über die genannte Übergangszeit hinausgehen, passende Absperrklappen können auch langfristig geliefert werden. [www.gemu-group.com](http://www.gemu-group.com)



## Pneumatische Schwenkantriebe für einen breiten Einsatz

KSB hat eine neue Generation von pneumatischen 90°-Schwenkantrieben auf den Markt gebracht. Die doppelt- und einfachwirkenden pneumatischen Antriebe der Baureihe Actair EVO und Dynactair EVO sind für die Betätigung aller Arten von Schwenkarmaturen, wie Absperrklappen und Kugelsowie Kükenhähne, vorgesehen und unter anderem für den Einsatz in der Wasseraufbereitung, der Abwasserbehandlung, der Energieerzeugung ausgelegt. Die als Doppelkolbenantriebe ausgeführten Einheiten können mit Druckluft nach ISO 8573-1 von 3 bis 8 bar betrieben werden. Das maximale Drehmoment beträgt bei der doppelwirkenden Baureihe 8.000 Nm und bei der einfachwirkenden Variante 4.000 Nm. Die maximalen Umgebungstemperaturen sollten zwischen -50 °C und +150 °C liegen. Die Antriebe sind gemäß Schutzart IP68 ausgeführt. Die pneumatischen Anschlüsse entsprechen den NAMUR-Vorgaben. Für die Montage der erforderlichen Steuergeräte hat jeder Antrieb Schnittstellen entsprechend den Normen der VDI/VDE 3845. Die Verbindung zur Armatur erfolgt über Montageschnittstellen nach ISO 5211. Mit ihrem Scotch-Yoke-Mechanismus liefern diese pneumatischen Stellantriebe ein variables Drehmoment, wobei das Spitzendrehmoment beim Schließen der Armatur wirksam ist. Standardmäßig ist jeder Antrieb mit einer Stellungsanzeige und mit einstellbaren mechanischen Anschlägen ausgestattet. Dank Ihrer genormten Schnittstellen können die Antriebe mit Magnetventilen, Stellungsreglern und diversen digitalen und analogen Steuereinheiten an übergeordnete Leitsysteme angebunden werden. [www.ksb.com](http://www.ksb.com)



## Drucküberwachung analog und digital

Der Drucksensor in der IO-Link-Version von Bühler Technologies wird in seiner Funktionalität erweitert: Zusätzlich zu dem digitalen Ausgang und den Schaltpunkten werden diese Funktionen mit einem Analogausgang ergänzt. Der Vorteil: Für die analoge und die digitale Kommunikation ist nur ein Sensor notwendig. Das kompakte Gerät ist in verschiedenen Druckstufen bis 600 bar erhältlich. Es verfügt über bis zu vier programmierbare Schaltausgänge. Alternativ stehen ein Analogausgang (einstellbar Strom oder Spannung) plus bis zu sechs programmierbare Schaltausgänge zur Verfügung. Die Charakteristik der Schaltausgänge ist als Fenster oder Hysterese, ein Schaltausgang ist als Frequenzausgang (1 bis 100 Hz) einrichtbar. Die Anzeige- und Steuereinheit kann direkt oder extern montiert werden. Die Kabelverbindung zwischen Messstelle und Anzeige kann nahezu beliebig lang sein. Das gut sichtbare LED-Display mit der Statusanzeige der Schaltausgänge ist bei einer Direktmontage um 270° schwenkbar. Neben einem Min/Max-Wert-Speicher steht eine Logbuchfunktion zur Verfügung. Das Anzeigegerät hat eine Menüstruktur in Anlehnung an das VDMA Einheitsblatt 245741 und bietet sowohl frei programmierbare als auch kontinuierliche Signale. Die Fernanzeige ist zur einfachen Montage auf einer Anreiheschiene ausgelegt.



Der Vorteil: Für die analoge und die digitale Kommunikation ist nur ein Sensor notwendig. Das kompakte Gerät ist in verschiedenen Druckstufen bis 600 bar erhältlich. Es verfügt über bis zu vier programmierbare Schaltausgänge. Alternativ stehen ein Analogausgang (einstellbar Strom oder Spannung) plus bis zu sechs programmierbare Schaltausgänge zur Verfügung. Die Charakteristik der Schaltausgänge ist als Fenster oder Hysterese, ein Schaltausgang ist als Frequenzausgang (1 bis 100 Hz) einrichtbar. Die Anzeige- und Steuereinheit kann direkt oder extern montiert werden. Die Kabelverbindung zwischen Messstelle und Anzeige kann nahezu beliebig lang sein. Das gut sichtbare LED-Display mit der Statusanzeige der Schaltausgänge ist bei einer Direktmontage um 270° schwenkbar. Neben einem Min/Max-Wert-Speicher steht eine Logbuchfunktion zur Verfügung. Das Anzeigegerät hat eine Menüstruktur in Anlehnung an das VDMA Einheitsblatt 245741 und bietet sowohl frei programmierbare als auch kontinuierliche Signale. Die Fernanzeige ist zur einfachen Montage auf einer Anreiheschiene ausgelegt.

[www.buehler-technologies.com](http://www.buehler-technologies.com)

Wiley Online Library



## 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>

### Armaturen



**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>

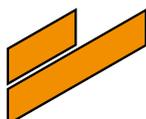
### Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung



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

*Fermentation, Destillation  
Evaporation, Separation  
Adsorption, Chromatographie*

## Lager- und Fördertechnik

### Dosieranlagen

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

## Mechanische Verfahrenstechnik

### Koaleszenzabscheider



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

### Magnetfilter & Metallsuchgeräte

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

### Tröpfchenabscheider



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

### Vibrationstechnik



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



**Messtechnik**

**Aerosol- und  
Partikelmesstechnik**



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

**Durchflussmessung**



**GEMÜ Gebr. Müller  
Apparatebau GmbH & Co. KG**  
Fritz-Müller-Straße 6-8  
D-74653 Ingelfingen  
Tel.: +49 (0) 79 40 / 123 0  
E-Mail: info@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



**U MWELTTECHNIK**  
www.venjakob-umwelttechnik.de  
mail@venjakob-ut.de

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

**Vakuumsysteme**

**www.vacuum-guide.com**

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

**Verdampfer**



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

**Wärmekammern**



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

**www.chemanager.com**

[chemanager-online.com/reinraumtechnik](http://chemanager-online.com/reinraumtechnik)  
[chemanager-online.com/citplus](http://chemanager-online.com/citplus)  
[lvt-web.de](http://lvt-web.de)

# Top-Titel

für die Chemie-, Pharma-  
und Lebensmittelindustrie



**CHEManager** – Die führende Branchenzeitung für die Märkte der Chemie und Life Sciences

**LVT LEBENSMITTEL Industrie** – Die Zeitschrift für Fach- und Führungskräfte der Lebensmittel- und Getränkeindustrie

**CITplus** – Das Praxismagazin für Verfahrens- und Chemieingenieure

**ReinRaumTechnik** – Die führende Fachpublikation für Betreiber und Nutzer von Reinräumen

**WILEY**

Alino	49	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh)	47, 49	Seepex	41	
Aramco	2, US	6, 22	Mesago Messe Frankfurt	6, 15	Seipenbusch particle engineering	50
Armaturenfabrik Franz Schneider	21	Gemü	30, 48, 49, 50	Mettler-Toledo	20	
Aucotec	28	Genua	5, 31	NAMUR	6, 22	
Bayer Technology Services	22	GIG Karasek	50	Netter Vibration	49	
Beamex	42	Goudsmit Magnetics Systems	49	Noge	49	
Beinlich Pumpen	49	GVT Forschungs-Gesellschaft	6	NSB gas processing	50	
Bentley Systems	36	Verfahrenstechnik	6	Palas	50	
Bühler Technologies	48	Haus der Technik	6	Pepperl+Fuchs	25, 26	
CarboTech AC	44	Helling	49	Proceng Moser	49	
Ciech	48	Hima Paul Hildebrandt	31	Process Sensing	49	
Copa-Data	34	HS Umformtechnik	49	Technologies (PST)	21, 23	
Dechema	6	Ing.-Büro Pierre Strauch	50	Profibus-Nutzerorganisation	33	
Endress+Hauser	Titelseite, 18	Jessberger	49	Prominent Dosiertechnik	49	
Envirotec	50	Jumo	21	Pumpen Center Wiesbaden	49	
Findeva	3, 49	Krohne Messtechnik	30	RCT Reichelt	49	
		KSB	48, 49	Chemietechnik	43, 49, Beilage	

## 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

### Redaktionsassistentz

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

### Fachbeirat

*Dr. Hans-Erich Gasche,*  
 Bayer, Leverkusen  
*Prof. Dr. Thomas Hirth,*  
 Karlsruhe Institute of Technology (KIT),  
 Karlsruhe

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

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

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

*Dr. Christian Poppe,*  
 Covestro, Leverkusen

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

*Prof. Dr. Roland Ulber,*  
 TU Kaiserslautern

### Erscheinungsweise 2023

10 Ausgaben im Jahr  
 Druckauflage 20.000  
 (IVW Auflagenmeldung:  
 Q3 19.907 tvA)

### Bezugspreise Jahres-Abonnement 2023

10 Ausgaben 234,40 €, zzgl. MwSt.  
 Schüler und Studenten erhalten  
 unter Vorlage einer gültigen  
 Bescheinigung 50% Rabatt.  
 Im Beitrag für die Mitgliedschaft bei der  
 VDI-Gesellschaft für Chemieingenieur-  
 wesen und Verfahrenstechnik (GVC) ist  
 der Bezug der Mitgliederzeitschrift  
 CITplus enthalten.  
 CITplus ist für Abonnenten der Chemie  
 Ingenieur Technik im Bezugspreis enthal-  
 ten. Anfragen und Bestellungen über den  
 Buchhandel oder direkt beim Verlag (s.o.).

### Wiley GIT Leserservice

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

Abbestellung nur bis spätestens  
 3 Monate vor Ablauf des Kalenderjahres.

### Produktion

Wiley-VCH GmbH  
 Boschstraße 12  
 69469 Weinheim

### Bankkonto

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

### Herstellung

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

### Anzeigen

Zurzeit gilt die Anzeigenpreislise  
 vom 1. Oktober 2023

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

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

Hagen Reichhoff  
 Tel.: 06201/606-001  
 hreichhoff@wiley.com

### Sonderdrucke

Bei Interesse an Sonderdrucken,  
 wenden Sie sich bitte an  
 Stefan Schwartze,  
 sswartz@wiley.com

### Originalarbeiten

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

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

Unverlangt zur Rezension eingegangene Bücher  
 werden nicht zurückgesandt.

### Druck

westermann **DRUCK** | pva  
 Printed in Germany | ISSN 1436-2597



# WILEY-VCH



# CITplus Insight Themen-Newsletter

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



Registrieren Sie sich hier:  
[www.chemanager-online.com/citplus/newsletter](http://www.chemanager-online.com/citplus/newsletter)

**Wir freuen uns über Ihre Teilnahme.**

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

Hagen Reichhoff  
+49 6201 606 001  
hreichhoff@wiley.com

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