



Sonderteil
Labor- und
Prozessanalytik

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

Zukunft Zirkularwirtschaft

Rührtechnische Herausforderungen für die Herstellung von biobasierten Kunststoffen

10 Im Profil: Dr. Karsten Danielmeier

24 Bionische Topologieoptimierung

30 Analytica 2022 – Der Weg ins Labor 4.0

34 Effektive Umsetzung von PAT

40 OT-IT-Integration in der Prozesstechnik

47 Ein langes Leben für Schmierstoffe

An den meisten
Veranstaltungen
können Sie auch
online teilnehmen!



SEMINARE & TAGUNGEN VERFAHRENSTECHNIK

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

20. - 21.06.22 in Essen
06. - 07.12.22 in Essen

Zündgefahrenbewertung nach ATEX-Richtlinie 2014/34/EU

21.06.22 in Travemünde
13.09.22 in Essen

Wärmeübertrager: Basisplanung - Heuristische Regeln - Kostenschätzung

20. - 22.07.22 in München

Ausbildung zum Explosionsschutzbeauftragten

09. - 12.08.22 in Travemünde
08. - 11.11.22 in Essen

Wärmetauscher und Wärmenutzungsanlagen zur Wärmeauskopp- lung aus Rauchgasen

11. - 12.08.22 in Travemünde

Verfahrenstechnische Fließbilder

30.08.22 in Timmendorfer Strand
29.11.22 in Essen

1 x 1 der Verfahrenstechnik

Grundlagen und ausgewählte Anwendungen aus der Praxis
31.08. - 02.09.22 in Timmendorfer Strand
30.11. - 02.12.22 in Berlin

Basiswissen Chemie für Kaufleute und Techniker

Grundlagen Chemie in anschaulicher Form
05. - 07.09.22 in Lindau
07. - 09.11.22 in Essen

Pumpenauswahl

07. - 08.09.22 in Essen

Druckbehälter nach EN 13445

13. - 14.09.22 in Essen

Anwendung der Druckgeräterichtlinie (DGRL)

15. - 16.09.22 in Essen

Rektifikation in Theorie und Praxis

26. - 27.09.22 in Essen

16. Essener Explosionsschutztage mit fachbegleitender Ausstellung

28. - 29.09.22 in Essen

Vermittlung der Sachkunde nach § 11 ChemVerbotsV

17. - 19.10.22 in Essen

Brandschutz im Tank- und Gefahrgutlager

17.10.22 in Essen

Essener Gefahrstofftage mit fachbegleitender Ausstellung

18. - 19.10.22 in Essen

Der Betriebsleiter in der chemischen – und Prozessindustrie

24. - 28.10.22 in Essen

Modulare Anlagen in der Prozessindustrie

26. - 27.10.22 in Essen

HAZOP, LOPA, SIL-Nachweis: Jeweils mit Übungen

29. - 30.09.22 in Essen

Prozessdatenanalyse – Zusammenhänge aus Betriebsda- ten der Prozesstechnik bewerten

17. - 18.11.22 in Essen

IHR ANSPRECHPARTNER:

Dipl.-Ing. Kai Brommann

Leiter Fachbereich Chemie –

Brandschutz – Verfahrenstechnik

Telefon: +49 (0)201 1803-251

E-Mail: fb5@hdt.de

Angebote unter:



ACHEMA 2022: Zurück zum Live-Format

Wissenschaft und Industrie im Dialog – so lautet das Motto der Dechema. Nach fast zwei Jahren pandemiebedingter Durststrecke ist es schön, dass bei unseren Veranstaltungen endlich wieder Leben und Austausch ins Dechema-Haus in Frankfurt zurückkehren. Ganz besonders freue ich mich nach vielen Monaten virtueller Treffen, dass die Achema 2022 im Sommer wieder als Live-Format stattfinden wird. Denn die ganze Branche sehnt sich nach einer Achema zum Anfassen: mit realen Exponaten und mit Begegnungen von Angesicht zu Angesicht.

Die Prozessindustrie agiert weltweit und ist überregional vernetzt. Die Probleme, die damit einhergehen, werden uns derzeit sehr deutlich vor Augen geführt – sei es die Abhängigkeit von Energieimporten oder die Unterbrechung von Lieferketten. Selbst wenn wir einen Teil der strategischen Produktion nach Europa zurückholen werden, ist diese Vernetzung aus meiner Sicht unumkehrbar – und gleichzeitig auch eine Stärke und Chance für unsere Industrie.

Denn als Innovationsmotor der Weltwirtschaft hat die Prozessindustrie in der letzten, pandemiebedingten Krise schon einmal in beeindruckender Weise Stärke, Innovationskraft und Verlässlichkeit bewiesen – was die beispiellosen Erfolge in der Impfstoffentwicklung zeigen. So liefert die Prozessindustrie auch jetzt eigene Lösungen für die sich verknappenden und verteuerten Ressourcen: durch effizientere Verfahren, alternative Prozesse und die Kreislaufführung von Rohstoffen.

Die Achema als weltgrößte Leitmesse für die Prozesstechnik bietet einen Ankerpunkt



Dr. Andreas Förster,
Dechema

für diesen notwendigen internationalen Austausch, den es für die erfolgreiche Zukunft unserer Industrie derzeit mehr braucht als vielleicht jemals zuvor. Lassen Sie uns deshalb mit der Achema 2022 gemeinsam die nächsten Schritte gehen bei der Bewältigung anstehender Herausforderungen.

Eine Herausforderung, die wir bereits mit Erfolg angegangen sind, ist der Schritt zur „neuen Normalität“ in der Messewelt. Ja, Messen sind auch unter Corona-Bedingungen sowohl sicher möglich als auch erfolgreich machbar. Nutzen wir also die Gelegenheit und freuen uns auf das, was die Achema auch dieses Mal reichlich bieten wird: Inspiration, Interaktion, Innovation.

Getreu dem Achema-Motto „Inspiring Sustainable Connections“ bringen wir zusammen, was zusammengehört: Zum ersten Mal integriert die Achema in diesem Jahr den Kongress vollständig ins Messegesehen. Alle Vortragsessions finden entweder auf Bühnen direkt in den Ausstellungshallen oder in

unmittelbarer Nähe zu den Ausstellungsgruppen statt. Neu im Kongress sind zudem fünf statt bisher drei Thementage. Tägliche Highlight-Sessions zu den jeweiligen Themen setzen dabei zusätzliche Akzente. Anwendung und Forschung gehen durch die engere thematische und räumliche Verzahnung von Ausstellung und Kongressprogramm bei der Achema 2022 noch stärker Hand in Hand. So bleibt keines der Themen, das die Prozessindustrie umtreibt, außen vor.

Als weltweit einzigartige Gesamtschau der aktuellen Technikrends unserer Branche ist die Achema sowohl Pflichttermin als auch Inspirationsquelle für jeden, der in der Welt der Prozessindustrie etwas bewegt. In diesem Sinn lade ich Sie im Namen der Dechema als Veranstalter der Achema sehr herzlich zur Teilnahme an der 33. Achema ein und freue mich darauf, Sie im August 2022 in Frankfurt am Main zu begrüßen.

Ihr Dr. Andreas Förster
Geschäftsführer des DECHEMA e.V.

Entdecken Sie den Newsletter

CITplus INSIGHT



DOI:10.1002/citp.202200602



Findeva[®]
Quality in vibrators

Qualität / Preis / Leistung

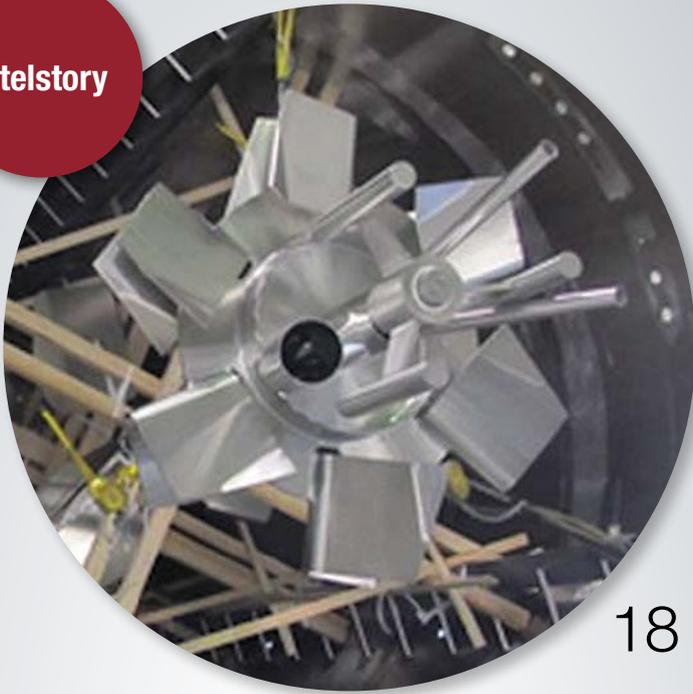
Findeva AG
Pneumatische Vibratoren
Loostrasse 2, CH-8461
Oerlingen, Schweiz.
Tel. +41 (0)52 305 47 57
Mail: info@findeva.com

www.findeva.com

Der Kugelvibrator – einfach und gut

Deutschland: www.aldak.de
Mail: alsbach@aldak.de

Titelstory



18

**Zukunft Zirkularwirtschaft
Rührtechnische Herausforderungen für die Herstellung von biobasierten Kunststoffen**

Die politischen Entwicklungen der letzten Jahre und Monate haben es gezeigt: Die Prozessindustrie ist gut beraten, sich in zunehmendem Maße unabhängig von fossilen Rohstoffen zu machen. Und dies gilt nicht nur für die Nutzung fossiler Grundstoffe als Energieträger. Rohöl und Erdgas stellen nach wie vor die dominierende Basis für die chemische Grundstoffherzeugung dar.

Ekato Holding GmbH, Freiburg
Tel.: +49 7622 29-0
info@ekato.com · www.ekato.com

**Sonderteil
Labor- und
Prozessanalytik**



28

KOMPAKT

- 6 **Wirtschaft + Produktion**
- 8 **Forschung + Entwicklung**
- 9 **Personalia**
- 15 **Termine**

IM PROFIL

- 10 **Was Menschen bewegt, die etwas bewegen**
Dr. Karsten Danielmeier, Senior Vice President und Leiter des Bereiches Wachstumsgeschäfte bei der Covestro Deutschland und seit 2022 Präsident der GDCh.

THEMA

- 12 **Zeitenwende in der Wirtschaft**
Als Unternehmen jetzt den Reset-Knopf drücken
J.-U. Meyer, Innolytics

REPORT

- 16 **Globaler Treffpunkt für die Prozessindustrie**
Achema 2022: wieder vor Ort in Frankfurt

TITELSTORY

- 18 **Zukunft Zirkularwirtschaft**
Rührtechnische Herausforderungen für die Herstellung von biobasierten Kunststoffen
B. Nienhaus, K. Gezork, Ekato Rühr- und Mischtechnik

ANLAGEN | APPARATE |
KOMPONENTEN

- 24 **Bionische Optimierung im Druckbehälterbau**
Additive Fertigung von Behälter-Stutzen-Verbindungen
D. Becker, S. Gerling, N. Kockmann,
Technische Universität Dortmund
- 26 **Erste multiple Trennwandkolonne weltweit**
Vierstoffgemische in einer einzigen
Destillationskolonne trennen
L.-M. Ränger, T. Grützner, Universität Ulm
- 29 **Alle Anforderungen erfüllt**
Auswirkungen der neuen TA-Luft auf Armaturen in Chemieanlagen
Markus Häffner, AS-Schneider
- 22 **Produkte**
Von GSR, KSB, Schwer Fittings und Wolftechnik

SONDERTEIL LABOR- UND PROZESSANALYTIK

- 30 **Analytica 2022 – Der Weg ins Labor 4.0**
Kollaborative Roboter unterstützen im Laboralltag
- 32 **Qualität von Anfang an**
Leitfähigkeitsmessung in der Pharmawasseraufbereitung
M. Brosig, Jumo
- 34 **Ein Sprung in die Zukunft**
Effektive Umsetzung von PAT
I. Haley, P. Hermant, P. Kuijpers,
Mettler-Toledo AutoChem
- 37 **Vollautomatische Eisenmessung und Dokumentation**
Online-Wasseranalyse im kompakten Schaltschrank
Bürkert
- 38 **Gerätequalifikation des eigenen Equipments**
Intuitive Software leitet manipulationssicher durch den Prozess
Nicki Teumer, Anatox
- 31, 33, 36, 39 Produkte
von Delphin, Fritsch, Huber Kältemaschinenbau,
Shimadzu und SI Scientific Instrument

MESS-, STEUER-, REGEL-, AUTOMATISIERUNGSTECHNIK

- 40 **Grundlage für eine effiziente Digitalisierung**
OT-IT-Integration in der Prozesstechnik
T. Glas, Phoenix Contact Electronics
C. Spiegel, Krohne Messtechnik
C. Diewald, Software
- 44 **Mit Kraftmesstechnik Logistikkosten und CO₂ sparen**
Wie und wo Funksensoren plus IIoT-Lösung Lieferfahrten effizienter machen
M. Heidl, Wika
- 46 **Zusammenarbeit ist gefragt**
Umsetzung von Industrie 4.0 mit einer digitalen Datenkette
Rembe

BETRIEBSTECHNIK I SICHERHEIT

- 47 **Ein langes Leben für Schmierstoffe**
Industrieöl-Rekonditionierung
Holger Laschka, SKF
- 48 **Produkt**
von Hahn Kunststoffe
- 49 **Bezugsquellenverzeichnis**
- 50 **Index / Impressum**



Safety is for life.™

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



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

Consulting. Engineering.
Products. Service.

© REMBE® | All rights reserved



REMBE® GmbH Safety+Control
Gallbergweg 21
59929 Brilon, Deutschland
F +49 2961 50714
www.rembe.de

Beilagen

Bitte beachten Sie die Beilage von
RCT Reichelt Chemietechnik, Heidelberg –
Thomoplast-IV

CITplus

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

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

Wiley Online Library



Ifm investiert in Büro- und Produktionsflächen

Ifm Prover in der Bodenseeregion hat in einen Neubau 15 Mio. EUR investiert, die Fertigstellung ist für Herbst 2023 geplant. Entstehen werden 3.600 m² Bruttogeschossfläche, größtenteils für die Entwicklung, aber auch die Produktionsfläche wird um 1.000 m² erweitert. „Unsere Mitarbeiterzahl ist hier in den letzten Jahren stetig gestiegen. Aktuell sind es rund 730 Beschäftigte“, sagt Geschäftsführer Lothar Zimmer anlässlich des symbolischen ersten Spatenstichs für das neue Gebäude. Geschäftsführer Hans Peter

Müller ergänzt: Die Ifm Prover ist der Spezialist für Prozesssensorik innerhalb der Gruppe. Im Neubau werden auch neue Arbeitsplätze entstehen. „Diese sind insbesondere für unsere Entwicklungen für die Fokusbereiche Lebensmittel- und Getränkeindustrie, Wasser- und Abwasserwirtschaft sowie die Pharmaindustrie sehr wichtig“, betont Müller: Auch das akkreditierte Kalibrierlabor für die Messgrößen Druck, Temperatur und Strömung wird im Zuge der Erweiterung vergrößert.

www.ifm.com

Dechema bündelt Analyse- und Beratungsaktivitäten

Seit 1926 fördert die Dechema den technisch-wissenschaftlichen Austausch, um wissenschaftliche Erkenntnisse in die wirtschaftliche Anwendung zu übertragen. Mithilfe dieser Erfahrungen und der Expertise aus zahlreichen F&E&I-Projekten hat die Dechema über die Jahre ihr Portfolio an Analyse- und Beratungsangeboten weiter ausgebaut. Nun bündelt die unabhängige Fachgesellschaft ihr kommerzielles Angebot unter dem Dach von „Dechema Analysis + Consulting“. Das Produktportfolio von Dechema A+C – so die Kurzform – reicht von der Technologiebewertung über die Marktanalyse bis zur Lebenszyklusanalyse. Die Experten der unabhängigen Fachgesellschaft stehen ihren Kunden aus Wissenschaft und Industrie auch im Rahmen von Dechema A+C als (technologie-)neutrale Gesprächspartner auf Augenhöhe mit tiefem Methoden- und Branchenwissen zur Verfügung.



Das Beratungsunternehmen erstellt Machbarkeits- und Risikoanalysen, betrachtet Technologiealternativen und entwickelt Roadmaps für die Umsetzung. Das Angebot reicht von der Konzeption, Organisation und Moderation von Workshops oder Veranstaltungen bis hin zu Beratungsleistungen für die industrielle Transformation in Richtung Treibhausgasneutralität und Nachhaltigkeit sowie die Implementierung neuer Technologien. Dechema A+C analysiert auf Wunsch Unternehmen, Chemieparcs oder ganze Standorte.

<https://ac.dechema.de>

Positive Ergebnisse 2021 und schwierige Aussichten

Der Verband Chemiehandel (VCH) hat berichtet, dass die Mitgliedsunternehmen im Jahr 2021 ein sehr positives Ergebnis erwirtschaften konnten. Ungeachtet der Herausforderungen bei der Beschaffung im Bereich der Spezial- sowie Basischemikalien und teilweise auch den Verpackungsmaterialien, konnten die Unternehmen des Chemikalien-Groß- und Außenhandels ihren Umsatz um 21 % auf 16,8 Mrd. EUR gegenüber dem Vorjahr steigern. Hierbei stiegen die Umsätze bei den Spezialchemikalien um 24 % und bei den Basisrohstoffen um 15 %. In einer ersten groben Betrachtung der Ergebnisse der Chemiedistributionsbranche im Jahr 2021 zeigte sich nach einem verhaltenen Start im 1. Quartal eine

sehr positive Umsatzentwicklung bis zum 3. Quartal. Im 4. Quartal trübte sich die Stimmung dann, vor allem ausgelöst durch die steigenden Energiekosten bei Gas und Öl, ein. Die Rohstoffpreise wurden seitens der Vorlieferanten überwiegend mit kurzer Vorlaufzeit angehoben und konnten nicht immer in vollem Umfang weitergegeben werden. Auch Lieferausfälle durch Reduzierung oder Abschaltung von energieintensiven Produktionen sorgten für Planungsunsicherheiten. Zusätzlich waren die Lieferketten, angefangen von der Vorproduktion bis hin zur Logistik, weiter stark belastet durch Pandemie, Fachkräftemangel, Geopolitik und Preissteigerungen.

www.vch-online.de



Erste Lithiumhydroxid-Raffinerie Europas in Bitterfeld-Wolfen

Anfang Mai hat AMG Lithium in Bitterfeld-Wolfen die Errichtung der ersten Raffinerie für Lithiumhydroxid in Batteriequalität innerhalb der Europäischen Union mit einem symbolischen Spatenstich gestartet. Von hier aus wird AMG Lithium ab der zweiten Jahreshälfte 2023 die europäische Batterieindustrie mit diesem kritischen Rohstoff versorgen und gleichzeitig auch einen wichtigen Teil für ein effizientes Lithium-Recycling aus verbrauchten Batterien bereitstellen. Lithiumhydroxid wird zur Herstellung von Kathodenmaterialien verwendet, die wiederum in Zellen für Lithium-Ionen-Batterien verbaut werden. Die Jahreskapazität von 20.000 t wird einen entscheidenden Beitrag zur lokalen Versorgung der Batterieindustrie Europas leisten und die Entwicklung der Elektromobilität maßgeblich unterstützen. Die im Bau befindliche Raffinerie stellt das erste von fünf geplanten Modulen am Standort in Bit-

terfeld-Wolfen dar, so dass am Ende rund 100.000 t Lithiumsalze dort produziert werden können. AMG Lithium produziert und vermarktet bereits heute aus einer Mine in Brasilien Spodumenkonzentrat, aus dem die Vorprodukte der Anlage in Bitterfeld-Wolfen hergestellt werden. Die unternehmerischen Ziele von AMG Lithium umreißt Heinz Schimmelbusch, Vorstandsvorsitzender des Mutterkonzerns, AMG Advanced Metallurgical Group: „Wir werden langfristig über den Bergbau, die Konversion zu Lithium-Salzen und deren Veredlung zu Batteriequalität auch sulfidische Materialien für die nächste Generation von Lithium-Ionen-Batterien – Stichwort: Festkörperbatterien – anbieten. Für die Entwicklung all dieser Materialien und Prozesse haben wir seit drei Jahren bereits in Frankfurt-Höchst ein hochmodernes Labor und ein Team erfahrener und kompetenter Lithium-Chemiker etabliert.“

<https://amglithium.com/de>



Chemistry4Climate zieht Halbzeitbilanz

Zur Halbzeit des Klimaschutzprojektes „Chemistry4Climate“ haben die beteiligten Stakeholder auf einer Fachkonferenz in Berlin Zwischenbilanz gezogen. Die von VCI und VDI ins Leben gerufene Klimaschutzplattform der chemisch-pharmazeutischen Industrie lud ein zur Fachkonferenz „Die klimaneutrale Chemie von morgen – jetzt erst recht?!“ VCI-Hauptgeschäftsführer Wolfgang Große Entrup machte dabei deutlich, dass sich am Ziel einer treibhausgasneutralen Chemie auch durch den russischen Angriffskrieg auf die Ukraine nichts ändere. Doch werde der Weg durch die politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen noch herausfordernder. Es brauche jetzt schnelle und pragmatische Lösungen. Für den designierten VCI-Präsidenten und derzeitigen Vizepräsidenten Markus Steilemann ist ein gesellschaftlicher Ruck nötig, der den Ausbau der erneuerbaren Energien maximal beschleunigt. Der Covestro-Chef verwies auf die Bedeutung der Chemieindustrie und veranschaulichte die Konsequenzen, die ein Embargo von russischem Öl- und Gas für die Wirtschaft und die Bevöl-

kerung Deutschland hätten: „95 % der Produkte der gesamten deutschen Industrie hängen direkt an Produkten der chemischen Industrie“, erklärte Steilemann, machte aber auch Hoffnung: „Der politische Gestaltungswille ist jetzt da.“ In der Bringschuld sieht er die Politik dagegen noch bei der notwendigen Beschleunigung von Planungs- und Genehmigungsverfahren – auch und vor allem bei Industrieanlagen und zugehöriger Infrastruktur. Ralph Appel vom Projektpartner Verein Deutscher Ingenieure (VDI) sieht den Wert von „Chemistry4Climate“ darin, eine gemeinsame Faktenbasis beim emotional aufgeladenen Thema Transformation zu finden. Mit dabei u.a. auch Professor Ernst Ulrich von Weizsäcker, Ehrenpräsident des Club of Rome, der in seinem Vortrag die deutsche Debatte um die Transformation in den globalen Kontext einordnete, sowie Professor Ferdi Schüth vom Max-Planck-Institut für Kohlenforschung, der den Beitrag der Chemie zur Energieversorgung der Zukunft aus wissenschaftlicher Sicht darstellte.

www.vci.de

Evonik bestätigt Abspaltungspläne für C4-Sparte

Evonik will einen Partner für sein C4-Portfolio finden und sich schließlich davon trennen. Das Unternehmen bestätigte die Pläne, die von deutschen Gewerkschaften auf einer Maifeier angedeutet wurden. Zu den im Geschäftsbereich Performance Materials zusammengefassten Chemiegeschäften gehören Acrylsäure, Butadien, Isobuten, MTBE, Oxo-Alkohole und Weichmacher, Biodiesel, Kaliumderivate und Zwischenprodukte für Pharma, Kosmetik und Tenside sowie Co-Monomere für synthetischen Kautschuk. Mit einem Jahresumsatz von 1,8 Mrd. EUR machen die Aktivitäten rund 12 % des Gesamtumsatzes von



Evonik aus. Die meisten der Commodity- oder rohstoffnahen Produkte, die in ruhigen Jahren relativ reife Wachstumsraten aufweisen, gehörten einst zum ehemaligen Chemiekonzern Hüls. Dieses Unternehmen fusionierte 1999 mit Degussa zu Degussa-Hüls, das 2007 mit RAG zu Evonik fusionierte.

www.evonik.de

Kunststoffhersteller wachsen trotz schwierigem Marktumfeld

Eine wiedererstarke Nachfrage im In- und Ausland sorgte bei den Kunststoffherstellern in Deutschland für ein Plus bei Beschäftigung, Produktion und Umsatz im Jahr 2021. Die Unternehmen trotzten der volatilen Lage und profitierten dabei vom leichten Wiederanziehen der Konjunktur nach dem Corona-Einbruch. Das Jahr 2021, so befand der scheidende Vorstandsvorsitzende von Plastics Europe Deutschland, Michael Zobel, vor Medienvertretern in Hamburg, sei von wirtschaftlichen Auf- und Abs geprägt gewesen, sodass Stabilität nie wirklich einkehrte. Dämpfer aufgrund neuerlicher Lockdowns, Materialknappheit an den Märkten und strapazierte Lieferketten waren laut Dr. Zobel ebenso Gründe hierfür wie deutlich gestiegene Preise für Vorprodukte und Energie. Die Kunststoffproduktion stieg in Deutschland 2021 im Vergleich zum Vorjahr um 17,2 % auf 21,3 Mio. t. Der Gesamtumsatz (im In- und Ausland) der Kunststoffhersteller stieg um 33,8 % auf 31 Mrd. EUR und resultierte zu gleichen Teilen aus dem Mengenwachstum und gestiegenen Preisen. Die Resilienz der Branche ging laut Zobel sowohl auf die Möglichkeit zurück, Preissteigerungen aufgrund der hohen Nachfrage teilweise weitergeben zu können, als auch auf die Flexibilität der Unternehmen. Dabei machte Zobel deutlich, dass die wirtschaftliche Volatilität der Pandemiezeit nicht mit den Herausforderungen und Auswirkungen des derzeitigen Ukraine-Kriegs vergleichbar sei. So gefährde der russische Angriffskrieg in Osteuropa die



Rohstoffsicherheit, verteuere die Energie maßgeblich und störe oder unterbreche Transportwege sogar komplett. Insgesamt drohe aufgrund deutlich höherer Produktionskosten in Kombination mit einer eingetrübten Weltkonjunktur ein Einbruch bei Kaufkraft und Nachfrage. Außerdem nahm Zobel Bezug auf die Debatte rund um das Thema Erdgas-Embargo: „Gut 44 % des gesamten Energieverbrauchs der Kunststoffhersteller entfallen auf Erdgas, vor allem als Energieträger für Großanlagen. Bei einem Gasembargo würden Teile der Produktion zum Stillstand kommen, da unsere Unternehmen diese Großanlagen abschalten müssten – und diese können nicht einfach mal aus- und wieder eingeschaltet werden. Daher ist unsere Haltung ein klares Nein zu einem Gasembargo!“ Zugleich mahnte Zobel, dass die energieintensive Industrie jetzt in der Verantwortung stehe, die Fehler der Vergangenheit, mit denen Deutschland sich in die Energieabhängigkeit gebracht hat, so zügig wie möglich anzugehen.

<https://plasticseurope.org/de>

Covestro senkt Prognose trotz gesteigerter Nachfrage

Covestro ist erfolgreich in das Geschäftsjahr 2022 gestartet und profitiert weiterhin von der hohen Nachfragedynamik, die sich in den ersten drei Monaten dieses Jahres fortgesetzt hat. Für das Geschäftsjahr 2022 hat der Konzern die Prognose jedoch gesenkt. Der Umsatz erhöhte sich insbesondere durch gestiegene durchschnittliche Verkaufspreise um 41,6 % im Vergleich zum Vorjahresquartal auf 4,7 Mrd. EUR. Das EBITDA wuchs im ersten Quartal um 8,5 % auf 806 Mio. EUR. Der Konzern rechnet für das Gesamtjahr nun mit einem EBITDA zwischen 2 Mrd. und

2,5 Mrd. EUR (bisher: 2,5 Mrd. bis 3 Mrd. EUR). „Wir haben im ersten Quartal von einer weiterhin hohen Nachfrage profitiert. Seit Beginn des Ukraine-Krieges sehen wir jedoch, dass die Risiken mit Blick auf unsere Energieversorgung und Lieferketten deutlich gewachsen sind. Hinzu kommen eine sich abschwächende Weltwirtschaft sowie weiterhin bestehende Herausforderungen durch die Auswirkungen und einschränkenden Maßnahmen im Zusammenhang mit der Coronavirus-Pandemie vor allem in China“, erklärte Finanzvorstand Thomas Toepfer.

www.covestro.com

DOI
(Digital Object Identifier)

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

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

Fadenzug vermeiden

Fadenzug ist ein immer wieder vorkommendes, unerwünschtes Phänomen bei Schmelzklebstoffen, die durch Raupenauftrag appliziert werden. In einer Studie wurde der Fadenzug acht verschiedener Heißklebstoffe für verpackungsrelevante Anwendungen bei verschiedenen Temperaturen und Abständen zwischen Düsenkopf und Trägermaterial sowie mit unterschiedlichen Düsenarten analysiert. Größere Abstände führten in den meisten Fällen zu längeren Fäden. Für den Einfluss der Temperatur und der Viskosität wurden keine eindeutigen Korrelationen gefunden. Nadelsitzventile erzeugten weni-

ger Fadenzug als Kugelsitzventile. Die Düsengröße hatte keinen Einfluss. Für alle getesteten Klebstoffe konnte eine Kombination von Messbedingungen gefunden werden, bei der kein bzw. kaum Fadenzug auftrat. Erfahrungsgemäß sind diese jedoch oft nicht optimal für die Applikation und die Eigenschaften des Klebstoffs.

Kontakt

Sven Sänglerlaub,
Hochschule München
sven.saengerlaub@hm.edu
DOI: 10.1002/cite.202100204

Simulierte Heißsiegelung

Die gängigste Methode beim Verschließen von Kunststoffverpackungen ist die Heißsiegeltechnologie. Dazu muss eine Schmelze in beiden Siegelpartnern über einen gewissen Zeitraum gewährleistet sein. Aufgrund ständig steigender Anforderungen an das Verpackungsmaterial wird eine hohe Prozessstabilität beim Heißsiegeln immer wichtiger. Da die Materialzusammensetzung von Produkt zu Produkt unterschiedlich ist und auch zusätzliche dünne Schichten, z.B. Decklack, Farbschichten oder Klebeschichten, einen großen Einfluss auf das Prozessfenster der Siegeltechnologie haben, ist ein umfassendes Prozessverständnis wichtig. Dazu wurde eine numerische

Methode auf Basis des OpenFOAM-Lösers chtMultiRegionFoam entwickelt, mit dem in multiregionalen Wärmesimulationen zusätzlich eine Sensor- und Heizerregion über eine PID-Regelung gekoppelt wird. Ziel ist es, Maschinenprozesse im Vorfeld möglichst realitätsnah vorherzusagen zu können.

Kontakt

Tobias Freiberger, OPTIMA consumer GmbH, Schwäbisch Hall
tobias.freiberger@optima-packaging.com
DOI: 10.1002/cite.202100097

Effizientere Tropfenkondensation

Die Kondensation von Dämpfen spielt eine wichtige Rolle bei vielen verfahrenstechnischen Prozessen. Effizientere Kondensatoren leisten einen großen Beitrag zur Reduzierung der CO₂-Emissionen. Eine Alternative zur Filmkondensation von Wasserdampf ist die Tropfenkondensation. Um die Wärmeübertragung bei der Kondensation von Wasserdampf zu intensivieren, wurden neuartige Wärmeübertragerrohre mit zweifachen Oberflächenmodifikationen entwickelt: Außenseitig wird das Rohr hydrophob beschichtet, um eine verbesserte Tropfenkondensation zu erzielen; innenseitig wird die Tur-

bulenz durch den Einsatz eines Drallrohrs intensiviert. Eine Untersuchung des Kondensationsverhaltens auf der Außenseite eines modifizierten Einzelrohrs ergab eine signifikante Intensivierung des Wärmeübergangs.

Kontakt

Reiner Numrich,
Universität Paderborn
r.numrich@numrich-gev.de
DOI: 10.1002/cite.202100176

Automatisierte Biomasse-Probenfiltration

Eine Reihe wichtiger Aminosäuren wird industriell in mikrobieller Kultur hergestellt. Um die involvierten Stoffwechselwege zu optimieren und gezielt auf einzelne Stoffe auszurichten, sind quantitative Bestimmungen intrazellulärer Stoffwechselprodukte notwendig. Diese erfordern eine schnelle und verlustfreie Probenentnahme aus der Fermentationsbrühe. Eine Möglichkeit ist, Biomasse und Medium durch eine Filtration zu trennen und den Stoffwechsel der Mikroorganismen durch Quenchen mit flüssigem Stickstoff zu stoppen. Mithilfe einer automatisierten Schnellfiltration gelingt dies innerhalb weniger Sekunden. Während bisherige Untersuchungen für *Corynebacterium*

glutamicum-Stämme mit Biomassekonzentrationen $\leq 10 \text{ g L}^{-1}$ erfolgten, konnte eine Studie nun zeigen, dass mit einer modifizierten Anlage Konzentrationen bis zu 32 g L^{-1} untersucht werden können. Dadurch ist eine Reduzierung der Probengröße und somit eine schnellere Filtration möglich. Zusätzlich konnte der Einfluss einer genetischen Modifikation bei einem Lysin-produzierenden Stamm quantifiziert werden.

Kontakt

An-Ping Zeng,
Technische Universität Hamburg
aze@tuhh.de
DOI: 10.1002/cite.202100091

Wir schenken Ihnen 30 % Jubiläumssrabatt auf Ihre Glückwunschanzeige!

FEIERN SIE MIT UNS

30 © fotoform - stock.adobe.com **JAHRE**
CHEManager

WILEY-VCH

Chemie.BW: Golla und Sucher folgen auf Mayer

Die Verbände der chemischen und pharmazeutischen Industrie in Baden-Württemberg, Chemie.BW, werden zukünftig von einer Doppelspitze geführt. Zur Jahresmitte geht der derzeitige Hauptgeschäftsführer, Thomas Mayer, in den Ruhestand. Die Leitung des Arbeitgeberverbandes Chemie Baden-Württemberg (agvChemie) übernimmt ab dem 1. Juli 2022 Björn Sucher. Der Verband der Chemischen Industrie Baden-Württemberg (VCI BW) wird dann von Prof. Dr. Winfried Golla geführt.

Die Doppelspitze für die als Bürogemeinschaft in Baden-Baden ansässigen Verbände Chemie.BW folgt nach der mehr als zehnjährigen Tätigkeit von Mayer. Sucher ist Rechtsanwalt und seit 1999 für den agvChemie tätig, seit 2014 als Geschäftsführer. Golla, Chemiker und Honorarprofessor am KIT in Karlsruhe, arbeitet seit 1998 für den VCI. Er ist seit 2010 Geschäftsführer des Verbandes.

Thomas Mayer war ab 2011 Hauptgeschäftsführer der Verbände. Er hat unter anderem den Neubau der Verbände in Baden-Baden initiiert und



Björn Sucher und Prof. Dr. Winfried Golla, langjährige Geschäftsführer der Verbände Chemie.BW in Baden-Baden, treten zum 1. Juli 2022 als Doppelspitze die Nachfolge von Thomas Mayer an.

die Gründung der Akademie der chemischen und pharmazeutischen Industrie vorangetrieben. Vor der Tätigkeit für Chemie.BW war er Hauptgeschäftsführer des Bundesverbandes Druck und Medien. www.chemie.com

Jochen Trautmann neuer Geschäftsführer bei Rittal

Jochen Trautmann (55) war in den vergangenen 20 Jahren in Top Management-Positionen bei mittelständischen Unternehmensgruppen tätig, zuletzt als CEO der WOMA. Seit dem 1. April 2022 ist der Wirtschaftsingenieur Geschäftsführer von Rittal Automation Systems. Damit baut Rittal seine Maschinenbaukompetenzen als Competence Center für Automatisierungslösungen weiter aus: „Wir freuen uns, dass wir mit Herrn Trautmann einen erfahrenen Top-Manager für Rittal Automation Systems gewonnen haben. Er verfügt über hervorragende Expertise im Auf- und Ausbau globaler Marktdurchdringung mit komplexen Pro-

dukten, insbesondere im amerikanischen und asiatischen Markt“, sagt Markus Asch, Rittal CEO und Vorsitzender der Geschäftsführung des global erfolgreichen Familienunternehmens. Rittal Automation Systems ist im Bereich Automation starker Lösungspartner von Industriekunden im Maschinen-Steuerungs- und Schaltanlagenbau. Zum festen Bestandteil des Portfolios zählen Automatisierungslösungen – vom vollautomatisierten Laser-Bearbeitungszentrum über Drahtkonfektionier-Vollautomaten bis zum Handwerkzeug.

Um Kunden zu unterstützen, ihre Prozesse weiter zu automatisieren, sind seit dem 1. Januar 2022 zwei Unternehmen

Kunststoffherstellerverband mit Wechsel an der Spitze

Ralf Düssel ist neuer Vorsitzender von PlasticsEurope Deutschland. Die Mitgliederversammlung des Verbands der Kunststoffhersteller wählte den Evonik-Manager zum Nachfolger von Michael Zobel. Ralf Düssel verantwortet bei Evonik seit Februar 2018 von Marl aus das globale Geschäft der Hochleistungspolymere. Er studierte Chemieingenieurwesen an der TU München und begann seine berufliche Laufbahn nach der Promotion 1996 bei Degussa in Marl und Hanau. 2001 wurde er Standortleiter bei Degussa Waterford in den USA, ehe er 2005 nach Essen wechselte und vor seiner aktuellen Position mehrere Führungspositionen in verschiedenen Geschäftsfeldern innerhalb des Evonik-Konzerns innehatte. Er ist schon länger Vorstandsmitglied des deutschen Kunststoffherstellerverbands und zudem Mitglied des Steering Boards des paneuropäischen Verbands PlasticsEurope in Brüssel.

Bei PlasticsEurope Deutschland tritt Düssel die Nachfolge von Michael Zobel an, der das Amt seit 2016 bekleidete, aber nach seiner Ernennung zum Geschäftsführer der Lanxess-Tochter



Saltigo im Jahr 2020 nicht mehr im Kunststoffgeschäft tätig ist.

„Unsere Branche befindet sich im Wandel hin zu einer zirkulären und klimaneutralen Industrie. Mit klimafreundlichen Lösungen oder dem Einsatz alternativer Rohstoffe treiben wir diese wichtige Transformation aktiv voran – und das in einem zunehmend volatileren Marktumfeld“, erklärte Düssel nach seiner Wahl. „Fakt ist: Gerade erfolgen die entscheidenden Weichenstellungen für die Zukunft unserer Industrie, und ich freue mich darauf, an vorderster Stelle mit anpacken zu dürfen.“ www.plasticseurope.org



zu Rittal Automation Systems hinzugekommen und bündeln das Know-how zu einem Kompetenzzentrum: die Firma Ehrh Maschinenbau aus Rheinbreitbach

und Alfra aus Hockenheim. Ehrh Maschinenbau ist ein Marktführer für Stanz- und Biegemaschinen, mit denen Flachmaterial wie Stromschienen oder Profile bearbeitet werden. Alfra setzt seit über 100 Jahren Standards in der Produktion von Elektrogeräten und Werkzeugen zur Metallbearbeitung und entwickelt Anwendungslösungen für die Magnet- und Hebeteknik.

„Als Marktführer für Schaltschrank- und Systemtechnik hat Rittal einen hervorragenden Ruf“, sagt Jochen Trautmann: „Ich freue mich, jetzt den Aufbau des Kompetenzzentrums für Automatisierung mit Rittal Automation Systems gestalten zu dürfen.“ www.rittal.com

Christoph Kappenhagen übernimmt Vorstandsvorsitz von ChemCologne

Christoph Kappenhagen, Mitglied der Geschäftsleitung bei Yncoris wurde am 3. Mai 2022 von der Vollversammlung des ChemCologne e. V. zum neuen Vorstandsvorsitzenden des Vereins gewählt. Kappenhagen hat zum Jahresbeginn die Position von Clemens Mittelviehhaus als Mit-

glied der Geschäftsleitung bei Yncoris übernommen. Mittelviehhaus ist zum Jahresende 2021 wie geplant in den Ruhestand getreten und gibt nun auch das Amt des Vorstandsvorsitzenden bei ChemCologne ab. Als stellvertretender Vorsitzender fungiert weiterhin Lars Friedrich, Chempark-Leiter

bei Currenta. Friedrich Überacker, Geschäftsführer beim Arbeitgeberverband Chemie Rheinland, ist weiterhin als Schatzmeister im Amt.

www.chemcologne.de



Was Menschen bewegt, die etwas bewegen

Im Profil: Dr. Karsten Danielmeier, Senior Vice President und Leiter des Bereiches Wachstumsgeschäfte bei der Covestro Deutschland und seit 2022 Präsident der GDCh.

Die berufliche Seite...



Wer oder was hat Sie geprägt?

Zur Chemie gebracht hat mich mein Chemielehrer, dann hatte ich das Glück viele gute Professoren, Kollegen und Vorgesetzte zu haben, von denen man sich viel abschauen konnte. Ich habe viel Feedback bekommen, was mich als Mensch und später als Manager weitergebracht hat.

Was lieben Sie an Ihrem Beruf?

Die Vielseitigkeit, die Mischung aus Technik, Chemie, Menschen und Management machen den Job interessant.

Was war Ihr größter Erfolg?

Die Entwicklung und Vermarktung eines Produktes, das in meinem Team entwickelt, geschützt und auch gegen Widerstände vermarktet wurde. Das Produkt ist heute ein großer Markterfolg.

Was war Ihr größter Misserfolg?

Wenn man in der Innovationswelt unterwegs ist, kommt es zwangsläufig zu Misserfolgen, weil sich Dinge nicht wie vorhergesagt entwickeln. Aber aus jedem dieser Misserfolge kann man lernen und versucht es beim nächsten Mal besser zu machen.

Was vermissen Sie in Ihrem Beruf?

Mehr Zeit zum Nachdenken.

Worauf würden Sie gerne verzichten?

Bürokratie, die aber bis zu einem gewissen Grad notwendig ist.

An welchen Prinzipien orientieren Sie sich?

Der Mensch sollte immer im Vordergrund stehen.

Welche Trends fördern Sie? (Was erhoffen Sie von der Zukunft?)

Wir müssen auf jeden Fall die globale Erwärmung eindämmen und zirkulärer werden. Die Chemie hat dafür eine Menge Pfeile im Köcher und wird eine wichtige Rolle spielen.

Welche Trends möchten Sie aufhalten? (Was befürchten Sie in der Zukunft?)

Furcht vor der Zukunft ist kein guter Lehrmeister.

Was sind Ihre nächsten Pläne?

In der GDCh werden wir basierend auf unseren Leitlinien den Kurs zu mehr Internationalisierung und Digitalisierung fortsetzen. Wir haben eine große Gesellschaft mit einer einzigartigen Mischung aus Academia und Industrie sowie einer großen Tradition auf die wir stolz sind, dennoch müssen wir unser Angebot weiterentwickeln, um relevant zu bleiben.

Lebenslauf von Dr. Karsten Danielmeier

Dr. Karsten Danielmeier ist Senior Vice President und Leiter des Bereiches Wachstumsgeschäfte bei der Covestro Deutschland AG, Leverkusen. Er wurde 1967 in Werl geboren. Nach dem Abitur 1986 am Mariengymnasium Werl und anschließendem Grundwehrdienst studierte er ab 1987 an der Universität Bonn Chemie und trat nach erfolgter Promotion 1995 bei Prof. Eberhard Steckhan 1996 in die Bayer AG in Leverkusen ein, wo er zahlreiche Positionen mit steigender Verantwortung in Leverkusen und Pittsburgh (USA) ausübte. 2015, mit der Ausgliederung von Covestro, wurde er bei Covestro Forschungsleiter für den Geschäftsbereich CAS (Coatings, Adhesives, Specialties), um 2021 den Bereich der Wachstumsgeschäfte zu übernehmen. Seit 2017 unterrichtet er den Kurs „Applied Innovation Management“ an der Universität zu Köln. 2019 veröffentlichte er mit drei Kollegen das Buch *Polyurethanes, Coatings, Adhesives and Sealants*. Er unterstützte über viele Jahre Jugend Forscht als Juror und hatte verschiedene Funktionen in der GDCh inne. Seit 2020 ist er im Vorstand, seit 2022 der Präsident der GDCh.

Die private Seite...



Wie würden Ihre Familie/Ihre Freunde Sie charakterisieren?

Da müssen Sie am besten meine Familie und Freunde fragen.

Was treibt Sie an?

Spaß daran, etwas Neues zu tun, etwas auszuprobieren und Menschen kennenzulernen.

Was gibt Ihnen Kunst/Kultur?

Manchmal Inspiration, manchmal einen guten Diskurs.

Ihr Verhältnis zum Reisen?

Gerne, insbesondere mag ich Reisen in die USA, wo ich viele Jahre gelebt habe. Das Land ist einfach faszinierend.

Womit beschäftigen Sie sich in Ihrer Freizeit?

Vor allem Sport – Mountainbike, Rennrad, Snowbike und Volleyball – am liebsten mit Familie und Freunden.

Was lesen Sie gerade? / Ihr Buchtip:

Tim Marshall – Die Macht der Geographie – Wie sich Weltpolitik anhand von 10 Karten erklären lässt.

Ihre Lieblingsmusik?

Da bin ich vielseitig; von Klassik, über Jazz zu Pop und Rock ist alles in meiner Playlist vertreten. Es hängt von meiner Stimmung ab.

Was wären Sie auch gern geworden?

Lehrer für Mathe und Sport; ein Sportunfall in der Oberstufe und ein sehr guter Chemielehrer haben die Pläne geändert.

Was schätzen Sie an Ihren Freunden?

Sie sind da, wenn ich sie brauche.

Was möchten Sie in Ihrem Ruhestand machen?

Mehr Sport und Reisen. Aber ich denke, ich werde auch in der einen oder anderen Form der Chemie treu bleiben.

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

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202200607>

Kontakt

Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V., Frankfurt
karsten.danielmeier@covestro.com · www.gdch.de



Zeitenwende in der Wirtschaft

Als Unternehmen jetzt den Reset-Knopf drücken

Ukrainekrieg, Corona, Klimawandel, Lieferkettenprobleme – was viele Unternehmen aktuell erleben, ist eine Zeitenwende. Sie müssen ihre Geschäftsmodelle radikal überdenken und zum Teil neu erfinden, denn: Viele alte Wahrheiten gelten nicht mehr. Es bedarf eines „Reset“ bzw. Neustarts auf allen Ebenen.

In den zurückliegenden zwei Jahren mussten viele Unternehmen eine Krise nach der anderen meistern – Krisen, die den Wandel der Wirtschaft massiv beschleunigten:

- **Ende März 2020:** Der erste corona-bedingte Lockdown. Plötzlich wird Digitalisierung für Unternehmen überlebenswichtig. Seitdem nutzen Beschäftigte, Lieferanten, Kunden und Partner neue Tools im Alltag, haben neue Arbeitsweisen erlernt und neue digitale Kenntnisse erworben. McKinsey schätzt, dass durch Corona die digitale Transformation um fünf bis sieben Jahre beschleunigt wurde.
- **Herbst 2021:** In vielen Unternehmen funktioniert der Nachschub nicht mehr, denn die internationalen Lieferketten sind zum Teil bis heute unterbrochen. Tausende von Schiffen voller Waren dümpeln vor den Häfen herum, da diese bereits mit Containern vollgestellt sind, die niemand mehr abtransportiert. Zudem werden die Auswirkungen des Fachkräftemangels deutlicher spürbar als je zuvor.
- **Februar 2022:** Russland greift die Ukraine an. Plötzlich haben der Bau von Windrädern und die Energiewende auch eine sicherheitspolitische Relevanz. Die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern gilt es nicht mehr rein aus klima-, sondern auch aus wirtschaftspolitischen Gründen radikal zu verringern.

Diese Schlaglichter beschreiben die Situation im Jahr 2022. Die Digitalisierung, der Fachkräftemangel und der forcierte Umstieg auf eine klimaneutrale Produktion sind drei Trends, die sich wechselseitig verstärken. Hieraus resultiert ein Turbowandel, der fast alle Branchen erfasst. Bis

2030 – so die Prognose – entsteht zumindest in den Industrienationen eine völlig neue Wirtschaft: digital, weniger abhängig von Fachkräften und klimaneutral. Denn mit einer Optimierung des Bestehenden allein können die Unternehmen in dem radikalen Wandel nicht bestehen. Alles muss auf den Prüfstand: Von A wie der Arbeitsplatzgestaltung bis hin zu Z wie den Zukunftsstrategien, von denen die Unternehmen ihr Handeln leiten lassen.

Unternehmen müssen sich neu erfinden

Bei vielen, insbesondere mittelständischen Unternehmen in der DACH-Region beruhte ihr Erfolg bisher darauf, dass sie in den vergangenen Jahrzehnten das Bestehende immer weiter optimierten. Die Folge: eine weltweite Spitzenqualität. Doch wie das Beispiel solcher, allge-

CITplus: Herr Dr. Meyer, Sie beschreiben im Ihrem neuen Buch den radikalen gesellschaftlichen Wandel weltweit bis 2030. Ist er für die Wirtschaft eine Chance oder eine Gefahr?

Dr. Jens-Uwe Meyer: Beides! Die Unternehmen, die sich nicht verändern, werden dramatisch an Bedeutung verlieren. Diejenigen aber, die die Chancen des beschleunigten Wandels nutzen, werden von den neuen Milliarden-Märkten profitieren, die in den nächsten Jahren entstehen.



Dr. Jens-Uwe Meyer,
Autor und CEO des
Softwareunternehmens
Innolytics

Welchen Chancen sind das genau?

Dr. Meyer: Der Blackrock-CEO Larry Fink brachte das Anfang des Jahres sehr gut auf den Punkt: Die nächsten 1.000 Einhörner, also Unternehmen mit einer Börsenbewertung von mehr als 1 Milliarde Dollar, werden Unternehmen sein, die preiswerte Verfahren entwickeln, um den Klimawandel zu stoppen. Wir dürfen nicht immer nur auf die Gefahren des Wandels schauen und die hohen Kosten beklagen. Wir müssen den Blick auf die Chancen richten.

Geschieht dies zu wenig?

Dr. Meyer: Absolut! Im Bundestagswahlkampf 2021 hoffte ich stets, dass irgendjemand einmal sagt: „Es entsteht gerade ein neuer gigantischer Markt. Wir müssen bei diesen Zukunftstechnologien die Nummer 1 werden.“ Denn, der Wettbewerb um diese Märkte der Zukunft hat längst begonnen.

Das klingt in der Theorie sehr gut. Doch wie soll das in der Praxis funktionieren?

Dr. Meyer: Das beschreibe ich in meinem Buch. Das Bestehende zu optimieren, genügt nicht mehr. Wir müssen in allen Bereichen der Unternehmen – angefangen bei der Produktpalette, über die Lieferketten bis hin zur Zusammenarbeit in der Zukunft – den „Reset“-Knopf drücken. Also, alles auf null stellen und das Unternehmen neu erfinden. Wir brauchen in den Unternehmen Lust auf Veränderung.

Wie soll das gehen, wenn es immer weniger Fachkräfte gibt, die die Arbeit erledigen können?

Dr. Meyer: Genau das meine ich mit Lust auf Veränderung. Wenn ich zum Beispiel keine Fensterbauer mehr finde, die vor Ort beim Kunden

Fenster montieren, muss ich eben neue Fertigungs- und Montageverfahren erfinden: zudem überlegen, ob die Definition der Gewerke im Handwerk überhaupt noch zeitgemäß ist. Gefragt sind digitale Lösungen, durch die Beschäftigte effizienter eingesetzt werden können.

Was für Lösungen sind das?

Dr. Meyer: Beispielsweise Wissensdatenbanken. Einer der größten Zeitfresser in Unternehmen ist das Einarbeiten neuer Beschäftigter; zudem die Rückfragen, die sich durch mangelndes Wissen ergeben. In der Vergangenheit lösten wir dieses Problem, indem es ausreichend hochspezialisierte Fachkräfte gab, die den Kollegen bei Bedarf helfen konnten. Eine Alternative hierzu ist: Deren Know-how in Wissensdatenbanken zum Beispiel in Form von Anleitungsvideos zu hinterlegen, sodass sich geringer qualifizierte Beschäftigte selbst in eine Materie einarbeiten und das Problem lösen können.

Müssen sich nur die Unternehmen neu erfinden oder auch ihre Beschäftigten?

Dr. Meyer: Klare Antwort: auch die Beschäftigten. Was nützt die beste Unternehmensstrategie, was nützen die besten Führungskonzepte, wenn die Beschäftigten die Begeisterung für den Wandel nicht mittragen, sondern sich eher durch das Neue belästigt fühlen? Es braucht zwei Dinge: Einerseits Weiterbildungskonzepte, die den Beschäftigten sehr schnell neues Know-how vermitteln, und andererseits Beschäftigte, die diese Angebote wahrnehmen und sich proaktiv die Kompetenzen aneignen, die sie künftig brauchen.

Sägen Angestellte, die dies tun, nicht selbst an dem Ast, auf dem sie sitzen?

Dr. Meyer: Nein, im Gegenteil. In Zeiten der Veränderung suchen Unternehmen geradezu händeringend nach Beschäftigten, die den Wandel aktiv mitgestalten. Deshalb sägen Mitarbeiter, die an dem Wandel mitwirken, zwar vielleicht an dem kleinen Ast, auf dem sie zurzeit sitzen, doch direkt darunter ist ein dicker Ast, der sie auffängt und auch in den nächsten Jahren noch stabil trägt.

mein bekannter Unternehmen wie Siemens zeigt, genügt das für die Märkte der Zukunft nicht mehr. Über Jahrzehnte baute Siemens z.B. das nötige Know-how auf, um weltweit die besten Gasturbinen zu entwickeln und zu produzieren. Doch wie zukunftsfähig sind diese Anlagen noch? Längst wird in dieser Sparte Personal abgebaut. Zugleich befindet sich der Konzern in einer radikalen Transformation – weg vom Ausrüster, hin zum Softwareunternehmen.

Ein weiteres Beispiel: Der Erfolg von Microsoft beruht darauf, dass sich das Unternehmen – anders als IBM – in den vergangenen Jahren immer wieder neu, erfolgreich erfand. Vergessen sind solche Flops wie

- die Suchmaschine Bing,
- der Versuch, den mobilen Markt mit einem eigenen Betriebssystem zu erobern, und

- das Betriebssystem Windows Vista, das bis heute als eine der größten Pleiten der Firmengeschichte gilt.

Microsoft hat es geschafft,

- Fehlschläge zu verkraften,
- die richtigen Lehren daraus zu ziehen und
- die eigene Rolle immer wieder neu definieren.

Mit dem Clouddienst Azure und Microsoft Teams gehört das Unternehmen jetzt zu den Vorreitern der digitalen Ökonomie. Auch Netflix erfand sich immer wieder neu: Aus dem DVD-Verleiher wurde ein Streamingdienst.

Es gibt zahlreiche Beispiele von Unternehmen, die eine solche Transformation bzw. Metamorphose durchliefen oder sich gerade in dem Pro-

zess befinden, sich neu auf die Märkte von morgen aufzurichten. Dies ist, sofern die Bereitschaft hierzu besteht, möglich, denn trotz aller Unsicherheiten haben die zentralen bzw. fundamentalen Veränderungen eine klare Richtung: Die Wirtschaft im Jahr 2030, die wir heute schon am Horizont sehen, wird weitgehend digital, grün bzw. umwelt- und klimaschonend und automatisiert sein.

Erforderlich: Ein Reset auf vier Ebenen

Um in diesem Umfeld noch ein relevanter und somit erfolgreicher Player zu sein, benötigen die Unternehmen einen „Reset“ auf vier Ebenen:

- einen Reset der Unternehmensstrategie,
- einen Reset der Organisation,
- einen Reset des Führungsverständnisses und
- einen Reset im Mindset der Beschäftigten.



Reset – Wie sich Unternehmen und Organisationen neu erfinden

Dr. Jens-Uwe Meyer ist vierzehnfacher Buchautor zum Themenkomplex Digitalisierung und Innovation. Er ist CEO der Innolytics AG, Leipzig, und ein gefragter Vortragsredner. Er gilt als einer der führenden Experten für Digitalisierung und Innovation im deutschsprachigen Raum. Sein neues Buch „Reset – Wie sich Unternehmen und Organisationen neu erfinden“ ist im April 2022 im Verlag Business Village erschienen.

Diese vier Ebenen sind untrennbar miteinander verknüpft, denn: Was hilft die visionärste Strategie, wenn die Unternehmensstrukturen im Alten verharren, die Führungskräfte nicht mitziehen und die Beschäftigten sich nicht weiterentwickeln?

Doch was bedeutet es eigentlich, einen Reset zu vollziehen, eigentlich? Das Unternehmen muss alles, was es bisher dachte und tat, hinterfragen, in kleine Puzzleteile zu zerlegen und sich zu fragen: Wie lassen sich diese zu einem neuen, erfolgversprechenden Gesamtbild zusammenfügen? Den „Reset-Knopf“ drücken, heißt also, gedanklich alles auf null zu stellen und sich beispielsweise zu fragen:

- Welche unserer (Kern-)Kompetenzen sind künftig noch relevant bzw. welche neuen könnten wir entwickeln?

- Welche Produkte werden mittel- und langfristig (noch) nachgefragt? Wie könnte unser neues Produktportfolio aussehen?
- Wie müssen wir künftig – auch mit externen Dienstleistern wie Lieferanten – zusammenarbeiten? Welche neuen brauchen wir?
- Wie können wir als Organisation optimal auf die radikal veränderten Kundenbedürfnisse, wirtschaftlichen Rahmenbedingungen reagieren?
- Wie können wir die aus dem Wandel resultierenden Chancen bestmöglich nutzen?

Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:
<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202200608>

Gerade mit der letzten Frage gilt es, sich intensiv zu befassen, denn: Aus jeder Veränderung erwachen auch neue Bedürfnisse und somit Märkte.

Durch den Wandel entstehen Billionen-Märkte

Deshalb ist die These nicht gewagt, dass weltweit gerade Billionen-Märkte entstehen – z.B. für Unternehmen, die innovative Produkte und Dienstleistungen im Bereich der Nachhaltigkeit entwickeln. Das eröffnet Unternehmen, die sich neu erfinden, die Chance, künftig viel stärker zu wachsen als solche, die nur über die aktuellen Probleme bzw. Herausforderungen klagen. Niemand brachte das in diesem Jahr so gut auf den Punkt wie Larry Fink, der CEO des weltweit größten Vermögensverwalters BlackRock. In seinem jährlichen Brief an die Unternehmenschefs der Welt schrieb er: „Wir setzen auf Nachhaltigkeit. Nicht weil wir Umweltschützer sind, sondern weil wir Kapitalisten sind.“

Diese Aufbruchsstimmung in neue Märkte, Begeisterung für den Wandel und Betrachtung der angestrebten Nachhaltigkeit als wirtschaftliche Chance, müssen die Entscheider in den Führungsetagen der Wirtschaft, aber auch Politik entwickeln und zeigen. Dann können sie den Wandel hin zu einer digitalisierten, weitgehend automatisierten und nachhaltigen Wirtschaft aktiv gestalten und dafür sorgen, dass ihr Unternehmen zu den Gewinnern dieses Transformationsprozesses zählt.

Der Autor

Dr. Jens-Uwe Meyer,

Autor und CEO des Softwareunternehmens Innolytics

CIT_{plus} [IN SIGHT]

Der monatliche Themen-Newsletter für die Prozessindustrie.

Wir freuen uns über Ihre Teilnahme.

Kontakte Mediaplanung:

Stefan Schwartze
+49 6201 606 491
sschwartz@wiley.com

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

Kontakt Redaktionsplanung:

Dr. Etwina Gandert
+49 6201 606 768
egandert@wiley.com

WILEY-VCH

Registrieren Sie sich hier:

<https://www.chemanager-online.com/citplus/newsletter>



Juni 2022			
Workshop „Sensorik für die Digitalisierung chemischer Produktionsanlagen“	13. Juni	Frankfurt am Main	Dechema, kurse@dechema.de, www.dechema-dfi.de
GLP-Intensivtraining mit QS-Übungsaufgaben: Methodenvalidierung und Gerätequalifizierung unter GLP (Gute Laborpraxis) – mit Praxisteil	13.–27. Juni (immer montags)	online	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de, www.gdch.de
Zustandsorientierte Instandhaltung	15. Juni	online	VDI-GVC, Regionalgruppe Nord, www.vdi.de, sven.reher@ingredion.com
Beläge und Korrosion – Feuerung und Kessel – in Großfeuerungsanlagen	21.–22. Juni	Regensburg	VDI-Wissensforum, www.vdi-wissensforum.de/06KO005, wissensforum@vdi.de
Lebensmittel & Recht – was gibt's Neues?	21.–22. Juni	online	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de, www.gdch.de
Analytica	21.–24. Juni	München	www.analytica.de
Solids	22.–23. Juni	Dortmund	www.solids-dortmund.de
Pumps & Valves	22.–23. Juni	Dortmund	ww.pumpsvalves-dortmund.de
ReziProK Transferkonferenz	23.–24. Juni	Berlin	Dechema, https://innovative-produktkreislaeufe.de
Aufgaben und Verantwortung des Labormanagements	27.–28. Juni	Frankfurt am Main	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de, www.gdch.de
55. Jahrestreffen Deutscher Katalytiker	27.–29. Juni	Weimar	Dechema, simone.kinkel@dechema.de
Dataming in der Instandhaltung	28. Juni	online	VDI-GVC, Regionalgruppe Rhein-Main-Neckar, manfred.dammann@bilfinger.com
Der SIL-Tag	29. Juni	Frankfurt am Main	Dechema, kurse@dechema.de, www.dechema-dfi.de
Bewertung von Labor-Messdaten bei Sachentscheidungen in Wirtschaft und Politik	30. Juni	Frankfurt am Main	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de, www.gdch.de
Juli 2022			
Sicherheitstechnik in der Chemischen Industrie	4.–6. Juli	Frankfurt am Main	Dechema, kurse@dechema.de, www.dechema-dfi.de
August 2022			
Achema	22.–26. Aug.	Frankfurt am Main	Dechema Ausstellungsgesellschaft, www.achema.de
September 2022			
Tenside – Waschmittel, Kosmetik, techn. Anwendungen	12.–13. Sep.	Essen	GDCh, fb@gdch.de, www.gdch.de
GLP-Intensivtraining mit QS-Übungsaufgaben: Methodenvalidierung und Gerätequalifizierung unter GLP	12.–14. Sep.	online	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de, www.gdch.de
Funktionale Sicherheit in Europa unter Bezug auf Safety Integrity Level und Performance Level	16. Sep.	Fulda	Jumo, Fulda, http://campus.jumo.info
Grundlagen der Massenspektrometrie: Messtechnik und Interpretation von Massenspektren	19.–21. Sep.	Köln	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de, www.gdch.de
Patente in der Praxis: Chancen und Risiken sowie Tipps und Tricks	20. Sep.	Frankfurt am Main	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de, www.gdch.de
Rheologische Charakterisierung von Emulsionen und Suspensionen	26.–27. Sep.	Nürnberg	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de, www.gdch.de
Powtech	27.–29. Sep.	Nürnberg	www.powtech.de
Grundlagen der praktischen NMR-Spektroskopie für technische Beschäftigte	27.–29. Sep.	Mainz	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de, www.gdch.de
Neue analytische Methoden und rechtliche Vorgaben in der Pestizidanalytik	27. Sep.	Frankfurt am Main	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de, www.gdch.de

Globaler Treffpunkt für die Prozessindustrie

Achema 2022: wieder vor Ort in Frankfurt

Nach der Achema Pulse 2021 meldet sich die Achema 2022 zurück in Frankfurt: Vom 22. bis zum 26. August 2022 ist das Frankfurter Messegelände erneut Treffpunkt der weltweiten Prozessindustrie. In Pandemiezeiten sorgt ein angemessenes Hygienekonzept dafür, dass der persönliche Austausch und das Networking vor Ort wieder sicher möglich sind.

Zukunftsweisende Technik und weltweites Networking prägen auch im Jahr 2022 die Weltleitmesse. So präsentieren Hersteller und Dienstleister aus fast 50 Nationen Produkte für Chemie, Pharma, Biotechnologie, Energie und Umwelt. Gründer und Jungunternehmer treffen sich in der Start-up Area. „Nach zweijähriger Durststrecke ist der Bedarf an einem intensiven fachlichen und persönlichen Austausch mit Händen zu greifen“, so Dr. Thomas Scheuring, Geschäftsführer der Dechema Ausstellungs-Gesellschaft. Mit den Fokusthemen „The Digital Lab“, „Product and Process Security“ und „Modular and Connected Production“ greift die Achema 2022 die Themen auf, die der Prozessindustrie unter den Nägeln brennen.

Das digitale Labor der Zukunft

In den Laboratorien in Industrie und Forschung finden sich immer mehr IoT-Geräte. Roboter, die dem Personal monotone Aufgaben wie serielles Pipettieren abnehmen, sind schon Stand der Technik. Das voll vernetzte Labor mit smarten, digitalen Abläufen liegt jedoch meist noch in weiter Ferne. Um das zu erreichen, sind mindestens eine leistungsfähige IT-Umgebung und digital voll integrierte Geräte erforderlich; es kann auch so weit gehen, dass die Architektur des Laborraums geändert werden muss. Forschungs- und Entwicklungslabors verfolgen vielleicht ganz unterschiedliche Ansätze als Qualitätssicherungslabors. Ein modularer Aufbau ist daher für das Labor ebenso wünschenswert wie für Produktionsanlagen. Beide Labortypen generieren eine große Datenmenge, deren Analyse einen Big-Data-Ansatz erfordert.

Produkt- und Prozesssicherheit

In Betrieb und Produktion tauchen immer mehr Internet-of-Things (IoT) Geräte auf. Mit jedem Ventil mit IT-Schnittstelle und mit jeder „intelligenten“ Pumpe, die Daten in die Cloud sendet, rücken IT- und Cybersicherheit nach oben auf der Liste der Dinge, über die man sich Gedanken machen sollte. Während das Thema Arbeits-





sicherheit gut etabliert ist und die Zahl der Unfälle mit Personenschäden stetig abnimmt, nehmen Cyberangriffe immer weiter zu. Industrie 4.0 und das Internet der Dinge führen dazu, dass Unternehmen darüber nachdenken, wie die Schnittstellen zwischen der physischen und der virtuellen Welt sicher zu gestalten sind. Schwachstellen zu identifizieren, zu bewerten und zu beheben ist der erste Schritt hin zu sicheren Prozessen und Produkten. Auch die gesamte Wertschöpfungskette muss abgedeckt werden, angefangen bei der Beschaffung von Rohstoffen bis hin zum Recycling von Produkten am Ende ihrer Lebensdauer.

Modulare und vernetzte Produktion

Herstellungsprozesse in der chemischen und pharmazeutischen Industrie müssen flexibel, schnell und kostengünstig sein. Dies gelingt am besten mit modularen Skids, die vorgefertigt und getestet werden und dann vor Ort in der Produktion montiert werden können. Skids werden mit einer eigenen Steuerung geliefert oder können in ein übergeordnetes Prozessleitsystem integriert werden. Derzeit arbeitet die Automatisierungsbranche an einer offenen Standardschnittstelle; solch ein Module Type Package (MTP) ist die Voraussetzung für echte Interoperabilität.

Modulare Anlagen sind der Schlüssel, um die Bedürfnisse der Kunden nach kleinen Chargen unterschiedlicher Produkte zu befriedigen. Sie ermöglichen eine mühelose Anpassung des Anlagendesigns an Anforderungen, die sich ständig ändern und erlauben auch den Wechsel von der batch- zur kontinuierlichen Produktion.

Neben diesen drei Fokusthemen rücken auch die Megatrends Digitalisierung und Klimaneutralität mit dem „Digital Hub“ und der „Green Innovation Zone“ noch stärker in den Fokus der Achema.

Engere Verzahnung zwischen Ausstellung und Kongressprogramm:

Die Achema 2022 integriert erstmals auch den Kongress vollständig ins Messegeschehen: Alle Vortragsessions finden entweder auf Bühnen direkt in den Ausstellungshallen oder in unmittelbarer Nähe zu den Ausstellungsgruppen statt. Neu im Kongress sind zudem fünf statt bisher drei Thementage. So bleibt keines der Themen, das die Prozessindustrie umtreibt, außen vor. Eines der wichtigsten Themen – wie gelingt der Wandel zur klimaneutralen chemischen Industrie – greift die Eröffnungsveranstaltung (22. August), mit prominenten Keynote-Speakern auf.

Fünf statt bisher drei Thementage

Am Montag (22. August) macht das Thema „Hydrogen Economy“ den Auftakt: Wasserstoff wird eine zentrale Rolle in der Transformation der Prozessindustrie, des Transportsektors und des Energiesystems hin zu einer künftigen Klimaneutralität spielen. Wie sich in Zukunft weiteres Potenzial heben lässt, steht im Mittelpunkt des ersten Thementages.

Die Produktion ohne den Einsatz fossiler Rohstoffe ist ein wichtiges und ehrgeiziges Ziel, um Treibhausgasemissionen in der Prozessindustrie zu verringern. Die Idee einer fossilfreien Produktion ist zwar einfach, birgt jedoch viele unbeantwortete Fragen. Diesen geht der Thementag „Fossil Free Production“ am Dienstag (23. August) nach.

Das Fokusthema „The Digital Lab“ greift der Thementag am Mittwoch (24. August) mit dem Schwerpunkt „Perspectives in Laboratory & Analytics“ auf: Die Highlight-Session und der Kongress ergänzen den Besuch auf der Ausstellungstagung zu diesem Thema.

Das Dauerbrennerthema „Digitalisation in Process Industry“ findet sich zum einen in der neuen Ausstellungsgruppe „Digital Hub“ (Halle 12.1), aber auch als Schwerpunkt auf der Agenda des Kongressprogramms am Donnerstag (25. August). Hier steht die Frage im Fokus, wie die Produktion mit modularen Anlagen schneller, flexibler und kundenspezifischer werden kann.

Der letzte Kongresstag am Freitag (26. August) steht unter dem Themenfokus „Novel Bioprocesses and Technologies“: Neue Biopharmazeutika, biobasierte Feinchemikalien oder biotechnologisches Recycling – sie alle erfordern neue (Produktions-)Verfahren.

Kongress mit mehr als 115 Sessions

Beim Kongress treffen sich Forscher, Entwickler und Anwender, um über die neusten technischen Entwicklungen und Lösungen für die aktuellen Herausforderungen der Prozessindustrie zu diskutieren. Insgesamt wartet der Kongress mit mehr als 115 Sessions auf. Während es in den Kongress-Sessions um anwendungsnahe Forschung und Entwicklung vom Proof-of-Concept bis an die Schwelle zum Markteintritt geht, legen die Praxisforen in kurzen Präsentationen den Schwerpunkt auf aktuelle Fragestellungen aus der Produktion, Best Practices und Ready-to-use-Technologien – die Anwendung immer im Blick. Gemeinsam mit der Ausstellung und der im Jahr 2022 engeren Verzahnung bietet die Achema die volle 360-Grad-Perspektive auf alle Trends und Technologien der Prozessindustrie.

Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:
<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202200610>

Kontakt

DECHEMA Ausstellungs-GmbH, Frankfurt am Main
 Tel.: +49 69 7564 - 100
 exhibition@dechema.de · www.achema.de



Professionelle Containerentleerung

IBCs sind wohl die am häufigsten genutzten Transport- und Lagerbehälter in der Industrie.

Lutz hat es sich zur Aufgabe gemacht genau diese sicher zu entleeren. Mit speziell für Container konzipierten Pumpen bieten wir individuelle Lösungen!

Nähere Informationen finden Sie hier:
www.lutz-pumpen.de/ibc



Großfermenter während der Montage – Einbau eines modernen Rührsystems bei dem französischen Behälterbauer Ziemex.

Zukunft Zirkularwirtschaft

Rührtechnische Herausforderungen für die Herstellung von biobasierten Kunststoffen



Dr. Bernd Nienhaus,
Ekato Rühr- und
Mischtechnik



Dr. Klaus Gezork,
Ekato Rühr- und
Mischtechnik

Die politischen Entwicklungen der letzten Jahre und Monate haben es gezeigt: Die Prozessindustrie ist gut beraten, sich in zunehmendem Maße unabhängig von fossilen Rohstoffen zu machen. Und dies gilt nicht nur für die Nutzung fossiler Grundstoffe als Energieträger. Rohöl und Erdgas stellen nach wie vor die dominierende Basis für die chemische Grundstoff-erzeugung dar. Damit sind sie auch das Ausgangsprodukt für die meisten Polymere und Polymererzeugnisse auf dem Markt. Werden Kunststoffe auf regenerativer Basis hergestellt, so ist neben der Unabhängigkeit von fossilen Produkten auch die Klima- und Umweltbilanz signifikant besser.

Knapp 12 Mio. t Kunststoffe werden jährlich in Deutschland verbraucht – umgerechnet 140 kg pro Bundesbürger. Rund ein Drittel davon entfällt auf Verpackungen wie Folien, Tragetaschen und Becher im Haushalt. Viele dieser Verpackungen werden oft nur einmal genutzt. Anschließend sind sie Abfall, der teilweise schwer recycelt werden kann, stattdessen in die Verbrennung geht

und so zum Ausstoß von fossil basierendem Kohlendioxid beiträgt.

Mit dem Einsatz von Kunststoffen aus nachwachsenden Rohstoffen kann der „Carbon Footprint“ deutlich reduziert werden. Jedoch betrug der Marktanteil der biobasierten Alternativen im Jahr 2020 mit etwa 4,2 Mio. t nur etwa 1 % des weltweiten Produktionsvolumens der auf her-

kömmlichem, petrochemischem Wege hergestellten Kunststoffe. Die Produktion biobasierter Polymere ist seither jedoch stark gewachsen, was natürlich auch direkt mit der Ölpreisentwicklung korreliert.

Es haben sich verschiedene Hersteller auf dem Markt etabliert, die Anwendungsbreite der alternativen Produkte ist mittlerweile beachtlich.

Viele Verpackungen, Spielzeug, Sportartikel oder auch Gehäuse von Elektrogeräten sind bereits aus biobasierten Kunststoffen herstellbar und werden in nicht allzu ferner Zukunft Marktreife erlangen.

Daneben etabliert sich zunehmend ein Markt für rezyklierte Polymere. Die Hauptschwierigkeit bei der Wiederverwertung von Kunststoffen liegt darin begründet, dass diese nicht sortenrein sondern als Werkstoffgemische vorliegen, bspw. als mehrlagige Folien aus unterschiedlichen Polymeren. Dazu kommen vielfach noch Farbstoffe, Stabilisatoren und andere Additive. Neben dem mechanischen Recycling werden daher auch neue Verfahren zum chemischen Kunststoffrecycling entwickelt, die die Polymerverbände aufbrechen,

Entstehung eines neuen Marktes – Biobasierte Kunststoffe

Die Entwicklung von Prozessen zur Herstellung von Grundstoffen für die chemische Industrie

unter Verwendung von Biomasse verfolgt im Wesentlichen drei Ziele:

- Nutzung nachwachsender Rohstoffe, um Treibhausgasemissionen zu reduzieren und den Klimawandel zu bekämpfen,
- Entwicklung einer „nachhaltigen“ Kreislaufwirtschaft,
- Reduktion der Abhängigkeit des Chemiesektors von fossilen Rohstoffen (Rohöl, Erdgas, usw.).

Obwohl sich der Markt für biobasierte Produkte noch vergleichsweise klein ist, erfreut er sich aktuell eines starken Wachstums, das angetrieben wird von:

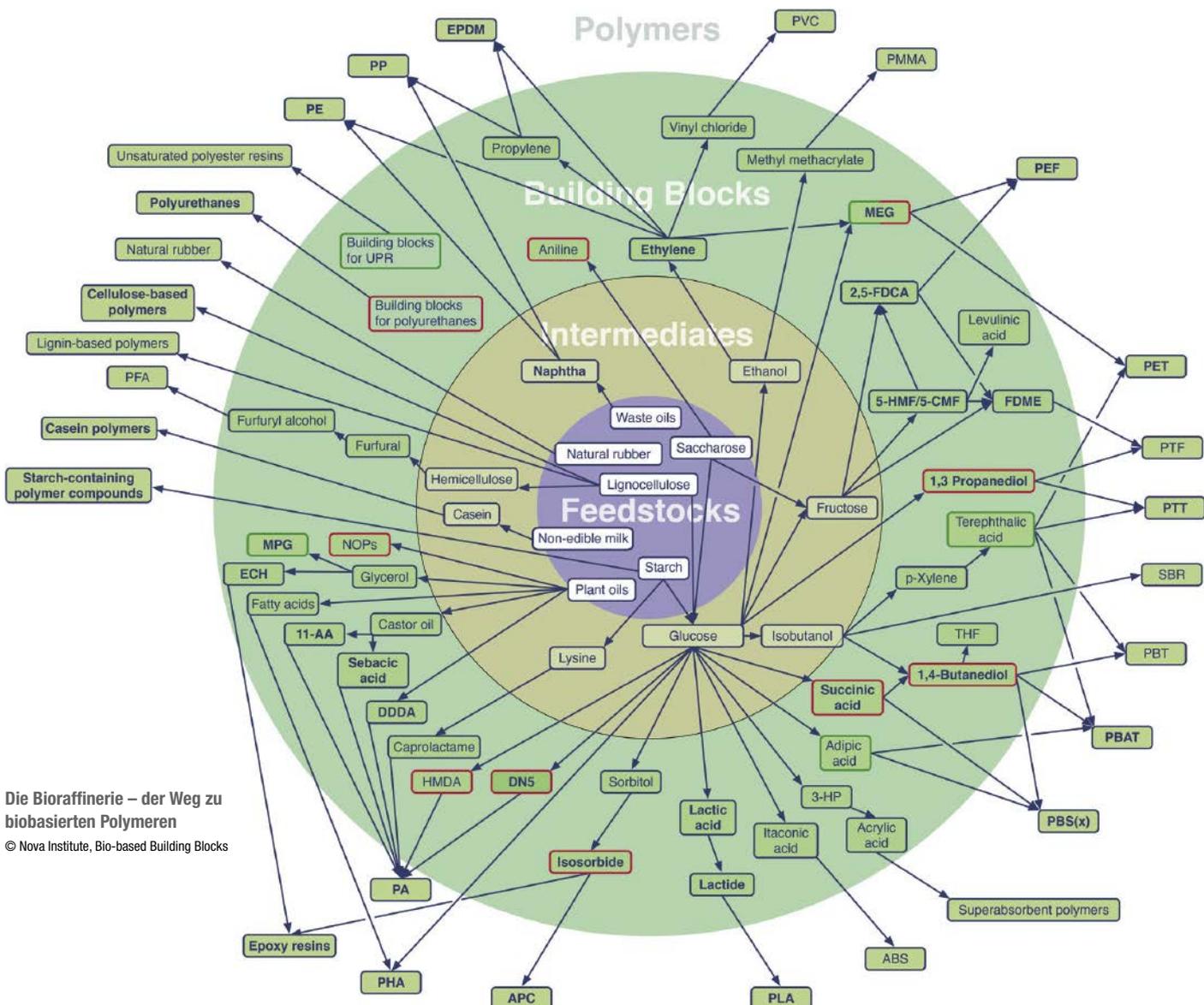
- steigendem Interesse der Verbraucher an nachhaltigeren Konsumgütern,
- verstärkten Bemühungen der Industrie und Markenartikler, biobasiertes Verpackungsmaterial anzubieten,
- einem potenziellen Versorgungsdefizit bei Olefinen (insbesondere Propylen und Buta-

dien) und einigen stark nachgefragten Aromaten (Benzol) zu begegnen, was den Rückgriff auf neue Rohstoffe und neue Produktionsverfahren fördert.

Die Produktion wichtiger olefinbasierter und sauerstoffhaltiger Zwischenprodukte (Polyole, Disäuren) und Polymere aus Lignocellulose-Biomasse ist im Gange. So werden bspw. Bioethylen und seine Derivate (insbesondere Monoethylenglykol), Milch- und Polymilchsäure, 1,4-Butandiol, Bernsteinsäure und Isobutanol, die den Zugang zu zahlreichen biobasierten Derivaten bieten, bereits im kommerziellen Maßstab hergestellt.

Die Herausforderungen für den großtechnischen Einsatz biobasierter Chemie betreffen:

- Produktionskosten im Vergleich zu erdölbasierten Verfahren,
- Zugang zu regenerierbaren Ressourcen,
- Entwicklung einer sicheren Rohstoffversorgung,



Die Bioraffinerie – der Weg zu biobasierten Polymeren
© Nova Institute, Bio-based Building Blocks

TITELSTORY

- den Bau von Bi Raffinerien unter Ausnutzung von Synergien zwischen verschiedenen Biomasseumwandlungen, bspw. zwischen der Biokraftstoffproduktion und Bioprodukten,
- das Design neuer, biobasierter Produkte.

Der Markt bleibt dabei stark abhängig von wichtigen wirtschaftlichen und politischen Faktoren:

- Ölpreisänderungen, die wahrscheinlich den Einsatz von Produktionskapazitäten für biobasierte Zwischenprodukte fördern oder nicht;
- das Fehlen oder umgekehrt die Einführung öffentlicher und regulatorischer Anreize.

Prozessketten zur Herstellung biobasierter Polymere – die Bi Raffinerie

Als Alternative zu den klassischen petrochemischen Verfahren, meist basierend auf Naphtha oder Erdgas, entwickelt sich die sogenannte Bi Raffinerie. Die ursprünglichen Prozesse der Bi Raffinerie basierten überwiegend auf Zucker als Ausgangsprodukt – und standen somit im Wettbewerb zur Nahrungs- und Futtermittelerzeugung. Modernere Prozesse, sogenannte Bioprozesse der zweiten Generation, zielen darauf ab, nahezu alle Bestandteile von regenerativen Rohstoffen, also möglichst viele oder gar alle Pflanzenbestandteile zu verwerten.

Der analoge Gedanke liegt seit Jahrzehnten den Ö Raffinerien zugrunde, weshalb sich das Grundkonzept der Bi Raffinerie an den etablierten chemischen Abläufen der Petrochemie orientiert. Im ersten Schritt einer Bi Raffinerie wird die Biomasse einer physikalischen Stofftrennung unterworfen. Die Haupt- und Nebenprodukte werden dann mikrobiologischen und/oder che-



Hocheffiziente Rührorgane für aerobe Fermenter (links Ekato Phasejet, rechts Ekato Combijet).

mischen Umwandlungsreaktionen sowie thermischen Prozessen ausgesetzt.

Als Beispiel kann man eine Bi Raffinerie auf Basis von Lignocellulose betrachten. Diese setzt als Ausgangsprodukt naturtrockene Rohstoffe wie Stroh, Gras, Waldrestholz oder auch Cellulose-haltige Abfälle aus der Papierindustrie ein. Auf dieser Basis erzeugt man Produkte in drei verschiedenen Linien: In der Lignin-Linie können Klebstoffe, Bindemittel, Brennstoffe oder Chemieprodukte hergestellt werden. In der Hemicellulose-Linie können Verdickungsmittel und Folgeprodukte der Xylose, bspw. Nylon, produziert werden. Und in der Cellulose-Linie werden aus Glucose Fermentationsprodukte wie Ethanol oder Milchsäure gewonnen, aus der Polymilchsäure (PLA) hergestellt werden kann.

Herstellung und Reinigung biobasierter Monomere

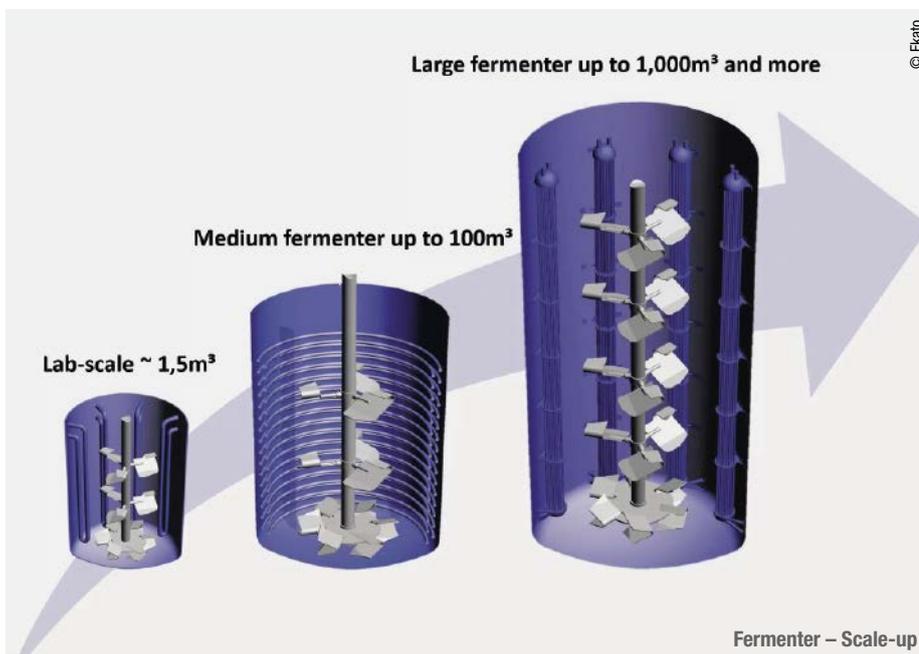
Eine herausragende Rolle bei der Herstellung biobasierter Plattformchemikalien oder Monomere spielt die aerobe Fermentation. Dabei ist der gerührte Großfermenter eine hocheffiziente Prozesslösung, insbesondere im Hinblick auf Stofftransport, Wärmeübergang und die dadurch erreichbare Ausbeute und Produktqualität. Im Anschluss an die Herstellung dieser biobasierten Monomere werden diese aufgereinigt, was häufig in einem Kristallisationsschritt passiert. Am Ende steht die Polymerisation oder Polykondensation zum biobasierten Polymer.

In allen Prozessschritten ist eine effiziente Prozess- und Rührtechnik der Schlüssel zum Erfolg. Will man das Verfahren dauerhaft etablieren, so sollte bereits in frühen Entwicklungsphasen auf die Skalierbarkeit des Prozesses geachtet werden.

Fermentation – Scale-Up und Engineering des Großfermenters

Die Neuentwicklung einer industriellen Fermentation beginnt üblicherweise mit Labor- oder Pilotuntersuchungen – häufig bereits in Anlehnung an bestehende Prozesse im kleinen Produktionsmaßstab. Eine besondere Herausforderung ist das Scale-up des Pilotprozesses in den Produktionsmaßstab. Es gilt, viele Prozessparameter wie z.B. Gelöstsauerstoff- und Nährstoffkonzentration sowie Temperatur und pH-Wert in relativ engen Grenzen in einen Großfermenter zu skalieren. Dazu müssen die signifikanten Prozessparameter identifiziert und ihr Einfluss bei der Maßstabsvergrößerung berücksichtigt werden. Je besser der Prozess verstanden ist, umso leichter und schneller gelingt diese Aufgabe.

Im Großfermenter ist das Zusammenspiel zwischen Rühr-, Begasungs- und Feedsystem sowie der Wärmetauscher entscheidend für den



Prozesserfolg. Grundlage dafür ist eine relevante Datenbasis aus dem Pilotmaßstab. Es empfiehlt sich eine frühzeitige Einbindung des Rührwerks Herstellers, um ein zuverlässiges Scale-up zu gewährleisten.

Fermentation – effiziente Begasungs- und Rührsysteme

Moderne, effiziente Rührorgane für einen aeroben Fermenter sind z.B. Ekato-Phasejet und Ekato-Combijet. Mit diesen Rührorganen lässt sich im Fermenter ein hoher Stofftransport Gas-Flüssig realisieren. Besondere Vorteile dieses Rührsystems sind:

- minimaler Leistungsverlust unter Begasung, somit
- effizientere Rührwerke mit weniger Motorleistung, somit
- geringerer Strom- und Energieverbrauch;
- hohe Flutgrenze, somit
- hohe Begasungsraten realisierbar
- mit sehr unterschiedlichen Begasungssystemen kombinierbar,
- mit sehr unterschiedlichen Wärmetauschern kombinierbar.

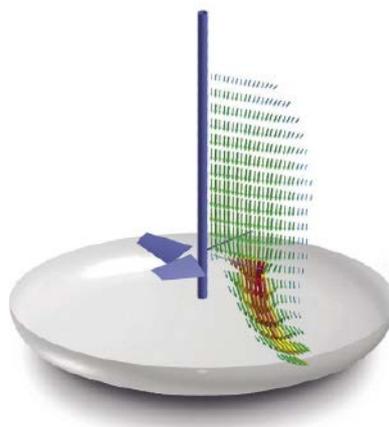
Auch das mechanische Design der Fermentationsreaktoren im industriellen Maßstab spielt eine Schlüsselrolle für den zuverlässigen Anlagenbetrieb. Da Großfermenter häufig nur bei geringem Druck betrieben werden sind die Wände recht dünn. Umso wichtiger ist ein zuverlässiges Fermenterdesign, insbesondere im Hinblick auf Vibrations- und Resonanzphänomene, um einen sicheren Betrieb der Anlage zu gewährleisten. Hier helfen moderne numerische Methoden wie z.B. die Finite-Elemente-Analyse (FEA), mit deren Hilfe Maßnahmen zum stabilen und vibrationsarmen Design von gerührten Großfermentern ableitbar sind.

Aufarbeitung und Herstellung von biobasierten Polymeren

Die biobasierten Monomere – wie etwa Milchsäure/Lactide oder Bernsteinsäure – liegen nach Fermentation meist noch nicht so vor, wie sie für die Polymerisation benötigt werden. Eine Aufreinigung der Monomere erfolgt häufig mittels Kristallisation.

Ein großer Vorteil der Kristallisation als thermischer Trennprozess liegt in der Tatsache begründet, dass in der Regel keine sehr hohen Temperaturen oder Drücke benötigt werden. Darüber hinaus ist bereits mit einer Trennstufe eine sehr hohe Produktreinheit erreichbar.

Auch in der Batchkristallisation spielt die Auswahl des Rührsystems eine entscheidende Rolle. Neben dem zuverlässigen Suspendieren der entstehenden Kristallmasse ist hier auf ein kristallschonendes, sprich scherarmes Rühren zu achten. Durch zu hohen Energie- bzw. Leistungseintrag erhält man oft sehr breite



Laborkristaller mit dem Ekato-Viscoprop, das effiziente Suspendier-Rührorgan.

© Ekato

Kristallgrößenverteilungen – dies verursacht Schwierigkeiten in der Weiterverarbeitung – etwa Fest-Flüssig Trennung oder während der Trocknung. Sehr hohe Chargenzeiten und nicht reproduzierbare Batches gefährden in der Konsequenz die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens.

Wählt man effiziente Rührsysteme – z.B. auf der Basis eines Ekato-Viscoprop oder Ekato-Isojet – so kann der Leistungseintrag für den jeweiligen Suspendierzustand minimiert werden. Im gleichen Zuge wird die Belastung der Kristalle reduziert und die Produkt- und Kornqualität verbessert.

Die dann folgenden Polymerisations- oder Polykondensationsschritte der biobasierten Produkte werden ebenfalls überwiegend im gerührten Reaktor vollzogen. Rührsysteme werden je nach Prozessaufgabe ausgewählt und werden je nach Polymerisation in Masse, Lösung, Suspension oder Emulsion – den prozessspezifischen Rühraufgaben effizient angepasst.

Zusammenfassung

Die Entwicklung und Etablierung biobasierter Prozessalternativen stellt eine ganz besondere Herausforderung an die Prozessindustrie dar. Teilweise müssen Prozesse auf alternative Ausgangsprodukte umgestellt werden, teilweise werden Prozesse zur Herstellung neuer Plattformchemikalien komplett neu entwickelt. Aufgrund der regenerativen Ausgangsbasis geschieht dies zurzeit überwiegend im Bereich der Fermentation.

Einige biobasierte Polymererzeugnisse wie z.B. Polymilchsäure (PLA) oder auch andere Polyester haben bereits Marktreife erlangt oder befinden sich bereits auf der Zielgeraden der Prozessentwicklung. Um die Unabhängigkeit von

fossilen Ausgangsprodukten zu fördern – und natürlich, um die anspruchsvollen Klimaziele zu erreichen – werden in den kommenden Jahren sehr viele biobasierte Produkte und deren Herstellungsprozesse in den industriellen Maßstab hineinwachsen. Dabei kommt dem sicheren Scale-up dieser Verfahren und der Energieeffizienz der einzelnen Prozessschritte eine zentrale Bedeutung zu. Im Rahmen dieser Entwicklungen und Anpassungen neuer Technologien kann moderne Rühr- und Mischtechnik und die Optimierung des Fermenterdesigns einen signifikanten Beitrag leisten. Neben dem Rührwerk gehören dazu auch das Design der innenliegenden Einbauten wie Wärmetauscher, Stromstörer, Begasungsvorrichtung sowie die Zu- und Abfuhrpunkte und geeignete Positionen für Messungen.

Die Autoren

Dr. Bernd Nienhaus,

Produktmanager Process Technology,
Ekato Rühr- und Mischtechnik

Dr. Klaus Gezork,

Projektleiter Forschung & Entwicklung,
Ekato Rühr- und Mischtechnik

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

■ <https://dx.doi.org/10.1002/citp.202200611>

Kontakt

Ekato Holding GmbH, Freiburg
Tel.: +49 7622 29-0
info@ekato.com · www.ekato.com

Schnellkupplungen: Weniger Kondensat beim Kühlen

Nach CPC-Schnellkupplungen mit einer Nennweite von 3,2 mm bringt Wolftechnik nun auch die größere Serie mit einer Nennweite von 6,4 mm aus schwarzem Polyphenylsulfon (PPSU) auf den Markt. Diese PLQ 4 bringt gegenüber der in Messing verchromten Standardausführung beim Kühlen in warmer Umgebungsluft den Vorteil einer geringeren Kondensatbildung an der Oberfläche. Denn Metall neigt vor allem im Sommer an der warmen Umgebungsluft zum „Schwitzen“, wenn Kühlflüssigkeit durch die Kupplung strömt. Bei PPSU handelt es sich um einen flammenresistenten, hoch schlagfesten Hochtemperaturkunststoff. Die neue Serie ist für Temperaturen von -17 °C bis 85 °C und bis zu 8 bar Druck ausgelegt. Das geschlossene Design der CPC-Schlauchverbindungen mit patentierter Ventil-Technologie bietet hohe Zuverlässigkeit bei häufigen Öffnungszyklen. Die redundante doppelte Abdichtung der Steckverbindung ist auch nach langer Schließzeit noch tropffrei und speziell für die Anwendung in Kühlkreisläufen von Flüssigkeiten konzipiert. Die Kupplungen sind in unterschiedlichen Nennweiten verfügbar, leicht anzuschließen, strapazierfähig und auslaufsicher. Damit eignen sie sich für den Einsatz in Hochleistungsrechenzentren, Datenzentren,



© Wolftechnik

zur Flüssigkühlung von Hochleistungslasersystemen und anderen wesentlichen Wärmemanagement-Anwendungen. Sie ermöglichen eine Abschaltung bei Druck ganz ohne Leck und schützen so sensible Elektronik vor der Einwirkung von Flüssigkeiten und ermöglichen, Kupplungen im laufenden Betrieb zu wechseln. Die Kupplungen bieten etliche Konfigurationsmöglichkeiten und eine eingebaute Verriegelungstaste für eine einfache, einhändige Bedienung in räumlich engen und begrenzten Bereichen. Die Kupplungen und Stecker sind für Schlauchtülle, SAE-Gewinde, Rohrgewinde und Klemmverschraubung sowie unterschiedliche Gewinde- und Schlauchgrößen verfügbar.

Kontakt

Wolftechnik Filtersysteme GmbH & Co. KG, Weil der Stadt
Tel.: +49 7033 701 - 426
info@wolftechnik.de
www.wolftechnik.de

Intelligenter Stellungsrückmelder für pneumatische Linearventile

Bei der Entwicklung ihrer neuen intelligenten Stellungsrückmeldeeinheit vom Typ SK-i LED legte die zur KSB-Gruppe gehörende Sisto Armaturen besonderen Wert auf die speziellen Anforderungen der Biotechnologie, der Feinchemie sowie der Pharmaindustrie. Das Gerät erfasst den Ventilhub kontinuierlich. Im Microcontroller werden die Endlagen des Ventils abgespeichert. Eine aufwendige Einstellung von Hand entfällt damit. Die Initialisierung kann automatisch vor Ort über einen integrierten Magnetsensor oder auch als Ferninitialisierung aus der Leitwarte über das Prozessleitsystem erfolgen. Nach der Initialisierung ist das über einen M12-Steckverbinder (24 V) angeschlossene Gerät sofort betriebsbereit. Alle wichtigen Informationen, wie Ventilstellung, Bereitschaft und Störung, werden mittels farbiger Weitsicht-LEDs angezeigt, die eine sichere Erkennung des Ventilsta-



© KSB

tus unabhängig von der Einbaulage ermöglichen. Optional ist eine Version mit AS-Interface verfügbar. In das IP65 konforme Kunststoff- bzw. Edelstahlgehäuse kann der Anwender auf Wunsch auch ein 3/2-Wege-Magnetventil für einfach wirkende Pneumatiktriebe integrieren. Die glatte Oberfläche erlaubt eine einfache und effiziente Reinigung. Für besondere Anforderungen ist eine Edelstahlausführung (1.4404) verfügbar.

Kontakt

KSB SE & Co. KGaA, Frankenthal
Tel.: +49 623 86 - 0
info@ksb.com · www.ksb.com

Schlauchtechnik in Videos erklärt

Schlauchleitungen werden überall dort eingesetzt, wo flexible Verbindungen unter Berücksichtigung von Druck, Temperatur und Medium benötigt werden. Dies kann z.B. bei beengten Platzverhältnissen der Fall sein, zum Ausgleich von Vibration oder bei bewegten Anwendungen. Sie eignen sich sowohl für den Fluid- als auch für den Pneumatik-Bereich. Zwei Videos zu diesem Thema hat Schwer Fittings online gestellt. Der Produktfilm Push-In/On erklärt die Unterschiede von Schlauch-Einsteck- und Aufsteckverbindungen. Push-In-Steckverbindungen zeichnen sich durch eine einfache Montage und Demontage der Schläuche durch den Lösering aus. Die Verbindung kann auch bei ungünstigen Einbaulagen einfach montiert und demontiert werden. Bei der Aufsteckverbindung (Push-On) wird der Schlauch auf einen speziell entwickelten und geformten Stutzen aufgesteckt und mit einer Überwurfmutter geklemmt. Sie werden insbesondere dort eingesetzt, wo Elastomer-Dichtungen aufgrund von Medium und Temperatur nicht verwendet werden können. Das Video Schlauchtechnik



befasst sich mit Armaturen (Standard, Interlock, Steckarmatur). Eine Standard-Schlauchleitung, z.B. in der Hydraulik, besteht immer aus einem Schlauch, der Anschlussarmatur und einer geeigneten Pressfassung, die die beiden Komponenten miteinander verbindet. Bei der Auswahl der Komponenten ist es wichtig, alle mechanischen, chemischen und thermischen Anforderungen im späteren Einsatzbereich zu berücksichtigen. Beide Videos sind auf der Internetseite der Firma sowie bei YouTube zu finden.

Kontakt

Schwer Fittings GmbH, Denkingen
Tel.: +49 7424 9825 - 0
marketing@schwer.com
www.schwer.com

Magnetventil für Wasserstoff bis 1.000 bar

GSR Ventiltchnik hat sein Portfolio um ein servogesteuertes 2/2-Wege-Magnetventil im Druckbereich von 5 bis 1.000 bar ergänzt, das speziell für Wasserstoff-Betankungsanlagen im Rahmen einer zukünftigen Wasserstoffinfrastruktur ausgelegt ist. Die Reichweite von Tankfüllungen lässt sich erhöhen, indem das eingeschlossene Wasserstoffvolumen bei der Betankung mit Hilfe immer höherer Drücke vergrößert wird. Die auftretenden Beanspruchungen und Belastungen stellen höchste Anforderungen an die Funktion, Dichtheit, Lebensdauer und die Sicherheit der eingesetzten Magnetventile, die sehr häufigen Schaltungen unterworfen sind. Das neue Ventil erfüllt diese hohen Anforderungen der Tankanlagen-Hersteller dank seiner verfeinerten Ventilgeometrie sowie der aufeinander abgestimmten, hochwertigen Materialien. So wird eine Lebensdauer von über 100.000 Schaltungen erreicht. Für den Betrieb des Ventils genügt ein elektrischer Anschluss, Steuerluft und Kompressor

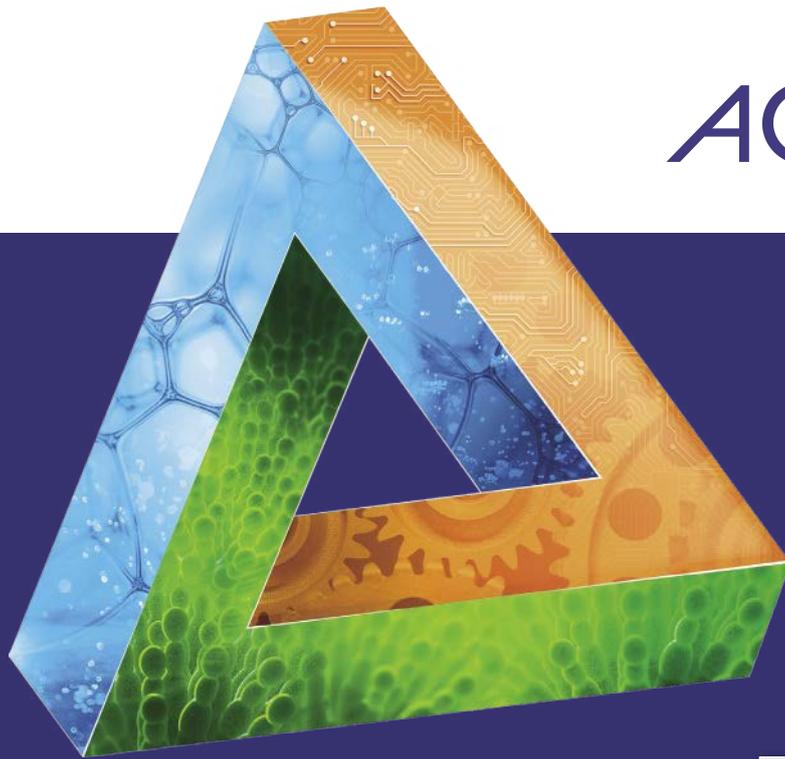


© GSR Ventiltchnik

sind überflüssig. Das servogesteuerte Kolbensitzventil ist in verschiedenen Anschlussgrößen erhältlich und bei Medientemperaturen von -40 °C bis +60 °C einsetzbar. Eine Ausweitung auf +85 °C ist geplant. Ein passendes Handabsperrentil und ein auf das Ventil abgestimmtes Rückschlagventil sind ebenso erhältlich.

Kontakt

GSR Ventiltchnik GmbH & CO. KG, Vlotho
Tel.: +49 5228 779 - 373
SWehrhahn@ventiltechnik.de
www.ventiltechnik.de



Besuchen Sie uns
auf der Achema

22.–26. August 2022

Foyer 4.1 Stand A31

Innovative Ideen?

Teilen Sie sie mit.

Die **ACHEMA** ist Wegweiser und Impulsgeber für die international vernetzte Prozessindustrie.

Das Praxismagazin für Verfahrens- und Chemieingenieure **CITplus** ist offizielles Organ von ProcessNet, dem Zusammenschluss von **VDI-GVC** und **DECHEMA**.

Mit der **ACHEMA**-Ausgabe der **CITplus** werden Sie Teil dieses richtungsweisenden Events.

Präsentieren Sie Ihre Innovationen unseren 20.000 Leserinnen und Lesern!

Senden Sie uns Ihre Innovation in Form eines Artikels, einer Produktinformation oder eines Fallbeispiels bis zum **23. Juni 2022** per E-Mail an: citplus@wiley.com.



Entdecken Sie
den Newsletter





Abb. 1: Additive Fertigung der topologieoptimierten Behälter-Stutzen-Verbindungen bei einem Massenerhalt von 5 % mit Polymer-3D-Drucker (rechts) und WAAM-Verfahren (links)^[4]

Bionische Optimierung im Druckbehälterbau

Additive Fertigung von Behälter-Stutzen-Verbindungen

Bei der mechanischen Auslegung von chemischen Prozessapparaten sind bionische Leichtbaumethoden bisher nicht weit verbreitet. Die bionische Topologieoptimierung von Behälter-Stutzen-Verbindungen soll eine höhere Festigkeit der Geometrien bei gleichzeitig geringerem Gewicht ermöglichen. Die Ergebnisse der Optimierung ergeben mithilfe von FEM Simulationen eine Spannungsreduktion von ca. 5 %, während das Gewicht um 59,9 % verringert werden konnte. Prototypen der optimierten Geometrien werden anschließend in 3D-Druckverfahren produziert.

Das hohe Potenzial für Material- und Kostenreduzierung macht bionische Leichtbauweisen für den chemischen Apparatebau interessant^[1]. Um bionische Strukturen im Druckbehälterbau zu etablieren, bedarf es eines neuen Herstellungsverfahrens und neuartiger bionischer Designkonzepte. Ziel des AiF-Projektes „Bionischer Druckbehälter“ (FKZ ZF4595601LL8) war es Apparateteile, die nach bekannten Regelwerken wie den AD2000 Merkblättern ausgelegt wurden, mit bionisch optimierten Apparateteilen zu vergleichen. Um dem Design möglichst viele Freiheitsgrade zu geben, werden additive Fertigungsverfahren betrachtet.

Topologieoptimierung

Ein bekannter bionischer Optimierungsansatz ist die Topologieoptimierung, die sich am lastge-

rechten Wachstumsverhalten von Knochenstrukturen orientiert^[1]. Das Ziel einer Topologieoptimierung ist die Identifikation einer mechanischen Struktur mit der günstigsten Materialanordnung innerhalb eines definierten Volumens unter Einhaltung von Randbedingungen. Als Randbedingungen werden dabei Lasten, Lagerungen, Bauzugriffsflächen oder auch Fertigungsrestriktionen betrachtet^[2]. Die Masse des Bauteils und die resultierenden von-Mises-Vergleichsspannungen im Bauteil stellen die Zielgrößen der Optimierung dar. Durchgeführt wird die Optimierung mithilfe der Berechnungssoftware ANSYS 19.1. Während der Optimierung werden gering belastete Materialbereiche iterativ entfernt, wodurch sich eine differenzierte Struktur ausbildet. Das am weitesten verbreitete Verfahren ist die Solid Isotropic Material with Penalization (SIMP)

Methode^[2]. Als Zielfunktion wird dabei die Minimierung der reziproken Steifigkeit des Modells verwendet und als Randbedingung eine Zielmasse vorgegeben. Als Abbruchkriterium der Optimierung wird die Konvergenz der Zielfunktion verwendet.

Anwendung der Topologieoptimierung auf Behälterstutzen-Verbindungen

Ein beispielhafter Anwendungsfall für eine Topologieoptimierung im Druckbehälterbau stellen Behälter-Stutzen-Verbindungen dar, bei denen eine Schwächung der zylindrischen Behälterwand durch das Aufbringen einer Verstärkungsscheibe kompensiert wird. Zur Untersuchung wird ein in der x,z-Ebene halbiertes Zylinder mit einem Innenradius $R_i = 838,2$ mm, einer Wandstärke von $s = 74$ mm und einer Länge

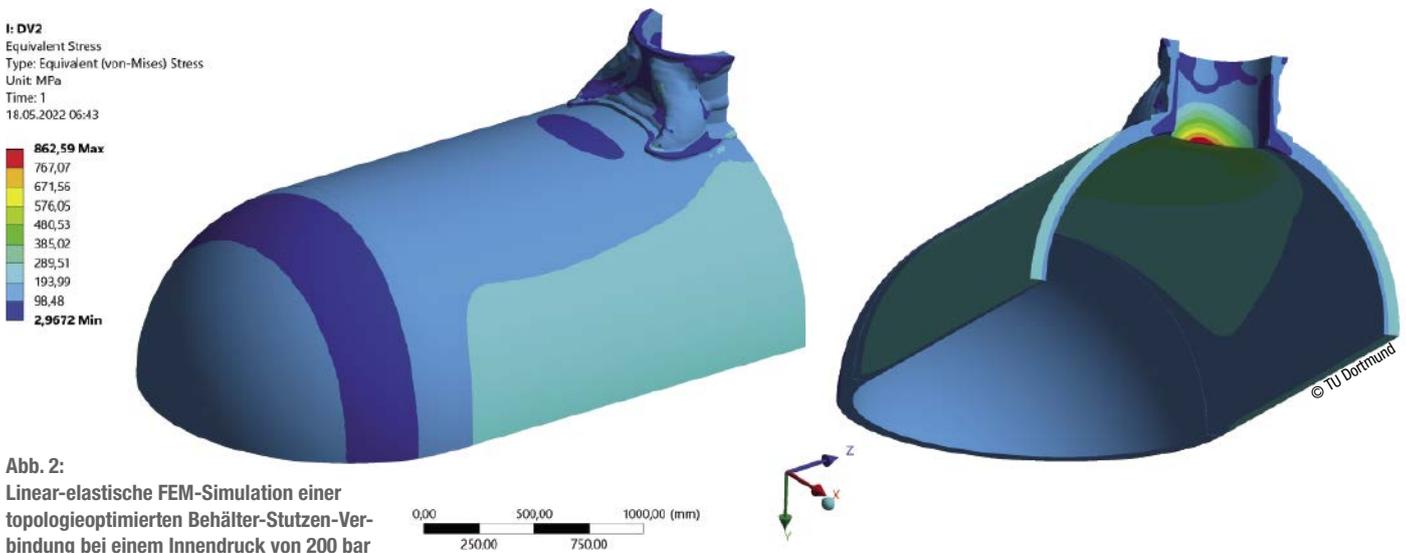


Abb. 2:
Linear-elastische FEM-Simulation einer topologieoptimierten Behälter-Stutzen-Verbindung bei einem Innendruck von 200 bar

$L_z = 2.000$ mm betrachtet. Zylinderwand und Stutzen werden mit einem inneren Überdruck $p = 200$ bar belastet. Der Zylinder wird durch einen Stutzen mit einem Stutzeninnendurchmesser $D_{(St.)} = 460$ mm und einer Stutzhöhe $H_{St} = 320$ mm verschwächt, sodass nach AD Merkblatt B9 eine Scheibenverstärkung ausgelegt werden muss^[3].

Ergebnis der Topologieoptimierung und FEM-Simulation

Das Ergebnis der Optimierung des Stutzenbau- raums mit einer angestrebten Massenerhaltung von 15 % des Bauraums ist in Abb. 2 dargestellt. Neben einer Hauptstruktur, die um die Stutzen- innenfläche erhalten geblieben ist, haben sich in elf Iterationsschritten am Rand des Bauraums zwei Nebenstrukturen gebildet, die insgesamt eine Masse $m_{Topo} = 222,73$ kg besitzen. Somit ergibt sich eine Massenreduktion von 59,9 % gegenüber einer einfachen Scheibenverstärkung. An der Hauptstruktur zeigen sich in den Bereichen der beim Referenzbehälter auftretenden strahlenförmigen Spannungsverteilung gekrümmte Verstärkungen. Am Fuß der Struktur ist vor allem an der Stelle Material erhalten geblieben, an der sich im Behälterinneren die Maximalspannung befindet.

Neben der Gewichtseinsparung konnten auch die resultierenden Spannungen in der optimierten Geometrie bei gleichen Randbedin- gungen verringert werden. Die von-Mises- Vergleichsspannungen reduzierten sich auf $\sigma_{Topo,max} = 862$ MPa, was einer Verringerung um ca. 5 % im Vergleich zum scheibenverstärkten Modell bedeutet. In beiden Modellen stellt sich das Maximum an der inneren Kante der Stutzen-

Verbindung ein. Wird die Massenerhaltung des Bauraums als Randbedingung der Optimie- rung weiter begrenzt, lässt sich die Gewichts- einsparung weiter erhöhen. Gleichzeitig kommt es jedoch zu einem Anstieg der resultierenden Spannungen.

Additive Fertigung der topologie- optimierten Strukturen

Die Fertigung der finalen Geometrien erfolgt mit- hilfe von additiven Fertigungsverfahren, hier im Polymer 3D-Druck im eigenen Labor und mit dem Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM) am FEF Forschungs- und Entwicklungsgesell- schaft Fügetechnik in Aachen. In Abb. 1 ist eine Behälter-Stutzen-Verbindung mit einem Massen- erhalt von 5 % dargestellt, die mit beiden Ver- fahren produziert wurde. Zu erkennen sind die deutlich hervorstehenden seitlichen Strukturen, welche eine gute Spannungsverteilung auf den Behälter ermöglichen. Der Polymerdruck wird mit PLA als Werkstoff durchgeführt und zeichnet sich durch seine geringe Schichthöhe von und einer Druckzeit von vier Stunden aus. Das WAAM Verfahren verwendet einen hochfesten Stahl und benötigt trotz einer erhöhten Schichtdicke von eine Druckzeit von insgesamt acht Stunden.

Ausblick

In Zukunft können die FEM Ergebnisse mithilfe der gefertigten Prototypen validiert werden. Eine weitere Oberflächen-Nachbearbeitung der Geometrie aus hochfestem Stahl erscheint hier sinnvoll. Bisher wird die Größe der Geometrien durch die Größe des Druckbettes der Polymer- und Metall-3D-Drucker begrenzt. In Zukunft ist jedoch zu erwarten, dass eine weitere Skalie-

rung möglich ist. Neben den bisher betrachteten Flächenlasten können bei zukünftigen Designs auch weitere Lasten z.B. durch angeschlossene Rohrleitungen berücksichtigt werden.

Referenzen

- [1] Sauer A (2018) Bionik in der Strukturoptimierung: Praxishandbuch für ressourceneffizienten Leichtbau. Vogel Business Media, Würzburg
- [2] Bendsoe MP, Sigmund O (2011) Topology optimi- zation: Theory, methods, and applications, Second edition, corrected printing. Engineering online library. Springer, Berlin, Heidelberg
- [3] Beuth Verlag GmbH (2010) AD 2000-Merkblatt B 9:2010-02: Ausschnitte in Zylindern, Kegeln und Kugeln
- [4] FEF Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft Fügetechnik GmbH (2021)

Die Autoren

**Daniel Becker, Sina Gerling,
Prof. Dr.-Ing. Norbert Kockmann**

Technische Universität Dortmund,
Fakultät für Bio- und Chemieingenieurwesen

! Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:
■ <https://dx.doi.org/10.1002/citp.202200613>

Kontakt

Technische Universität Dortmund, Dortmund
Fakultät für Bio- und Chemieingenieurwesen
daniel4.becker@tu-dortmund.de
<https://bci.tu-dortmund.de>



Erste multiple Trennwandkolonne weltweit

Vierstoffgemische in einer einzigen Destillationskolonne trennen



**Dr.-Ing.
Lena-Marie Ränger,**
Universität Ulm



**Prof. Dr.-Ing.
Thomas Grützner,**
Universität Ulm

Im November 2021 wurde an der Universität Ulm erfolgreich die weltweit erste multiple Trennwandkolonne in Betrieb genommen. Die Anlage kann zur Trennung von quaternären Mischungen im Vergleich zu konventionellen Destillationssequenzen bis zu 50 % Betriebs- und Investitionskosten einsparen. Somit haben sich nun vier Jahren der Planung in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr.-Ing. Grützner in Ulm und bei Iludest in Waldbüttelbrunn ausgezahlt.

Die Destillation ist das wichtigste thermische Trennverfahren in der chemischen Industrie. Ihr Energieverbrauch trägt daher auch signifikant zum Gesamtenergieverbrauch bei – Schätzungen liegen bei etwa 3 %. Entsprechend hoch ist die Motivation, diesen großen Hebel als Beitrag zum Klimaschutz zu nutzen. Daher wird seit einigen Jahren weltweit an Trenn-

wandkolonnen geforscht, unter anderem am Institut für Chemieingenieurwesen der Universität Ulm.

Trennwandkolonnen sind spezielle intensivierte Destillationskolonnen. Sie können Mehrstoffgemische, die normalerweise in mehreren aufeinander folgenden Kolonnen getrennt werden, innerhalb nur eines Kolonnen-

mantels mit einem Verdampfer und einem Kondensator trennen. Hierfür wird im Inneren der Kolonne eine Trennwand verbaut, welche Rückvermischungseffekte verringert. Hierdurch sinkt der Energiebedarf im Vergleich zu der konventionellen Destillationsvarianten aus mehreren verschalteten Kolonnen.

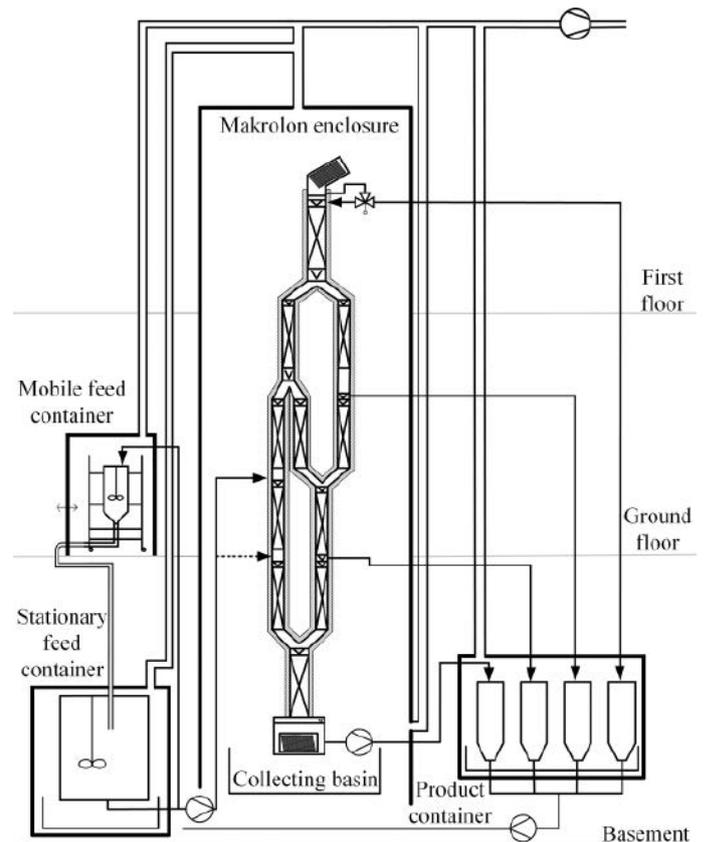
Zur Aufreinigung von ternären, also aus drei Komponenten bestehenden, Mischungen, können Trennwandkolonnen mit nur einer internen Trennwand eingesetzt werden. Diese können ca. 30 % Energie- sowie auch Investitionskosten einsparen. Daher werden einfache Trennwandkolonnen bereits seit vielen Jahren in der chemischen Industrie eingesetzt.

Die Erweiterung dieses Konzepts auf Gemische bestehend aus mehr als drei Komponenten führt zur multiplen Trennwandkolonne, die wie der Name bereits andeutet, mehrere Trennwände besitzt. Zur Trennung von Vierstoffgemische werden drei Trennwände benötigt, hierdurch können bis zu 50 % des Energiebedarfs eingespart werden. Nichtsdestotrotz wurde eine solche multiple Trennwandkolonne bisher nicht gebaut, was größtenteils auf die erhöhte Komplexität im Betrieb zurückzuführen ist. Glücklicherweise ist aber für einen Großteil in Frage kommender Vierstoffgemische auch eine multiple Trennwandkolonne mit nur zwei Trennwänden (auch genannt vereinfachte multiple Trennwandkolonne) geeignet, welche weiterhin die gleichen Energieeinsparungen erzielen kann. Solch eine Anlage mit zwei Trennwänden, die erste weltweit ihrer Art, steht nun an der Universität Ulm. Ziel des Kolonnendesigns war eine möglichst flexible Apparatur zu bauen, die zur Trennung vieler unterschiedlicher Stoffgemische geeignet ist. Im Folgenden werden die baulichen Spezifikationen der Anlage kurz vorgestellt.

Anlagenspezifikationen

Ein Schema der 9,8 m hohen und sich über drei Stockwerke erstreckenden Anlage ist in Bild 1 gezeigt. Aufgrund des geringen Durchmessers von 80 mm ist eine Implementierung mit tatsächlichen Trennwänden erschwert, daher wurde eine für Trennwandkolonnen im Pilotmaßstab übliche Bauweise auf die multiple Trennwandkolonne übertragen. Dabei werden Segmente links und rechts von Trennwänden als parallel geführte Schüsse mit kleineren Durchmessern umgesetzt. Die parallel betriebenen Schüsse haben jeweils einen Durchmesser von 50 mm sind über Y-Bauteile miteinander verbunden.

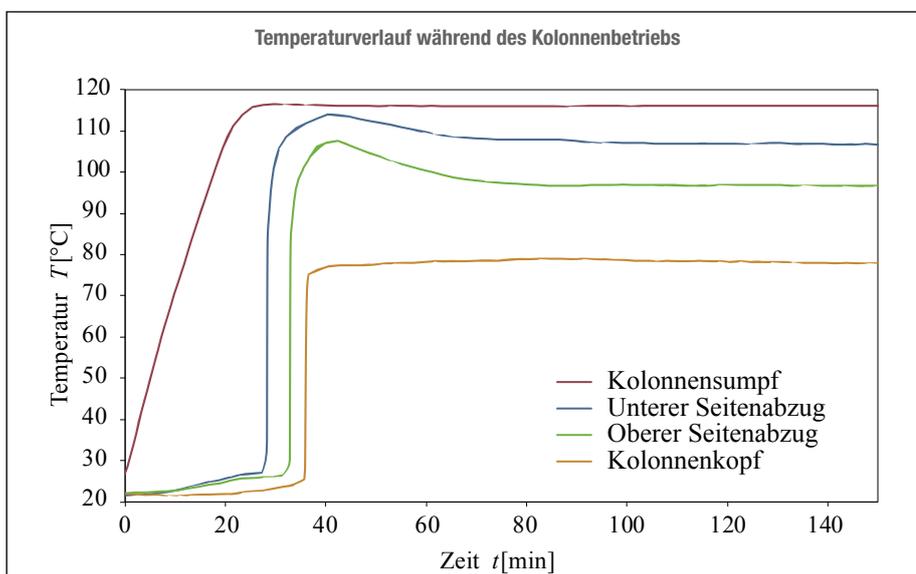
Die Schüsse selbst sind aus Borosilikatglas gefertigt. Um Wärmeverluste möglichst gering zu halten, sind die Mäntel einerseits aus doppelwandig evakuiertem und verspiegeltem Glas gefertigt worden. Außerdem gibt es eine äußere, temperaturgeregelte Begleitheizung, die für jeden Schuss separat geregelt werden kann. Um einen möglichst guten Stoffübergang



Vereinfachtes Fließbild der multiplen Trennwandkolonne in Ulm

zu erreichen und damit viele theoretische Stufen in der begrenzten Bauhöhe unterzubringen, findet die Sulzer-DX Packung Anwendung.

Zur Prozessüberwachung ist die Anlage mit umfangreicher Messtechnik ausgestattet. Dies beinhaltet Coriolis-Durchflussmesser zur Bestimmung der ein- und austretenden Massenströme, Temperatursensoren alle 25 cm innerhalb der Kolonne und Druckverlustmessungen über jeden Kolonnenschuss. Alle Daten werden in einem Prozessleitsystem (Iludest [DC/MoS]²) erfasst. In dem Leitsystem lassen sich außerdem die Flüssigkeitsaufteilung an den Trennwänden und die Produktabzüge einstellen, diese sind anlagentechnisch über Schwenktrichter realisiert. Des Weiteren kann die Anlage sowohl im Vakuum als auch bei Umgebungsdruck betrieben werden.



Von der Idee bis zur Fertigstellung

Die Planung der Anlage begann Ende 2017 in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr.-Ing. Thomas Grützner an der Universität Ulm. Zunächst wurden umfangreiche Simulationsstudien durchgeführt, deren Ergebnisse als Rahmenbedingung für die bauliche Umsetzung fungierten. Ab Anfang 2019 konkretisierten sich die Planungen und eine offizielle Ausschreibung zur Suche nach einem geeigneten Unternehmen für den Bau der Anlage wurde veröffentlicht. Die offizielle Auftragserteilung erfolgte im November 2020 an die Firma Iludest aus Waldbüttelbrunn, die langjährigen Erfahrungen beim Bau von Sonderanlagen für die thermische Verfahrenstechnik vorweisen konnte.

Im engen Austausch wurde gemeinsam ein technisches als auch kommerzielles Konzept für ein „schlüsselfertiges“ System erarbeitet. Wie bei



Sobald eine zuverlässige Versuchsroutine zur Verfügung steht, können an der Anlage Industrieprojekte bearbeitet werden.

vielen Sonderanlagen üblich, mussten im Zuge der Projektierung, abweichend zur ursprünglichen Auslegung, Adaptionen vorgenommen werden. In regelmäßigen Meetings unter Beteiligung beider Teams wurde der erreichte Status reflektiert und erforderliche Anpassungen erarbeitet. Dies betrifft auch den Explosionsschutz der Anlage, dem bei der baulichen Planung eine besondere Beachtung galt. Um einen sicheren Betrieb gewährleisten zu können, wurden Anlagenkomponenten konstruktiv angepasst und in Zusammenarbeit mit dem TÜV Süd die Dokumentation stetig aktualisiert. Außerdem wurde die oben erwähnte Option zum Vakuumbetrieb abweichend zur ursprünglichen Planung ergänzt.

Erfolgreich abgeschlossen auf Seiten des Anlagenbauers wurde das Projekt „Vereinfachte multiple Trennwand-Destillationskolonne im Labormaßstab“ mit deren Lieferung, Montage und Inbetriebnahme im eigens dafür umgebauten Technikum der Universität Ulm im September 2021. Abschließend unterstützte das Unternehmen das Team der Universität Ulm bei der Abnahme der Anlage durch den TÜV Süd vor Ort.

Erste Ergebnisse: Proof-of-concept

Seit der Inbetriebnahme wird die Kolonne regelmäßig mit dem Ziel betrieben, erste Erfahrungen über deren Betriebsverhalten zu sammeln. Außerdem soll erstmalig gezeigt werden, dass das Konzept der „multiplen Trennwandkolonne“ nicht nur in der Theorie, sondern auch in der Praxis funktioniert. Die ersten Ergebnisse sind vielversprechend und werden im Folgenden kurz vorgestellt.

Zusammensetzung der Ausgangsmischung und der Produktströme

Strom	Absolutstrom [kg/h]	Massenanteile [wt%]			
		Ethanol + MEK	Propanol	Isobutanol	Butanol
Feed	6.40	17.7	23.2	28.7	30.3
Kopfprodukt	1.22	89.3	10.7	0.0	0.0
Oberes Seitenprodukt	1.44	0.6	87.3	12.1	0.1
Unteres Seitenprodukt	1.83	0.0	3.0	91.0	6.0
Sumpfprodukt	1.91	0.0	0.0	2.8	97.2

Als Beispielsystem für die ersten Versuche wird eine äquimolare Mischung aus Ethanol, Propanol, Isobutanol und Butanol verwendet. Der Leichtsieder Ethanol ist außerdem zu 1 % mit dem Vergällungsmittel Methylethylketon (MEK) versetzt. Der zu trennende Zulaufstrom beträgt 100 mol/h bzw. 6,4 kg/h im annähernd flüssig siedenden Zustand.

Zum Anfahren der Kolonne wird im Verdampfer der Schwersieder (Butanol) vorgelegt und bei 7 kW erwärmt. Dieses Vorgehen wird aufgrund von dynamischen Simulationsstudien gewählt, auf die an dieser Stelle nicht näher eingegangen wird. Kurz vor Siedebeginn wird der Feedzulauf gestartet und die Leistung des Verdampfers auf 4 kW reduziert. Außerdem werden die Schwenktrichter zur Flüssigkeitsaufteilung an der Trennwand eingeschaltet, wobei das Verhältnis für den im folgenden gezeigten Versuch an der oberen Trennwand 0.49 und an der unteren 0.46 auf die rechte Seite betragen haben. Das sich ergebene Temperaturprofil an den vier Produktströmen ist in Abb. 2 zu sehen, Tabelle 1 fasst die resultierenden Produktströme und deren Zusammensetzung zusammen.

Etwa 60 Minuten nach Start des Feedzulaufs sind die Temperaturen der Produktströme annähernd konstant. Entsprechend wird angenommen, dass die Anlage in relativ kurzer Zeit einen stationären Zustand erreichen kann. Etwa zwei Stunden nach Start des Feedzulaufs werden Proben der Produkte genommen und mittels Gaschromatograph analysiert. Die Reinheiten aller Produkte sind über 87 wt% bzw. 90 mol%. Dieses Ergebnis belegt, dass das Prinzip der multiplen Trennwandkolonne auch praktisch umsetzbar ist.

Ausblick

In naher Zukunft sind umfangreiche experimentelle Studien an der Anlage geplant. Zunächst sollen höhere Reinheiten erzielt und die Kolonne nahe dem dazugehörigen energetischen Optimum betrieben werden. Außerdem soll das Stationaritätsverhalten quantifiziert und des-

sen Anfälligkeit auf Störungen ohne aktive Regelung untersucht werden. Anschließend sollen Regelstrukturen entwickelt werden, die die Auswirkungen der betrachteten Störungen möglichst gering halten können. Hierfür soll die OPC Schnittstelle verwendet werden, um einen eigens implementierten Labview Code mit dem aktuellen Prozessleitsystem zu koppeln. Parallel soll außerdem die Flexibilität der Dampf- und Flüssigkeitssplits untersucht werden. Laut der Theorie können mit mehreren Kombinationen der Dampf- und Flüssigkeitsaufteilung an den Trennwänden dieselben Reinheiten erzielt werden. Diese These gilt es nun, in der Praxis zu überprüfen.

Des Weiteren sollen, sobald eine zuverlässige Versuchsroutine entwickelt wurde, an der Anlage Industrieprojekte bearbeitet werden. Infrage kommende quaternäre Stoffsysteme sollen hierfür zunächst simulativ untersucht und die Daten anschließend in der Praxis überprüft werden. Dies soll möglichst schnell den Übergang der multiplen Trennwandkolonne in die industrielle Anwendung ermöglichen.

Die Autoren

Dr.-Ing. Lena-Marie Ränger,
Leiterin Arbeitsgruppe multiple Trennwandkolonne

Prof. Dr.-Ing. Thomas Grützner,
Stellvertretender Institutsleiter, Leiter Abteilung
Thermische Prozesstechnik, Universität Ulm

Bilder © Eberhardt, kiz Uni Ulm

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

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202200614>

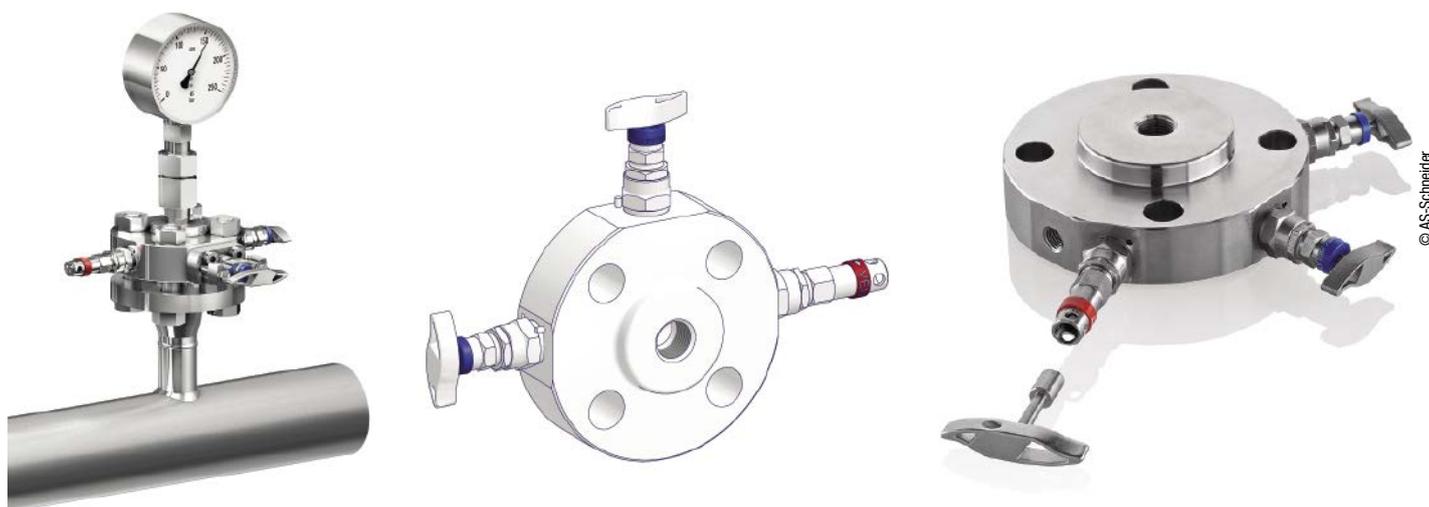
Kontakt

Universität Ulm, Institut für Chemieingenieurwesen, Labor für Thermische Prozesstechnik, Ulm
Tel.: +49 731 50 25 - 702
thomas.gruetzner@uni-ulm.de · www.uni-ulm.de

Alle Anforderungen erfüllt

Auswirkungen der neuen TA-Luft auf Armaturen in Chemieanlagen

Um die in der Neufassung der TA-Luft festgelegten Grenzwerte für Schadstoffemissionen einhalten zu können, sind sowohl Anlagenplaner als auch Betreiber gefordert, die installierten Komponenten zu überprüfen. Bei einem Austausch oder bei Neuanlagen ist es sinnvoll, schon vor Ende der Übergangsfrist 2025 die Anforderungen der neuen TA-Luft zu berücksichtigen. Ineos hat deshalb in seiner neuen Chemieanlage TA-Luft-konforme Armaturen gemäß der Novelle von 2021 von AS-Schneider installiert.



Mit diesen Instrumenten-Monoflanschen können Anlagenbetreiber in der chemischen Industrie die Anforderungen der TA-Luft 2021 erfüllen.

Am 1. Dezember 2021 ist die novellierte Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA-Luft) in Kraft getreten. Sie legt strengere Grenzwerte für Schadstoffemissionen von genehmigungsbedürftigen Anlagen fest. Die wichtigste Änderung bei den Armaturenspezifikationen ist die Übernahme der Norm ISO 15848-1. Diese gibt vor, wie eine Armatur zu prüfen ist und gibt die Parameter für eine Klassifizierung vor. Nach Ablauf der Übergangsfrist im Jahr 2025 müssen die Anforderungen in der Regel dem Stand der Technik und damit dem Emissionsniveau von Neuanlagen genügen. Bei Anlagen in der Planungs- oder Installationsphase ist darauf zu achten, dass Ventile, Pumpen, Kompressoren oder auch Flanschverbindungen direkt den Spezifikationen der TA-Luft entsprechen.

Chemieanlage sucht Armaturen-Lösung

Ineos Phenol baut im Chemiapark Marl im Ruhrgebiet eine neue Anlage zur Herstellung von Cumol. Das ist ein aromatischer Kohlenwasserstoff, der als Ausgangsprodukt für Aceton und Phenol dient. Die hochmoderne Produktionsanlage soll weniger Energie verbrauchen und gleichzeitig in umweltfreundlicheren Prozess eine höhere Ausbeute erzielen. Sie erstreckt sich

über eine Fläche von 16.000 m², produziert mehr als 2.000 t Cumol pro Tag und 750.000 t im Jahr und soll Ende Mai 2022 in Betrieb gehen. Das Cumol-Projekt des Chemieunternehmens muss im gesamten Geltungsbereich die Anforderungen der novellierten TA-Luft 2021 und der ISO 15848-1 für die Kontrolle diffuser Emissionen aus Armaturen einhalten.

Um eine sichere und effiziente Armaturenlösung zu finden, nahm der Konzern bereits 2020 Kontakt zum Spezialisten AS-Schneider auf. Zu der Zeit war es noch nicht üblich, Armaturen herzustellen, die den Spezifikationen der unveröffentlichten TA-Luft-Novelle entsprechen. Die Auslegung der Anlage erforderte den Einbau von konformen, geschlossenen Ventilen mit Block and Bleed- oder Double Block and Bleed-Funktion an jeder Druckmessstelle. Die Anforderungen an den Ventildruck stellten kein Problem dar, eine große Herausforderung für den Armaturenhersteller waren dagegen die Temperaturen in der neuen Anlage, die von -48 bis +320 °C reichen können.

Der Anbieter hatte zu der Zeit zuverlässige und umweltfreundliche Ventile im Programm, die den Anforderungen der TA-Luft 2002 entsprechen, aber lediglich den Temperaturbereich von

-30 bis +200 °C abdecken. Innerhalb kürzester Zeit entwickelten die Ingenieure von AS-Schneider ein Ventiloberteil, das im kompletten Temperaturbereich von -50 bis +400 °C bei einem Nenndruck von bis zu 420 bar die höchste Dichtheitsklasse A der ISO 15848-1 erfüllt. Die Armatur wurde vom TÜV Süd extern zertifiziert.

Der Autor

Markus Häfner,

Leitung Konstruktion & Entwicklung bei AS-Schneider

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

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202200615>

Kontakt

Armaturenfabrik Franz Schneider, Nordheim

Tel.: +49 7133 101 - 0

contact@as-schneider.com · www.as-schneider.com



Analytica 2022 – Der Weg ins Labor 4.0

Kollaborative Roboter unterstützen im Laboralltag

Smarte Lösungen für die digitale Transformation der Laborwelt stehen im Fokus der Analytica, der Leitmesse für Analytik, Labortechnik und Biotechnologie, die vom 21. bis 24. Juni 2022 in München stattfindet. Elektronische Laborjournale, automatisierte Hochdurchsatz-Screenings und Pipettier-Roboter: Der digitale Wandel der Laborwelt hat längst begonnen.



Laut einer Studie des Fraunhofer Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, die den Digitalisierungsgrad in Life-Science-Laboren untersucht hat, bremsen vor allem mangelnde Akzeptanz und Änderungsbereitschaft sowie die Unwissenheit über die Möglichkeiten neuer Technologien die Labordigitalisierung derzeit aus. Die Analytica Sonderschau „Digitale Transformation“ will solche Hürden abbauen, indem sich die

Besucher live von kollaborativen Robotern und anderen Technologien überzeugen können.

Die Sonderschau ist als wabenförmiges Laborsystem IHEX gestaltet, das ein Team um Dr. Felix Lenk, CEO der Smartlab Solutions und Forschungsgruppenleiter Smartlab-Systeme an der Technischen Universität Dresden, entworfen hat. Die innovativen sechseckigen Module sind mit diversen Funktionen ausgestattet, lassen sich flexibel anordnen und sind nach dem Plug-and-play-Konzept elektrisch und über Datenverbindungen zu einem Gesamtsystem verknüpft.

„*In der Laborbranche besteht ein klarer Wunsch nach mehr digitaler Unterstützung und Automatisierung.*“

Armin Wittmann, Projektleiter Analytica, Messe München

Helfende Roboter

Essenzieller Bestandteil des smarten Labors der Sonderschau sind kollaborative Roboterarme. Sie unterstützen das Laborpersonal bei einfachen Tätigkeiten wie dem Einsetzen von Caps in eine Zentrifuge oder dem Verschließen von Probengefäßen. „Das Ziel lautet, zukünftig mit weniger Ressourcen mehr Experimente oder Analysen in einer höhe-

ren Qualität durchzuführen“, erklärt Felix Lenk, der das Labor der Sonderschau zusammen mit mehreren Ausstellern realisiert. So beteiligen sich unter anderem Mettler Toledo mit Mess- und Präzisionsinstrumenten, Düperthal mit Sicherheitschränken und Lagersystemen sowie 2mag mit Rühr- und Heiztechnik und Integra Biosciences.

Beim Gang durch die Messehallen werden die Besucher vermutlich auch Kevin treffen, einen mobilen Laborroboter, den Forscher vom Fraunhofer IPA entwickelt haben. Ausgestattet mit Roboterarm, Kamera, Bildverarbeitung und Lernalgorithmus kann Kevin z.B. Proben von einem Gerät zum nächsten transportieren oder Reagenzien aus dem Lager holen. „Kevin will das Laborpersonal entlasten, nicht ersetzen“, betont Matthias Freundel, Leiter der Gruppe Digital Lab Services am Fraunhofer IPA. „Es geht darum, den hochqualifizierten Labormitarbeitern einfache Aufgaben abzunehmen, damit sie mehr Zeit für wertschöpfende Tätigkeiten haben.“



© Fraunhofer IPA / Rainer Bez

Der mobile Laborroboter Kevin unterstützt bei automatisierbaren Arbeitsabläufe im Labor.

Einheitliche Schnittstellen

Eine weitere Herausforderung im Labor 4.0: Alle Geräte müssen miteinander kommunizieren und Daten austauschen. Außerdem sind sie mit den mobilen Endgeräten der Nutzer, teils auch mit externen IT-Stellen verbunden. Umsetzen lässt sich diese Vision nur, wenn die gesamte Software und Labortechnik vernetzungsfähig ist und alle Geräte eine standardisierte Schnittstelle besitzen.

Der in der industriellen Automation etablierte Standard OPC UA (Open Platform Communications Unified Architecture) eignet sich als Basis für die Vernetzung im Labor, wie der Branchenverband Spectaris im Analytica Forum Digitale Transformation erläutern wird. Eine Spectaris-Arbeitsgruppe erarbeitet aktuell den Laboratory Agnostic Device Standard, kurz LADS, der OPC UA ergänzt und fit für das Laborumfeld macht. Die Sonderschau Digitale Transformation

wird zeigen, wie die standardisierte Gerätekommunikation mit OPC UA LADS die nahtlose Auftragsbearbeitung im Routinelabor möglich macht.

Erweiterte Laborrealität

Viele Labortätigkeiten lassen sich nicht ohne weiteres automatisieren, da sie zu komplex sind oder variables Handeln erfordern. Digitale Unterstützung wäre hier dennoch hilfreich. Deshalb rückt das Forum Digitale Transformation auch Technologien in den Fokus, die bislang kaum Einzug in die Laborwelt gehalten haben, wie die Sprachsteuerung von Geräten und Instrumenten der Virtual oder Augmented Reality. Augmented-Reality-Brillen etwa könnten Labormitarbeitern Anweisungen zu Arbeitsabläufen geben, die durchgeführten Schritte zugleich automatisch aufzeichnen oder Warnungen beim falschen Befüllen von Probenröhrchen einblenden.

Analytica Messe – Auf einen Blick

Dienstag, 21. bis Freitag, 24. Juni 2022

Analytica Conference:

Dienstag, 21. bis Donnerstag, 23. Juni 2022

Öffnungszeiten:

21. bis 23. Juni 9:00 bis 18:00 Uhr

24. Juni 9:00 bis 16:00 Uhr

Tagesticket: 17 EUR, Dauerticket 23 EUR

Ort: Messegelände München

Synergieeffekte für das Labor 4.0

Egal ob im Forschungs- oder Routinelabor: Der digitale Wandel eröffnet ungeahnte Möglichkeiten, stellt die Laborbranche aber auch vor eine enorme Herausforderung, die sich nur im engen Zusammenspiel von Geräteherstellern und Softwareentwicklern, Forschern und Laborbetreibern meistern lässt. Die Messe mit ihrer Kombination aus Fachmesse, Analytica Conference und umfangreichem Rahmenprogramm versteht sich als Plattform, die alle diese Akteure zusammenbringt. Dieses Jahr bietet die Messe München den Besuchern einen besonderen Mehrwert: Mit ihrem Ticket erhalten sie kostenfreien Zugang zur parallel stattfindenden Automatica, Leitmesse für intelligente Automation und Robotik in der Produktion.

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

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202200616>

Kontakt

Messe München GmbH, München

Tel.: +49 89 949-11488

info@analytica.de · www.analytica.de

Temperiergeräte für Labor- und Analytikanwendungen

Auf der Analytica 2022 zeigt Peter Huber Kältemaschinenbau in Halle B2, Stand 315 neue und weiterentwickelte Temperierlösungen für das Forschungslabor und die Prozesstechnik. Im Mittelpunkt der Produktpräsentation stehen die neue ultrakompakte Piccolo Umwälzkühler mit moderner Peltier-technik. Der Kühler ist vielseitig einsetzbar für viele Laboranwendungen und arbeitet völlig kältemittelfrei und äußerst leise. Eine elektronische Ansteuerung ermöglicht eine energieeffiziente Arbeitsweise. Außerdem wird Chili präsentiert, ein kompakter Wärme-Umwälzthermostat mit

geschlossenem Temperierkreislauf für Anwendungen bis +300 °C. Das Gerät ist serienmäßig mit dem E-grade Professional ausgestattet. Er sorgt für genaue und reproduzierbare Temperierergebnisse mit kurzen Aufheizzeiten und großen Temperaturbereichen ohne lästige Flüssigkeitswechsel. Darüber hinaus wird die neue Kühlfalle CT50 vorgestellt, mit der Verdampfungsaufgaben einfach und kostengünstig realisierbar sind. Die Kühlfalle wurde speziell für die hocheffiziente Lösungsmittelrückgewinnung entwickelt. Einen weiteren Ausstellungsschwerpunkt bilden die Prozessthermostate der Uni-



© Peter Huber Kältemaschinenbau

stat-Reihe. Die Prozessthermostate sind prädestiniert für die schnelle und hochgenaue Temperierung von Forschungsreaktoren. Ebenfalls neu ist ein optional erhältliches und nachrüstbares E-grade, welches die Integration von Huber-Temperiergeräten mit Pilot ONE mittels OPC-UA-Protokoll in industrielle Prozesse und Systemumgebungen ermöglicht.

Kontakt

Peter Huber Kältemaschinenbau AG, Offenburg

Tel.: +49 781 9603-0

www.huber-online.com

Qualität von Anfang an

Leitfähigkeitsmessung in der Pharmawasseraufbereitung



Michael Brosig,
Jumo

Wasser zur pharmazeutischen Verwendung unterliegt besonders strengen Qualitätskriterien. Die Auswahl der optimalen Messtechnik für Leitfähigkeit, Temperatur und Druck ist ein entscheidendes Kriterium, um die hohen Anforderungen an Parameter wie Gesamtkeimzahl, TOC, Leitfähigkeit, Nitrat oder Schwermetalle zu erfüllen. Das Unternehmen Envirofalk Pharma-Water-Systems nutzt Technik von Jumo, um diese Standards einhalten zu können.

Envirofalk Pharma-Water-Systems ist ein Spezialist für die Aufbereitung, Lagerung und Verteilung von Pharmawasser, Prozesswasser und Reinstampf. Schlüsselfertige Anlagen, die höchste Qualitätsstandards erfüllen, werden weltweit geliefert und in Betrieb genommen. Der Fokus liegt auf dem Schutz des Patienten, einem sicheren, energiesparsamen Anlagenbetrieb und einer hochwertigen Technik im Hygienic Design.

Zu den Anwendern gehören Unternehmen aus den Branchen Verpackung, Wirkstoffherstellung, Impfstoffproduktion, Gesundheits- und Life Science-Produkte. Aber auch hochwertige Kosmetiklinien rüsten technisch ihre Herstellungslinien auf. Als Produkt- und Reinigungsmedium spielt Pharmawasser hier ebenfalls eine bedeutende Rolle.

Qualitäten von Pharmawasser

Bei Pharmawasser wird zwischen gereinigtem Wasser, hochgereinigtem Wasser und Wasser für Injektionszwecke unterschieden. Die Qualität von Pharmawasser ist in verschiedenen Normen geregelt wie z.B. im Europäischen Arzneibuch (Ph EUR) und im Amerikanischen Arzneibuch (USP).

Zur Produktion kommen Verfahren wie Destillation, Umkehrosmose oder Ultrafiltration zum Einsatz.

Aus den Normen ergibt sich die Forderung nach einer zuverlässigen Qualitätskontrolle. Die nachgewiesenen sicherste Methode ist die Leitfähigkeitsmessung. Die Messung in Pharmawasser erfolgt mit Leitfähigkeitssensoren, die nach dem Zwei-Elektroden-Verfahren arbeiten. Da die elektrolytische Leitfähigkeit einer Flüssigkeit stark temperaturabhängig ist, wird der Messwert normalerweise auf die international anerkannte Referenztemperatur von 25 °C bezogen (temperaturkompensiert).

Parameter Leitfähigkeit

Für den Einsatz in Pharmawasser-Applikationen eignet sich z.B. der konduktive Leitfähigkeitssensor Jumo Blackline CR 4P. Dieser verfügt über einen integrierten Temperaturfühler und eignet sich für die Messung sowohl geringer als auch höherer Leitfähigkeiten. Durch den Einsatz einer Vierpol-Messtechnik wird ein weiterer Messbereich von 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bis 300 mS/cm abgedeckt. Diese Technik bietet auch weitere technische Vorteile, wie



Eine Pharmawasser-Anlage der
Envirofalk Pharma-Water-Systems.

Bilder © Jumo



Der konduktive Leitfähigkeits-sensor Blackline CR 4P misst in einem großen Messbereich.

Der Messumformer Ecotrans Lf 03

etwa eine reduzierte Empfindlichkeit gegenüber Verschmutzungen. Weiterhin treten keine störenden Polarisierungseffekte auf. Die Messelektroden Sensors bestehen aus chemisch robustem und abriebfesten Spezialgraphit. Zur Signalauswertung kann der Messumformer Jumo Ecotrans Lf 03 verwendet werden. Dieser misst in Verbindung mit konduktiven Leitfähigkeitsmesszellen die Leitfähigkeit bzw. den Widerstand von Flüssigkeiten. Neben Pharmawasser sind Anlagen für die Frischwasserüberwachung und Wasseraufbereitung oder Umkehrosmoseanlagen typische Einsatzgebiete.

Lösungen für Routine- und High-End-Analytik

Auf der analytica (Halle A1 Stand 502) zeigt Shimadzu seine Lösungsvielfalt aus Chromatographie, Spektroskopie, Spektrometrie, TOC, Materialprüfung und System-Software, darunter einige Neuheiten aus den Bereichen GC, TOC, MALDI und UHPLC. Zudem werden preisgekrönte Lösungen ausgestellt, wie das MALDImini-1 und das UV-1900i, die zusammen mit anderen Systemen für ihre nutzerfreundlichen, ergonomischen und effizienten Eigenschaften mit führenden Design-Preisen ausgezeichnet wurden. Analytical Intelligence ermöglicht es den Systemen, Probleme automatisch zu erkennen und zu beheben, so dass sich der Instrumentenstatus leicht überprüfen, die Ressourcenzuweisung optimieren und ein höherer Durchsatz erzielen lässt. Das umfasst automatisierte Support-Funktionen, die digitale Technologien wie M2M, IoT und künstliche Intelligenz (KI) nutzen, Selbstdiagnose-Fähigkeiten und die Erfassung qualitativ hochwertiger, reproduzierbarer Daten unabhängig von den Fähigkeiten des Bedienpersonals. Zum Leistungsumfang zählt daneben der Webshop, über den hochwertige Verbrauchsmaterialien für alle Gerätelinien komfortabel über die Direktsuche-Funktion ausgewählt und einfach online bestellt werden können.

Kontakt

Shimadzu Deutschland GmbH, Duisburg
Tel.: +49 203-76870
info@shimadzu.de · www.shimadzu.de

Von der Messung zur Regelung

Ein aktuelles, kundenspezifisches Projekt für Purified Water mit einer Erzeugerleistung von 500 l/h und einem 2-Lager- und Verteilsystemen wurde jüngst erfolgreich von dem Anlagenbauer realisiert. Dabei sollten als Grundvoraussetzung alle erforderlichen Schritte der Vorbehandlung anhand aktueller Wasseranalysen konzipiert werden. Gefordert war auch eine heißwassersanitiserbare Auslegung gemäß den neuesten GMP-Anforderungen (Good Manufacturing Practice). Zur Vermeidung einer Stillstandsvermeidung und separaten Sanitisierung sollte die Anlage über ein Rezirkulationssystem verfügen. Das komplette System musste darüber hinaus an eine übergeordnete Steuerung angebunden werden, über eine selbsterklärende Menüführung verfügen und einfach zu bedienen sein.

Der Messtechnikspezialist lieferte die passende Technik für dieses anspruchsvolle Projekt.

Der Autor

Michael Brosig, Globales Marketing, Leiter Pressestelle, Jumo

Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:
<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202200617>

Kontakt

JUMO GmbH & Co. KG, Fulda
Tel.: +49 661 6003-0
mail@jumo.net · www.jumo.net

TÜV SÜD Chemie Service

Verwurzelt in der chemischen Industrie

Seit Beginn der Chemie in Deutschland gab es die Eigenüberwachung. Die TÜV SÜD Chemie Service GmbH ist hervorgegangen aus den Eigenüberwachungen der Chemiekonzerne Bayer, Hoechst und Dow Chemical. Unsere Sachverständigen kommen aus der Chemie und kennen Ihre Anlagen in Theorie und Praxis. Wir sprechen Ihre Sprache.

www.tuvsud.com/chemieservice



Chemie Service

Mehr Wert.
Mehr Vertrauen.



Ein Sprung in die Zukunft

Effektive Umsetzung von PAT



PAT Arbeitsplatz mit ReactIR, ReactRaman, EasySampler und EasyViewer.

Den Wandel in der chemischen und pharmazeutischen Industrie prägen die Themen: Industrie 4.0, Produktivität durch Vernetzung, Automatisierung, maschinelles Lernen und künstliche Intelligenz sowie der zunehmende Mangel an qualifiziertem Personal. Vor diesem Hintergrund ist die Einführung von PAT (Process Analytical Technology) zu einem festen Bestandteil von Arbeitsmethoden und Prozessentwicklung geworden.

Die Covid-19-Pandemie war wohl die größte Beeinträchtigung, die die chemische und pharmazeutische Industrie je erlebt hat. Schließungen führten zu einem dramatischen Rückgang der Produktivität, da Beschäftigte zu Hause bleiben mussten und nicht essenzielle Geschäfte stillgelegt wurden. Diejenigen, die ihren Betrieb aufrechterhielten, mussten schnell neue Arbeitsme-

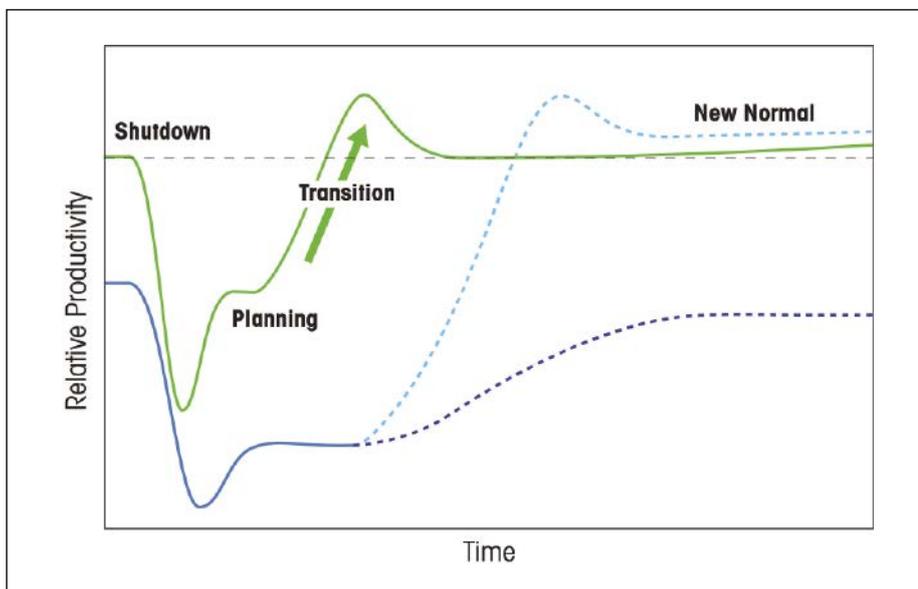
thoden finden, die die Sicherheit der Mitarbeiter gewährleisten und gleichzeitig die Produktivität aufrechterhalten.

Herkömmliche Laborversuche erfordern umfangreiche manuelle Eingriffe, so dass Mitarbeiter den vollen Arbeitstag im Labor anwesend sein müssen. Viele Labore sind jedoch an ihrer Kapazitätsgrenze, was bedeutet, dass sie

aufgrund sozialer Distanzregeln gezwungen sind, mit deutlich geringerer Kapazität zu arbeiten. Die Verlagerung von Geräten oder Umstellung auf Schichtarbeit allein konnte das Produktivitätsdefizit nicht ausgleichen und gefährdete so Projekte mit hoher Priorität.

Neue Arbeitsmethoden dank Automatisierung und PAT

Glücklicherweise gab es bereits Automatisierungswerkzeuge und laborgestützte PAT, die neue Arbeitsmethoden ermöglichten. Dies zeigte sich bei einem Auftragsforschungsunternehmen (CRO), das an einem Projekt zur Verbesserung einer Molekülsynthese arbeitete. Ihr einziges Labor war aufgrund des schnellen Wachstums des Unternehmens überlastet. Aufgrund von Beschränkungen konnten in dem Labor nur noch zwei Chemiker gleichzeitig arbeiten. Das Unternehmen plante bereits, in ein automatisiertes Reaktorsystem mit Probennahmesonde und ein sondengestütztes MID-IR-Spektrometer zu investieren – verknüpft mit einer Steuerungssoftware, die gewährleistet, dass alle Daten



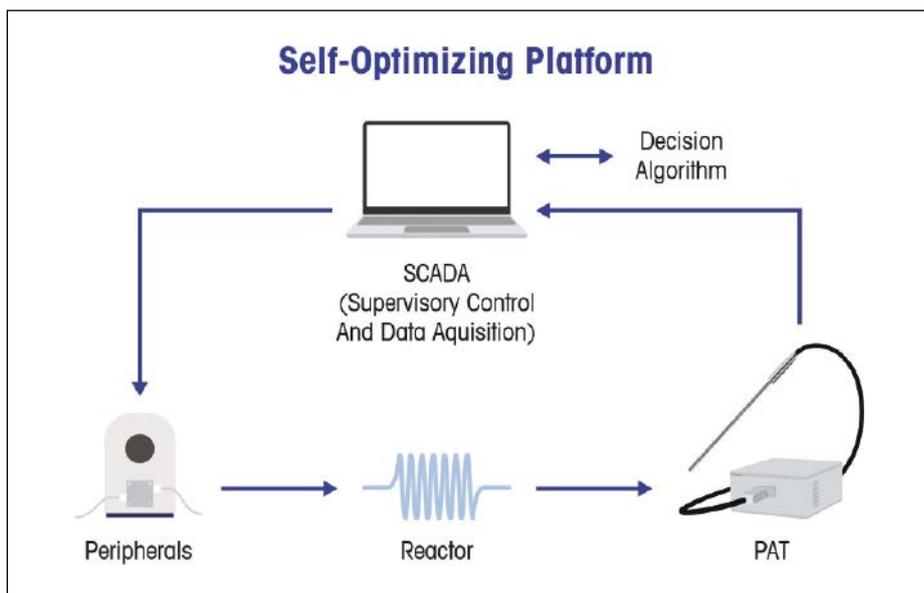
◀ Auswirkungen von unerwarteten Störungen auf die Produktivität und mögliche Folgenzenarien.

gespeichert und zuverlässig auf einen sicheren Server hochgeladen werden. Das Unternehmen zog die Investition vor und nahm sie umgehend in Betrieb. Die Forscher benötigten so nur noch kurze Zeit im Labor zur Vorbereitung der Geräte und Materialien bevor sie wieder nach Hause gehen konnten. Das 18-stündige Experiment lief automatisch ab, wobei das IR-Gerät ein vollständiges Reaktionsprofil (einschließlich wichtiger Zwischenprodukte) lieferte und die automatische Sonde Proben für die Offline-Analyse der Verunreinigung sammelte. Die experimentellen Daten wurden außerhalb des Labors abgerufen und analysiert, und zwar rechtzeitig für das nächste Experiment. Durch diese Remote-Aktivität wurde das Labor entlastet, so dass andere Kollegen ihrer Arbeit nachgehen konnten.

Auf diese Weise war das CRO in der Lage, das Projekt fristgerecht abzuschließen und seinen Ruf für die termingerechte Lieferung qualitativ hochwertiger Projekte zu wahren. Dies ist kein Einzelbeispiel. Ein kürzlich erschienenenes White Paper^[1] zeigt, wie Unternehmen durch Investitionen in solche Technologien besser in der Lage sind, die Pandemie zu bewältigen und gestärkt aus ihr hervorgehen.

Selbstoptimierende Prozessentwicklung

Das Paradigma der Industrie 4.0 hat die chemische Industrie durch die Neuorganisation der Ressourcen (Personal/Methoden/Ausrüstung) in allen Phasen der Prozessentwicklung erreicht. Der Einsatz neuer Technologien wie PAT liefert Informationen in Echtzeit und erschließt die Leistungsfähigkeit von Interkonnektivität, Automatisierung und Digitalisierung. Das führt zu einer effizienten chemischen Entwicklung. Industrie 4.0 passt besonders gut zu Flow Chemistry, die durch die Verbesserung der Ausrüstung, die



Selbstoptimierende Plattform: Zusammenschaltung von SCADA, Peripheriegeräten, Reaktor, PAT und Entscheidungsalgorithmus.

„Die erfolgreiche Umsetzung von PAT in verschiedenen Maßstäben liefert mehr Informationen aus jedem Experiment, während weniger Ressourcen benötigt werden.“

Intensivierung der Forschung und der inhärenten Vorteile in Bezug auf Effektivität und Nachhaltigkeit zur Reife gelangt ist. Eine kürzlich durchgeführte Fallstudie veranschaulicht, wie Automatisierung, Interkonnektivität und PAT in der Flow Chemistry zur Steigerung der Produktivität eingesetzt werden können. Sagmeister et al. entwickelten eine modulare Plattform, die PAT zur automatischen Selbstoptimierung eines zweistufigen Prozesses für die Synthese des Medikaments Edaravone nutzt^[2].

Die selbstoptimierende Plattform wird von einem Überwachungs- und Datenerfassungssystem (SCADA) gesteuert, welches die Sollwerte für Reaktortemperatur und Durchflussmenge berechnet. Nach dem Start der Synthese bestimmt PAT die Reagenzienkonzentrationen

Thomapren®-EPDM/PP-Schläuche – FDA konform

www.rct-online.de



Elastischer Pumpen-, Pharma- und Förderschlauch für höchste Ansprüche

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



**Reichelt
Chemietechnik
GmbH + Co.**

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



in Echtzeit. Diese werden vom SCADA-System verarbeitet und an den Entscheidungsalgorithmus zur Auswahl der nächsten Reaktionsbedingungen zurückgegeben. Das System führt wiederholende experimentelle Aufgaben mit iterativer Optimierung durch und gibt dem Chemiker Zeit für die Analyse und den Entwurf neuer Synthesewege.

Effizienz und Nachhaltigkeit als Zielvorgabe

Die selbstoptimierende Plattform zeigt die Fähigkeit zur automatischen Erkundung des chemischen Parameterfelds. Sie beschleunigte die Prozessoptimierung bei geringerem Einsatz von Ressourcen (Personal und Material). Sie führte zu einer Lösungsausbeute von mehr als 95 % bei gleichzeitiger Minimierung von Reagenzeinsatz, um die Nachhaltigkeit des Prozesses zu verbessern.

Die nachhaltige Produktion von Chemikalien und Pharmazeutika wird aufgrund erheblicher Einschränkungen bei Rohstoffen, Energiepreisen und behördlichen Beschränkungen für Abfall und Kohlenstoffemissionen immer wichtiger. Effiziente Prozessentwicklung muss daher die Nachhaltigkeit des Prozesses sowohl aus wirtschaftlicher als auch aus ökologischer Sicht berücksichtigen.

So wurde bspw. über die Entwicklung eines robusten, skalierbaren Prozesses berichtet, bei dem die Kinetik eines kritischen Zwischenprodukts bei der Belzutifan-Synthese mittels PAT untersucht wurde^[3]. Die Prozessmassenintensität (PMI) wurde um 50 % von 63 auf 29 reduziert. Das bedeutet, dass für jedes Kilogramm des finalen Wirkstoffs nur 29 kg anstatt vorher 63 kg an Materialien benötigt wurden. Darüber hinaus wurde die Prozesszeit von durchschnittlich 8,5 Tagen auf nur 5,9 Tage reduziert, was einen Produktivitätsgewinn von 30 % bedeutet.

Um diesen bedeutenden Schritt in Richtung einer nachhaltigeren Produktion zu erreichen, wurden verschiedene PAT-gesteuerte Ansätze genutzt. Die Gruppe setzte automatisiertes Screening ein, um das beste Lösungsmittel auszuwählen und Lösungsmittelaustausch während des Prozesses zu vermeiden. Das Zwischenprodukt konnte auch direkt aus diesem Lösungsmittel kristallisiert werden, um jegliche Aufarbeitung zu vermeiden. Allerdings wurden beim Scale-up Variationen von Charge zu Charge beobachtet. Die automatisierte Probenahme mit anschließender GC- und UPLC-Analyse sowie In-situ-IR- und Raman-Spektroskopiedaten aus den Reaktionen wurden genutzt, um den Mechanismus vollständig zu verstehen und die Ursache für diese Variationen zu ermitteln. Dies unterstreicht die Notwendigkeit, so viele Daten wie möglich in einem frühen Stadium des Prozesses zu erfassen.

Hybrider Ansatz aus Experiment und Modellierung

Es wurden signifikante Änderungen in der Kinetik zwischen geschlossenen, gespülten und belüfteten Reaktionsbedingungen beobachtet, die auf den CO₂-Gehalt im Reaktionsgemisch zurückgeführt wurden. Die erforderliche Stickstoffspülung wurde durch Modellierung mit DynoChem-Software optimiert, und Auswirkungen von Scale-up-Faktoren wie Rührergeschwindigkeiten und Füllvolumen wurden in silico untersucht. Dieser hybride Ansatz aus Experimenten und Modellierung führte zur Entwicklung eines robusten Verfahrens, das vom Labor- über Pilot- bis hin zum kommerziellen Maßstab eingesetzt werden kann.

PAT wurde traditionell für Entwicklungen in sehr spezifischen Bereichen eingesetzt, die von individuellen Projekten getrieben wurden. Die

Industrie ist jedoch dabei, Arbeitsmethoden zu ändern, um besser auf künftige Unwägbarkeiten zu reagieren und Produktivitäten zu steigern, damit Produkthanforderungen erfüllt werden. Darüber hinaus müssen Produktionsprozesse aufgrund des wirtschaftlichen und ökologischen Drucks nachhaltiger werden. Eine smarte Möglichkeit, diese Herausforderung erfolgreich zu bewältigen, ist, aus jedem Experiment eine maximale Menge an Information bzw. Daten zu gewinnen und so schon in frühen Entwicklungsstadien das Prozessverständnis zu steigern. PAT ist zu einer entscheidenden Komponente für die Gewinnung von Echtzeitinformationen aus jedem Experiment geworden, die eine vernetzte (automatisierte) Entscheidungsfindung ermöglicht. PAT verändert die Industrie und ist nicht mehr nur ein „Nice to have“, sondern ein „Need to have“ geworden.

Referenzen:

- [1] Covid-19 Recovery in Chemical R&D – Mettler Toledo (mt.com)
- [2] <https://doi.org/10.1002/adv.202105547>
- [3] <https://doi.org/10.1021/acs.oprd.1c00231>

Die Autoren

Ian Haley, Paul Hermant, Paul Kuijpers,
Technology & Application Consultant,
Mettler-Toledo AutoChem

Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:
<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202200618>

Kontakt

Mettler-Toledo GmbH, Gießen
Tel.: +49 641 507-0 · www.mt.com

Schnelle Partikelmessung im weiten Bereich

Die Analysette 22 NeXT ist eine neue, überarbeitete Generation Partikelmessgeräte von Fritsch für Anwendungen von der Produktions- und Qualitätskontrolle über Forschung und Entwicklung bis zur Steuerung von Fertigungsprozessen. Die Geräte arbeiten mit nur einem Laser und benötigen selbst für die Rückwärtsstreuung keine zusätzliche Lichtquelle. So erfassen sie den gesamten Messbereich mit einer einzigen Aufnahme. Die Messzeiten liegen inklusive rückstandsreicher Reinigung meist unter einer Minute. Der Typ Micro mit einem Messbereich von 0,5 bis 1.500 µm wurde für alle üblichen Messaufgaben ausgelegt, während Nano ein High-End-Gerät mit zusätzlichem Detektorsystem und einem extra weiten Messbereich von 0,01 bis 3.800 µm für hohe Genauigkeit und



Empfindlichkeit bei kleinsten Partikeln ist. Die einfache Bedienung, kurzen Analysezeiten, reproduzierbaren Ergebnisse und die Erfassung zusätzlicher Parameter wie Temperatur und pH-Wert bei der Nass-Dispergierung haben alle Modelle gemein. Die robuste Dispergierereinheit für die Nass-Dispergierung ist langlebig und praktisch wartungsfrei. Ein kompletter Verzicht auf Ventile und bewegliche Dichtungen im Proben-

kreislauf sorgt dafür, dass keinerlei Toträume entstehen und sich kein Probenmaterial festsetzen kann. Die leistungsstarke Zentrifugalpumpe mit regelbarer Geschwindigkeit transportiert auch schwere Partikel im gesamten Kreislauf und sorgt für eine stabile Messung. Für agglomerierende Proben kann eine optionale Ultraschall-Box in den Probenkreislauf eingefügt werden.

Kontakt

Fritsch GmbH, Idar-Oberstein
Tel.: +49 6784 70-165
wahl@fritsch.de · www.fritsch.de



© Bürkert

Vollautomatische Eisenmessung und Dokumentation

Online-Wasseranalyse im kompakten Schaltschrank

Den Eisengehalt in Trinkwasser ständig zu kontrollieren, ist manuell recht aufwendig. Das Bürkert Online-Analysesystem mit dem Eisenanalysator MS06 für photometrische Eisenmessung erledigt das vollautomatisch, umfasst mehrere Messstellen und erlaubt lange Wartungsintervalle.

Für die Trinkwassergewinnung sowie Wassererzeugung in der Lebensmittel- und Pharmaindustrie ist die kontinuierliche Überwachung wichtiger Qualitätsparameter ebenso essenziell wie bei der Meerwasserentsalzung oder der Abwasserbehandlung. Für viele Anwendungen ist der Eisengehalt im Wasser ein wichtiger Messwert, da er Ablagerungen und Trübungen bzw. Geschmacksbeeinträchtigungen bei Lebensmitteln verursacht. Daher wird das Eisen in Wasser mit zu hohem Eisengehalt entfernt, das gereinigte Wasser dann jedoch meist durch eine Probenahme vor Ort manuell geprüft. Die Wasseranalyseexperten von Bürkert Fluid Control Systems bieten für solche Einsatzbereiche eine kompakte, vollautomatische Lösung, die über einen Eisenanalysator eine kontinuierliche Fließinjektionsanalyse (FIA) auf Basis photometrischer Eisenanalyse ermöglicht. Bei Bedarf kann das System kostengünstig auf mehrere Entnahmestellen erweitert werden. Über weitere Sensormodule lassen sich flexibel alle relevanten Wasserparameter messen und so die Prozess-

sicherheit erhöhen. Wie alle Sensor-Cubes lässt sich der Eisensensor leicht in das Online-Analysesystem integrieren – zum Beispiel als robuste IP65 Schaltschranklösung Typ 8906. Die Wasseranalyse im kompakten Schaltschrank wird dann individuell aufgebaut und umfasst je nach Wunsch neben Eisen auch pH-Wert, Chlor- und Chlordioxid, ORP-Wert, Trübungs- und Leitfähigkeitsmessungen. Alle Sensoren sind entweder wartungsfrei oder mit langen Wartungsintervallen und können so ressourcenschonend betrieben werden.

Kompakte Eisenmessung

Der Eisenanalysator bestimmt den Eisengehalt im Bereich von 0 bis 2 mg/l, größere Detektionsbereiche sind auf Anfrage lieferbar. Dazu wird Prozesswasser automatisch an bis zu vier unterschiedlichen Entnahmestellen zyklisch entnommen und im Sensor mittels Fließinjektionsanalyse gemessen. Spülung, Probenahme, Reagenzzugabe, Mischen und fotometrische Analyse laufen automatisch ab. Das Ergebnis

kann per Datenlogger im System oder auf der übergeordneten SPS gespeichert werden. Das optimierte Messgerät kommt mit nur 50 µl je Reagenz pro Messung aus. Dadurch reicht eine Vorratsflasche für ca. 5.000 Messungen. Das selbstkalibrierende System erlaubt Messintervalle von 60 min zwischen den Messungen. Der Betriebsdruck liegt bei 1 bar, die automatische Reinigung und die EDIP-kompatible Kommunikation (Bürkert-eigene Efficient Device Integration Platform) gestatten eine schnelle Installation und leichte Einbindung in die Prozessautomation.

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

■ <https://dx.doi.org/10.1002/citp.202200619>

Kontakt

Bürkert Fluid Control Systems, Ingelfingen

Tel.: +49 7940 10-0

info@buerkert.de · www.buerkert.de



Nicki Teumer,
technischer Redakteur
für Anatox

Chromatographische Geräte in einem geregelten Umfeld müssen regelmäßig durch die Hersteller selbst oder Prüfeinrichtungen qualifiziert werden. Für die Gerätenutzer birgt das einen hohen Kosten- und Verwaltungsaufwand. Damit die Qualifizierung kosten- und zeiteffizienter erfolgen kann, hat Anatox das AIQ-Tool entwickelt: Mit der Software werden autorisierte Gerätenutzer in die Lage versetzt, Qualifizierungen in sehr kurzer Zeit herstellerunabhängig selbst durchzuführen.

Viele Laborbereiche verschiedener Branchen arbeiten im regulierten Umfeld, weswegen dort eingesetzte Instrumente regelmäßig qualifiziert werden müssen.

Gerätequalifikation des eigenen Equipments

Intuitive Software leitet manipulationssicher durch den Prozess

Chromatographische Systeme zählen zur Standardausrüstung zahlreicher Labore. Dies gilt für den Bereich der pharmazeutischen Produktion sowie der Kosmetikherstellung ebenso wie für den Bereich Food and Life Science. Dabei spricht man zumeist vom sogenannten regulierten Umfeld, weshalb für die Gerätequalifizierungen die gängigen Normen wie 21 CFR Part 11, EPA CROMERR, Good Laboratory Practices (GLP) und Good Manufacturing Practices (GMP) zur Anwendung kommen. Das Ziel ist, einerseits zuverlässige und genaue Daten von den Geräten zu erhalten, die einen einwandfreien Betrieb

bestätigen, sowie andererseits Zustände, wie „außerhalb der Spezifikation“, zu vermeiden. „Die Vorgaben sind jedoch sehr allgemein gehalten, sodass jeder Hersteller die Qualifikationsprüfung selbst so gestalten kann, wie er es für sinnvoll hält, solange die Kriterien der Regularien erfüllt sind“, berichtet Detlef Wilhelm, Geschäftsführer bei Anatox. „Für die Anwender bedeutet dies einen enormen Aufwand, da sie jedes Gerät einzeln nach Vorgaben der jeweiligen Hersteller qualifizieren lassen müssen.“

Abhilfe schafft hier das AIQ (Automatic Instrument Qualification)-Tool des Unternehmens.

Diese Software hilft bei der Charakterisierung der Instrumente, indem sie Systemprüfungen und vollständige Installations-, Betriebs-, Leistungs- und Reparatur-Qualifizierungsverfahren weitgehend automatisch durchführt und den Nutzer sicher durch den Prozess leitet. Alle Prüfungen können vom Laborpersonal mit entsprechender Schulung und Zertifizierung selbst bewerkstelligt werden – die Beauftragung eines externen Prüflabors oder des Geräteherstellers ist nicht mehr notwendig. So werden Zeit und Kosten eingespart und das Labor steht in keinem Abhängigkeitsverhältnis mehr.

Manipulationsfrei und hersteller-unabhängig qualifizieren

Zu Beginn erfolgt die Prüfung der Freigaben des angemeldeten Nutzers, die vor dem ersten Arbeiten mit AIQ in einer Schulung durch den Softwareanbieter zertifiziert werden. Nach der Anmeldung erfasst die Software, welche Geräte registriert sowie angeschlossen sind, und generiert eine Liste entsprechender Qualifizierungs- sowie Betriebsprüfungen. „Obligatorische Tests werden automatisch angezeigt und aufeinander aufbauend sortiert. So wird sichergestellt, dass kein Test vergessen wird oder abgewählt werden kann“, ergänzt Wilhelm. Das Tool leitet den Anwender Schritt für Schritt durch den Prozess und gibt bspw. vor, welche Referenzproben für den jeweiligen Test benötigt werden. Ist deren Einsatz bestätigt (z.B. durch Zertifikate) und die entsprechende Prüfung initiiert, führt die Software alle weiteren Schritte in Kommunikation mit dem Gerät durch. Das Treiberkonzept des AIQ-Tools nutzt dabei die direkte Steuerung des angeschlossenen Instruments für den Datenaustausch. Dabei werden das vorhandene CDS (Chromatographiedatensystem) sowie angeschlossene Handgeräte blockiert, sodass die Qualifizierung des einzelnen Gerätes keinen Einfluss auf die bereits qualifizierte Umgebung im Labor hat. Sämtliche Parameter werden kontinuierlich überwacht und die erfassten Ergebnisse – inklusive aller Roh- und Metadaten – in



Die Tests des Tools sind so aufgebaut, dass sie allen gängigen Normen gerecht werden und die Qualifizierung nach dem 4Q-Modell abbilden können.

der eigenen Datenbank gespeichert, sodass sie nicht durch externe Zugriffe manipulierbar sind. Auch werden Fehlermeldungen und die Schritte, die der Nutzer in diesen Fällen eingeleitet hat, registriert (Audit Trail). Zudem legt das System automatisch ein Report an, der am Ende als Beleg für die erfolgreiche Qualifikation ausgegeben werden kann.

Anatox führt im Vorfeld Schulungen mit dem Personal durch, wobei verschiedene Zugriffsrechte definiert und Zertifikate ausgestellt werden. So kann festgelegt werden, ob ein Bediener die Qualifizierung durchführen darf oder nur Zugriff auf den eigentlichen Report erhält.

Ebenso lässt sich definieren, ob Benutzern Einblick in die Berichte aus anderen Systemen oder älteren Prüfungen im Labor gewährt wird. Dadurch werden Manipulationen oder fehlerhafte Testabläufe durch nicht autorisierte Mitarbeiter verhindert. Gleichzeitig schafft dies Sicherheit beim Personal, da Zuständigkeiten genau festgelegt sind. Auch reparierte oder getauschte Module lassen sich schnell nachqualifizieren. Das Tool erkennt automatisch neu registrierte Komponenten und generiert entsprechende Testabläufe, um den Qualifizierungsstatus normgerecht zu gewährleisten. „Die Qualifikationen dauern dabei je nach Komplexität des angeschlossenen Systems drei bis vier Stunden, sodass der Laboralltag nur minimal beeinträchtigt wird“, so Wilhelm abschließend.

Der Autor

Nicki Teumer, technischer Redakteur für Anatox

Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern: <https://dx.doi.org/10.1002/citp.202200620>

Kontakt
AnaTox GmbH & Co. KG, Fürstenwalde/Spree
 Tel.: +49 3361 36 98 - 950
 info@anatox.de - www.anatox.de

Individuell und flexibel – Messkoffer für den mobilen Einsatz

Die Firma Delphin Technology erweitert ihr Angebot an Messkoffern. Neben den individuell ausgeführten sind nun auch Messkoffer in kostengünstiger Standardkonfiguration für oft auftretende Messaufgaben erhältlich. Diese wurden insbesondere für Anwendungen aus den Bereichen Störwerterfassung, Condition Monitoring, Energiedatenerfassung, vielkanalige präzise Temperaturmessung, Schwingungsanalyse, Abnahmemessungen, Qualitätssicherung, Service und Inbetriebnahme entwickelt. Dabei kommt auf die jeweilige Anwendung zugeschnittene Präzisionsmesstechnik zum Einsatz. Die erfassten Messdaten werden ausfallsicher im Messkoffer gespeichert und können sowohl mobil als auch am PC-Arbeitsplatz ausgelesen und analysiert werden. Zusätzlich werden in den Messkoffern alle weiteren Komponenten verbaut, die für die Anwendung benötigt werden, z.B. Messaufnehmer, Messumformer und weitere Messkomponenten. Der



Anschluss der Sensoren, Aktoren und Signale erfolgt über lösbare Steckverbinder, die in die Frontplatte eingelassen sind. Die Art der Anschlüsse (Laborbuchsen, Schraubklemmen, Thermominiaturbuchsen etc.) ist dabei frei wählbar. So wird eine hohe Flexibilität sichergestellt und Kabelsalat vor Ort wird vermieden.

Kontakt
Delphin Technology AG,
Bergisch Gladbach
 Tel.: +49 2204 97685 - 0
 info@delphin.de · www.delphin.de

Binärer Gasanalysator für nicht-invasive Messungen

Schnell, kontinuierlich und nicht-invasiv bestimmt der Gasgemischanalysator BGA244 von Scientific Instruments das Verhältnis zweier Gase oder die Reinheit eines einzelnen Gases anhand der Schallgeschwindigkeit und der Temperatur. Zur Berechnung der genauen Zusammensetzung werden thermodynamische Daten und Informationen zur Molaren Masse der Komponentengase herangezogen, die für mehr als 250 Gase und Flüssigkeiten tabellarisch festgehalten wurden. Zehntausende von Gemischen sind so messbar. Daten für weitere Gase lassen sich ergänzen. Bei der Gasverhältnismessung liegt die absolute Genauigkeit i.d.R. bei 0,1 %, die relative bei 0,001 %. Wird, wie bei der Metallorganischen Chemischen Gasphasenabscheidung (MOCVD), ein Trägergas als Referenz verwendet, kann die Genauigkeit der Dotierkonzentration bei 10 ppm liegen. Der physikalische Messmodus dient der Messung der thermodynamischen Eigenschaften von Gasgemischen.



Eine Eingabe von Grenzwerten ist möglich. Der Analysator kann direkt in den Gasfluss installiert werden und deckt den Massebereich von N2 bis SF6 ab. Das Gerät verfügt über Dichtungen aus Metall und kommt ohne Laser, Filamente, chemische Sensoren, optische Quellen, Trennsäulen, Referenzgase oder Reagenzien aus. Daher arbeitet es zuverlässig, kostengünstig und praktisch wartungsfrei.

Kontakt
SI Scientific Instruments GmbH,
Gilching/München
 Tel.: +49 8105/7794-0
 mjdreher@si-gmbh.de
 www.si-gmbh.de



© Travel mania@shutterstock.com | toigaldun@shutterstock.com

Grundlage für eine effiziente Digitalisierung

OT-IT-Integration in der Prozesstechnik

NOA und OPC UA ebnen den Weg zu Industrie 4.0 in der Prozessindustrie. Smarte IoT-Tools warten lediglich auf die nötigen Daten. Längst sind in Brownfield-Anlagen Tausende von intelligenten Feldgeräten installiert, die diese liefern könnten. Wie Diagnoseinformationen und Prozessmesswerte ohne großen Aufwand ihren Weg auf IoT-Plattformen finden, zeigt eine skalierbare, sichere Best-of-Breed-Lösung von drei erfahrenen Anbietern – die OT-IT-Bridge.

Die digitale I4.0-Prozessanlage ist nur noch einen Schritt entfernt. Das NOA-Konzept (NAMUR Open Architecture) hat überzeugt und wird die Grundlage bilden. Daten für das Monitoring und die Prozessoptimierung können auf einem zweiten Datenkanal von der Produktion, also der Operational Technology (OT), auf die IT-Ebene übertragen werden – rückwirkungsfrei, ohne die Kernautomatisierung zu beeinflussen. So scheint endlich auch in der Prozessindustrie das „Füttern“ gewinnversprechender Industrie-4.0-Anwendungen möglich, die auf unterschiedliche Weise den Datenschatz verarbeiten und einen Gewinn an Effizienz oder Sicherheit versprechen.

Eigentlich könnte man sofort damit beginnen, denn an Daten fehlt es nicht. Seit mehreren Jahrzehnten werden in der Prozessindustrie Sensoren und Aktoren eingesetzt, die das Prädikat „intelligent“ tragen. Neben dem eigentlichen Messwert stellen sie Informationen bereit, die Aussagen über ihre fehlerfreie Funktion, bald fällige Instandhaltungsmaßnahmen oder Optimierungspotenziale des Prozesses zulassen. Tatsächlich werden diese Möglichkeiten in etlichen Anlagen bereits genutzt. Anlass gaben oft eine mangelnde Zuverlässigkeit des

Prozesses oder eine unzureichende Ausbeute. Von der systematischen Analyse aller zur Verfügung stehender Daten sind die meisten Anlagenbetreiber jedoch weit entfernt. Vielmehr mühen sich Prozessingenieure mit dem Jonglieren weniger Daten in „ihrer“ Excel-Liste ab, um zumindest einige Prozent oder sogar nur Promille an Effizienzsteigerung zu erzielen.

NOA-Konzept als Basis

Was bislang fehlte, ist eine einfache Möglichkeit der OT-IT-Integration, um für den Datenfluss vom Feld, also aus der Produktionsebene, auf die IT-Ebene auf eine NOA-konforme Weise zu sorgen. Liegen die Daten auf einer Plattform als Datendrehscheibe vor, können sie von jeglichen Analyse- und Optimierungswerkzeugen verwendet werden – insbesondere von Tools, die anders als betriebswirtschaftliche Programme tatsächlich für Prozessingenieure, für die Analyse von Prozessdaten kreiert wurden.

Dies klingt zunächst relativ einfach, doch die Aufgabe ist komplexer als es auf den ersten Blick scheint. Kein Player im Markt bringt die notwendigen Spezialkenntnisse zu ihrer umfassenden Lösung vollständig mit. Daher bot sich eine Kooperation an, zu der sich Krohne, Phoenix Contact und

die Software Aktiengesellschaft entschlossen haben – motiviert von dem nicht unrealistischen Szenario, dass sich über kurz oder lang US-amerikanische oder chinesische IT-Konzerne auf dem Feld der Industrial Automation und Industrie 4.0 breit machen könnten. Mit dem Ziel einer Best-of-Breed-Lösung brachte jeder Partner sein spezielles Wissen ein: Krohne als langjähriger Hersteller von Lösungen für die Prozessinstrumentierung, Phoenix Contact mit seiner Expertise für OT-Verbindungs- und Automatisierungstechnik und die Firma Software als einer der Weltmarktführer für Integrationsplattformen sowie IoT- und Analytics-Lösungen für Unternehmen.



Typische Anwendung von Durchflussmess-technik in der Chemie: abgesetzte Messumformer mit HART-Schnittstelle

Potenziale der Prozessmesstechnik ausschöpfen

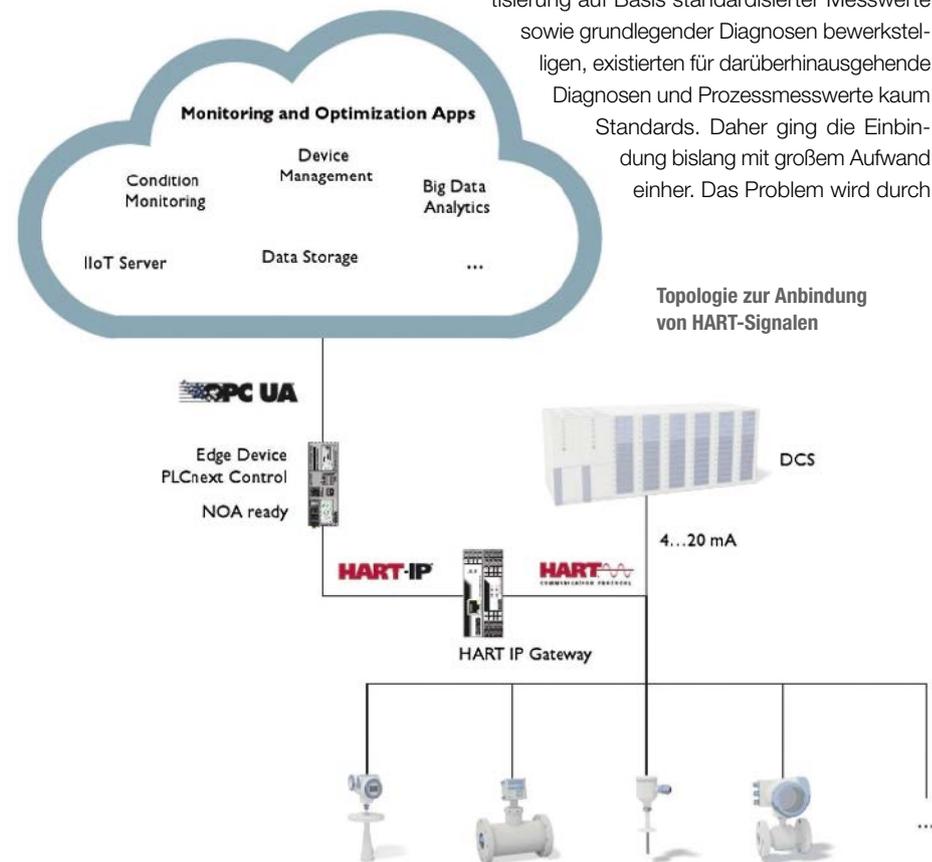
Den Partnern ist es ein Anliegen, dass Anwender die Potenziale, die ein Großteil der Prozessmesstechnik – ausgestattet mit HART- oder Feldbusschnittstellen – seit Jahrzehnten bietet, in Zukunft wirklich ausschöpfen können. Fast alle Feldgeräte übertragen neben der primären Messvariablen über das digitale HART-Protokoll Diagnoseinformationen hinsichtlich ihres Zustands sowie weitere Prozesswerte. Zusätzlich zum Durchfluss erfassen bspw. magnetisch-induktive Messgeräte die Leitfähigkeit, die Rückschlüsse auf einen Belag im Rohrleitungssystem zulässt. Dies kann für die vorausschauende Instandhaltung genutzt werden, z.B. wenn der Belag die Gefahr birgt, eine Pumpe zu beschädigen. Coriolis-Masse-Durchflussmessgeräte bestimmen ebenfalls den Gasblasenanteil und erlauben Dichte- und Konzentrationsmessungen. Bei der Füllstandmessung liefern Sensoren Informationen über etwaige Schaumbildung. Und in verschiedene Messgeräte für unterschiedliche Parameter sind ergänzend Temperatursensoren eingebunden.

Bei der nach wie vor weit verbreiteten Übertragung über 4...20 mA ohne parallelen Einsatz des vorhandenen digitalen Systems (bspw. HART) gehen diese zusätzlichen Mess- und Diagnosewerte jedoch weitgehend verloren. Sie werden bestenfalls im Rahmen einer Vor-Ort-Verifikation verwendet. Doch von ihrer breiten Erfassung über digitale Schnittstellen könnten Big-Data-Anwendungen profitieren. Natürlich kann man dafür sogenannte „Spaghetti-Linien“ aufbauen; im Rahmen kleinerer Pilotprojekte für Industrie-4.0-Anwendungen könnte dies ausreichen. Aber für die breite Nutzung der IIoT-Potenziale ist es zielführend, dass Datenflüsse über passende Schnittstellen effizient ineinandergreifen. Über eine gelungene

schränk oder auf der Hutschiene, gelingt das im bestehenden Rangierfeld. Ältere Sensoren erhalten die nötige Konnektivität durch ein Gateway, mit dem sie zum I4.0-Sensor upgegradet werden. Die von Krohne, Phoenix Contact und der Firma Software realisierte Interface-Lösung setzt dazu das OPC UA-Protokoll ein. Über die OPC UA-Schnittstelle eines Feldcontrollers von Phoenix Contact gelangen die Daten durch die sogenannte OT-IT-Bridge auf die Plattform von Software. Damit stehen diese Daten bspw. für die Analyse, das Monitoring und die Optimierung zur Verfügung. Bei Bedarf können die erfassten Daten auch schon in der Produktionsanlage (vor Ort) über eine Edge-Lösung vorverarbeitet und für die Übertragung entsprechend aggregiert werden. So lässt sich das große Potenzial von Bestandsanlagen mit heute erhältlichen Komponenten und Softwaretools relativ einfach erschließen.

PA-DIM respektive NOA IM als gemeinsames Informationsmodell

Einer der Schlüssel zur funktionierenden OT-IT-Integration für Industrie 4.0 liegt in der Standardisierung der Semantik der gewonnenen Daten. Sie erst schafft den Kontext, durch den Daten ihren eigentlichen Wert erlangen. Während aktuelle Protokolle die Kernautomatisierung auf Basis standardisierter Messwerte sowie grundlegender Diagnosen bewerkstelligen, existierten für darüberhinausgehende Diagnosen und Prozessmesswerte kaum Standards. Daher ging die Einbindung bislang mit großem Aufwand einher. Das Problem wird durch





Die Produktfamilie der PLCnext Controller stellt die optimale Plattform für die OT-IT-Integration dar

eine Art Wörterbuch gelöst, das klarstellt, welche Bezeichnung für einen bestimmten Diagnose- oder Prozesswert steht.

Mit PA-DIM (Process Automation – Device Information Model) respektive NOA IM wurde ein solches gemeinsames Informationsmodell für Prozessgeräte definiert. Es umfasst neben sogenannten Nameplates mit Angaben zu Hersteller, Seriennummer oder Gerätetyp auch Semantic IDs, die bestimmten Daten – etwa Prozessvariablen – zugewiesen werden. Aufgrund internationaler Standardisierung im Common Data Dictionary (CDD) der IEC 61360 sowie der IEC 61987 sind diese IDs eindeutig. Das Konzept liegt der Lösung von Krohne, Phoenix Contact und Software zugrunde. Sie kann somit herstellerunabhängig auf die standardisierten Geräteinformationen zugreifen und diese gemäß PA-DIM für übergeordnete Applikationen bereitstellen. Die Kontextualisierung ist dabei gegeben. Ein integrierter IIoT-Server im Feldcontroller von Phoenix Contact identifiziert den Sensor automatisch und ordnet ihm die richtige Beschreibungsdatei zu. IIoT-Tools der Firma Software für Device Integration und Managements sorgen zum einen dafür, dass dieser Pool an Beschreibungsdateien immer aktuell ist. Auf der anderen Seite bereiten sie die gewonnenen Daten für die anschließende einfache Auswertung in unterschiedlichen Anwendungen auf.

Datenverarbeitung nahezu in Echtzeit

Eine so gestaltete durchgängige Kommunikation stellt besonders hohe Anforderungen an die IT-Sicherheit. Gerade dies gilt als eine herausragende Eigenschaft von OPC UA. Das Protokoll berücksichtigt insgesamt sieben Sicherheitsaspekte¹¹, wobei es auf offenen, etablierten Standards aufsetzt. Darauf ist auch die hohe Akzeptanz durch

die IT-Verantwortlichen zurückzuführen, die bei der OT-IT-Integration eine wesentliche Rolle spielen. Die gemeinsame Schnittstelle zwischen protokollwandelnden OT-Komponenten von Phoenix Contact und der Integrationslösung der Firma Software ist die Basis, um Datenflüsse im höchsten Maße effizient grafisch zu orchestrieren. Das Konzept erfüllt die wichtigen Enterprise Grade Features wie Skalierbarkeit, Hochverfügbarkeit, Sicherheit sowie Wartbarkeit und Nachvollziehbarkeit – z.B. durch eingebaute Versionierungsfähigkeiten. Darüber hinaus werden die Daten nahe Real-Time verarbeitet.

Die verwendete Integrationsplattform, einst für die Integration von Business-IT-Komponenten konzipiert, wird kontinuierlich weiterentwickelt, um Anforderungen im Industrie-4.0-Kontext abzudecken. In der OT-IT-Bridge übernehmen die Tools von Phoenix Contact den Part des Datensammlers und übernehmen zudem die Kontextualisierung, das Anreichern der Rohdaten bspw. um Informationen zum Messzeitpunkt. Schließlich übergeben sie die Daten geschlossen und sicher an die Plattform von Software.

Weniger Aufwand durch Wiederverwendung

Spätestens in großen Anlagen mit Tausenden von Messstellen wird sich eine derartige Lösung als unverzichtbar erweisen. Denn ohne sie wären die Komplexität und das Mengengerüst der Daten nicht handhabbar, die möglichen IIoT-Use-Cases somit nicht realisierbar. Aber selbst bei ersten Industrie-4.0-Pilotprojekten, in denen unter Umständen die Verknüpfung durch manuellen Datenexport und -import möglich wäre, bietet sich die Nutzung der OT-IT-Bridge an. Die Skalierbarkeit der Lösung sorgt dafür, dass der

erprobte II.0-Use-Case nach der Evaluierungsphase problemlos und mit geringem Aufwand ausgerollt und vervielfältigt werden kann.

Bestandsliste der HART-Geräte per Knopfdruck

Ist die OT-IT-Integration umgesetzt, lassen sich zahlreiche Industrie-4.0-Applikationen realisieren. Als unmittelbar nutzbringend betrachten viele Anwender heute Use Cases wie Predictive Maintenance sowie das verteilte Monitoring von Prozessanlagen. Gerade das Verknüpfen von Daten unterschiedlicher Feldgeräte kann – wegen der Standardisierung mittels PA-DIM – zu völlig neuen Erkenntnissen und einem großen Gewinn für den Instandhaltungsprozess und die Anlagenverfügbarkeit führen.

Ein einfach durchzuführender Use Case besteht darin, jederzeit eindeutig festzustellen, welche Geräte und Maschinen aktuell in der Anlage verbaut sind, also automatisch einen As-planned-as-built-Abgleich vorzunehmen. Besonders in schon lange laufenden Großanlagen der Prozessindustrie sind häufig Diskrepanzen festzustellen, weil einzelne Sensoren oder Aktoren in der Vergangenheit durch andere Modelle ausgetauscht, dies jedoch nicht korrekt dokumentiert wurde. Aufgrund der OT-IT-Integration kann man die derzeitige Bestandsliste der HART-Geräte auf Knopfdruck erstellen. Wichtige Herstellerinformationen wie Geräteabkündigungen lassen sich anschließend zuordnen, und der Bestand von Ersatzgeräten kann zuverlässiger organisiert werden. Die so erlangte, ständig aktuelle Anlagentransparenz ist ferner zur Generierung eines digitalen Zwillings erforderlich. Auch in der Öl- und Gasindustrie zahlt sich die – unter Umständen nachträgliche – Digitalisierung aus.

Professionelle Datenauswertung

Zu den wohl weitverbreitetsten Tools zur Analyse von Big Data in Chemiekonzernen gehört Trendminer, das die Firma Software anbietet. In vielen Betrieben hat es bereits Microsoft Excel als Instrument zur Datenauswertung abgelöst. Prozessingenieuren gelingt mit dem Programm auf professionelle Weise, was sie mit Excel provisorisch darzustellen versuchen: Überwachung der Produktionsprozesse, Analyse von Diagnosedaten und Prozesswerten oder eine einfache Vorhersage von Ereignissen. Datenspezialisten müssen nicht hinzugezogen werden. Vielmehr ist die Software für Anwender mit einem tiefen Prozess-Know-how optimiert. Lediglich die Leichtigkeit der Bedienung erinnert an Microsoft Excel. Bestandteile wie etwa die Recommendation Engine^[2] eröffnen großen Zusatznutzen im Tagesgeschäft. Sie schlägt automatisiert Sensor Tags vor, die relevant für eine aktuelle Analyse oder für bestimmte, wiederkehrende Anlagenprobleme sein könnten. So lassen sich beispielsweise auffällige Messwerte und deren Auswirkung auf die Produktqualität untersuchen. Gerade angesichts hoher Arbeitsauslastung können Prozessingenieure dadurch bei der Suche nach Fehlerursachen und der Vermeidung von Ausschuss effizient und nachhaltig unterstützt werden.

Ähnlich einfach funktioniert Cumulocity IoT. Mit diesem Werkzeug können sich Anwender unter anderem Informationen – z.B. kritische Werte – auf einem übersichtlichen Dashboard anzeigen lassen. Auch dies geht (ganz im Sinne von NOA) parallel zu existierenden klassischen Leitsystem- und SCADA-Strukturen. So wird bspw. Condition Monitoring oder Energie-Monitoring unterstützt. Die Königsklasse der Industrie-4.0-Use Cases auf Basis umfassender, einfach zu realisierender OT-IT-Integration ist der digitale Zwilling in seiner großen Ausprägung: das umfassende digitale Abbild einer kompletten Produktions-

anlage mit all ihren Aspekten. Es ist zu erwarten, dass dabei die DEXPI (Data Exchange in the Process Industry)-Initiative eine große Rolle spielen wird. Auf der Grundlage eines neutralen Standards erleichtert sie künftig den Datenaustausch zwischen Softwaretools verschiedener Hersteller deutlich.

Nutzung zusätzlicher M+O-Sensoren

Aktuell laufen bereits viele Modellprojekte in der Prozessindustrie, um die Potenziale der Industrie 4.0 auszuloten. Dabei werden oft zusätzliche sogenannte M+O-Sensoren verwendet, beispielsweise Druck- oder Temperaturmessstellen, Clamp-on-Durchflussmessgeräte, aber auch Körperschall- und Vibrationssensoren, die für die Kernautomatisierung des Prozesses nicht erforderlich sind, für bestimmte Analysen jedoch wichtige Daten liefern. Nicht immer muss tatsächlich Messtechnik nachgerüstet werden, zum Beispiel um den Zustand des Rotating Equipment zu überwachen. Denn während hochpreisige Pumpen oder Kompressoren mit Sensorik, etwa zur Vibrationserfassung, ausgerüstet sind, ist dies bei kostengünstigen Maschinen nicht der Fall. Eine Nachrüstung käme meist zu teuer. Um dennoch ein Monitoring umzusetzen, können stattdessen existierende Messwerte, bspw. die von benachbarten Drucksensoren, oder der Verlauf der Motorbetriebswerte herangezogen werden.

Wer auf einfache Weise Zusatzsensoren einbinden und die Analyse der Massendaten bewerkstelligen kann, der wird schnell feststellen, welche weiteren Prozessvariablen einen Mehrwert bringen könnten. Da die Auswertung der Daten mit modernen Softwaretools auf der IT-Ebene stattfindet, kommen die Sensoren mit wenig eigener Intelligenz aus. Zusätzliche Sensorik - etwa intelligente Video- oder Wärmebildkameras - können darüber hinaus wesentliche Informationen über die Anlagenzustände liefern.

Diese lassen sich ebenfalls mit Hilfe kostengünstiger Feldcontroller problemlos integrieren. Ihre Daten erreichen übergeordnete Systeme – wie die Plattformlösung der Firma Software – direkt und ohne Umwege über das Leitsystem. Gegebenenfalls kann auch die drahtlose Übertragung, z.B. über WirelessHART oder LoRaWAN^[3], eingesetzt werden, insbesondere wenn die Datenraten gering sind.

Referenzen

- [1] <https://www.computer-automation.de/steuerungsebene/safety-security/die-sicherheitsmechanismen-von-opc-ua.104251.3.html>, 9.5.2022
- [2] <https://support.trendminer.com/hc/de/articles/115005662566-Recommendation-Engine>, 9.5.2022
- [3] LoRaWAN steht für Long Range Wide Area Network, wurde speziell für IoT und IIoT entwickelt und ermöglicht ein energieeffizientes Senden von Daten über lange Strecken. <https://www.linemetrics.com/de/lora-und-lorawan-einfach-erklart/>, 9.5.2022

Die Autoren

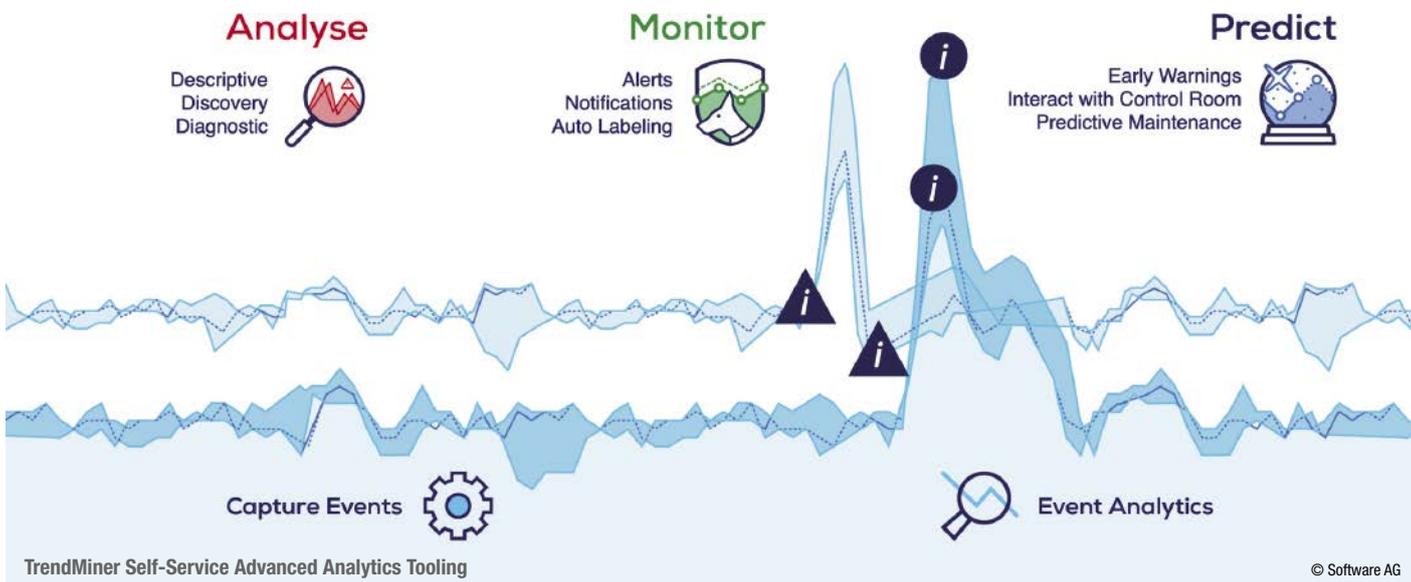
Thilo Glas, Senior Specialist Engineering im Vertical Market Management Process, Phoenix Contact Electronics

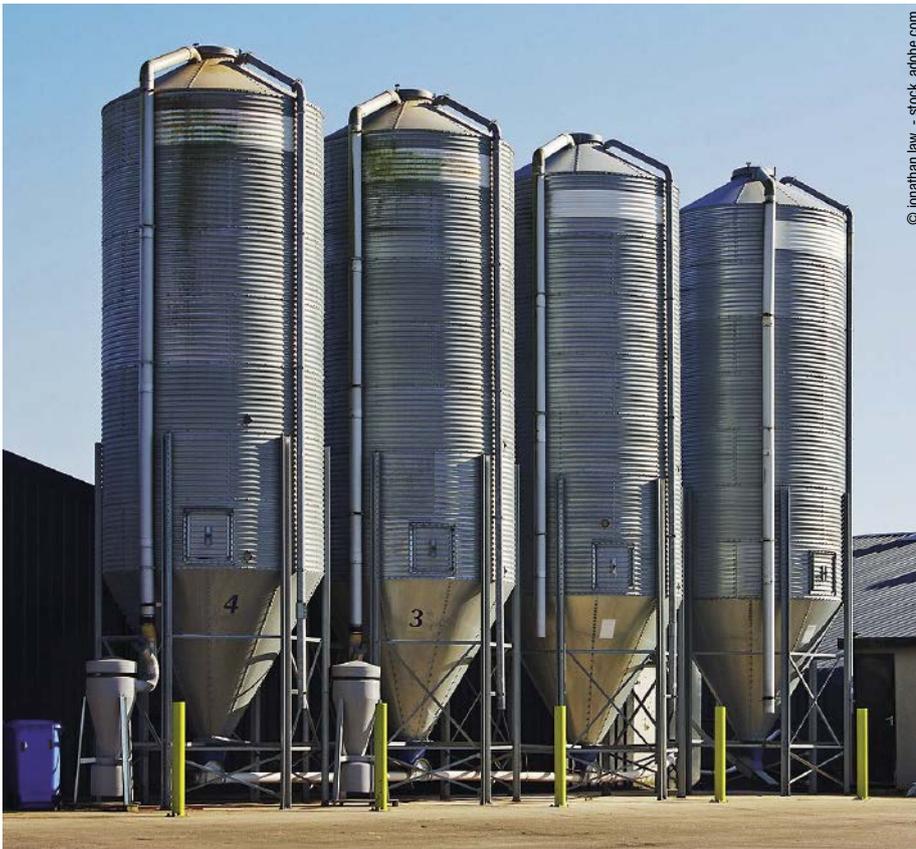
Dr.-Ing. Christoph Spiegel, Strategic Product Manager Converters, Krohne Messtechnik

Christian Diewald, Senior Solution Engineer, Software AG

Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:
<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202200621>

Kontakt
Phoenix Contact, Blomberg
 Tel.: +49 5235 3 1200 - 0
 info@phoenixcontact.de · www.phoenixcontact.de





Dr.-Ing. Markus Heidl,
Wika

Auf dem Weg zur klimaneutralen Produktion zählt jedes Kilogramm CO₂-Ausstoß. Das Reduzieren von Kraftfahrzeugabgasen durch effizientere Logistikprozesse kann hier einen wesentlichen Beitrag leisten. Kraftmesstechnik mit Funksensoren und IIoT-Infrastruktur schafft die dazu notwendige Voraussetzung – sogar auf dem Weg der Nachrüstung.

Mit Kraftmesstechnik Logistikkosten und CO₂ sparen

Wie und wo Funksensoren plus IIoT-Lösung Lieferfahrten effizienter machen

Schüttgut wird weltweit in Silos gelagert. Über Deutschland allein verteilen sich schätzungsweise 500.000 dieser Behälter, in denen Zement, Kunststoffgranulate, Getreide, Futtermittel und anderes Gut zum jeweiligen Nutzen bereitgestellt ist. Täglich sind Flotten von Lkw mit Nachschub für die Silos unterwegs. Der Fahrzeugeinsatz ließe sich wesentlich verringern, würden die Depots intelligent befüllt. Doch das trifft aktuell nur für den kleinsten Teil zu.

Füllstandsüberwachung bei Silos

Die Mehrheit der Silos wird immer noch aufgrund eines vorab errechneten Bedarfs und nach festgelegten Intervallen angefahren. Ist der Verbrauch geringer ausgefallen als angenommen, kehrt ein Teil der Ladung wieder zum Lieferanten zurück. Die Fahrt – und damit der Energieverbrauch und der Schadstoffausstoß – war letztlich nicht notwendig. Obendrein muss die Retoure in manchen Fällen aufgrund

von Vorschriften noch entsorgt werden. In der Landwirtschaft kommt es darüber hinaus vielfach zu außerplanmäßigen Eillieferungen. Dabei handelt es sich um Touren, die einen zu spät erkannten Engpass beim Viehfutter abwenden müssen.

Würde das Niveau in den Silos online kontrolliert werden, ließe sich die gesamte Logistik rein bedarfsorientiert steuern. Die Betreiber erhalten einen kontinuierlichen Überblick über den Verlauf der Füllstände in den Silos, nicht nur Grenzwerte. Warnschwellen als zusätzliches Sicherheitsfeature machen rechtzeitig auf eine Nachfüllung aufmerksam. Verbrauchsprognosen, erstellt anhand der Daten aus dem Monitoring, erweitern den Spielraum zur Optimierung von Fahrtrouten und Ladekapazität. Der Einsatz der Lieferflotten wird somit effizienter und verursacht folglich weniger CO₂ in beträchtlichem Umfang. Hinzu kommt eine Verringerung der Kosten bei Unterhalt und Betrieb des Fuhrparks.

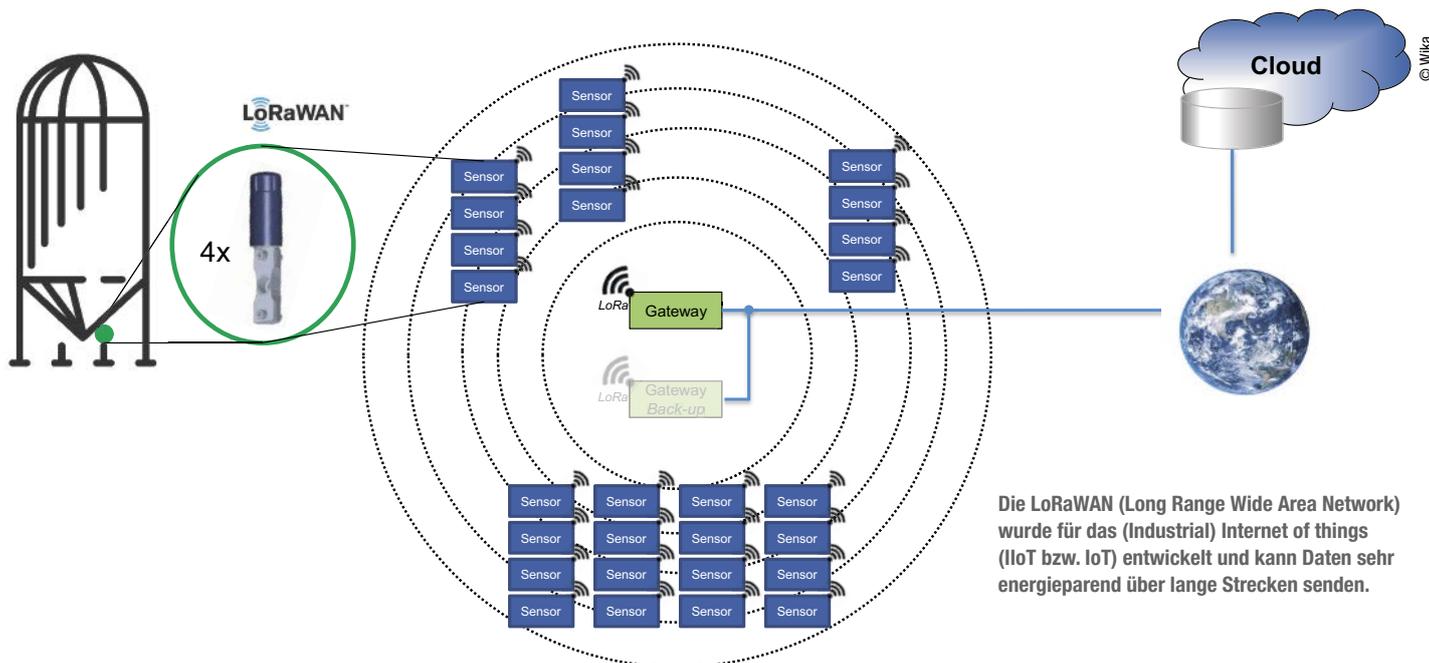
Vorteile der gravimetrischen Messmethode

Um den Füllstand in Silos zu erfassen, stehen den Betreibern mehrere Methoden zur Verfügung. Die gravimetrische Variante, also die Messung der durch das Gewicht erzeugten Kraft, hat dabei mehrere Vorteile: Sie arbeitet unabhängig von der Konsistenz des jeweiligen Schüttguts und dessen Verteilung im Silo. Die Messstelle befindet sich außerhalb des Behälters. Das Medium bleibt somit vom Messgerät unberührt und kann es umgekehrt auch nicht verunreinigen und in seiner Aufgabe beeinträchtigen.

Zum Erfassen der Gewichtseinwirkung dienen zwei Gerätearten, die beide ohne Kontakt mit dem Siloinhalt eine kontinuierliche Füllstandsmessung ermöglichen. Biege- oder Scherstäbe, die sich durch eine hohe Genauigkeit auszeichnen, müssen in die Füße der Silostützen eingebaut werden. Damit kommen sie in erster Linie nur für die Instrumentierung künftiger Silos in Frage.

Silo monitoring

IIoT bei Silos



Die LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) wurde für das (Industrial) Internet of things (IIoT bzw. IIoT) entwickelt und kann Daten sehr energieparend über lange Strecken senden.

Mit Dehnungsaufnehmern hingegen lassen sich sowohl neue als auch bereits existierende Behälter ausstatten. Die Messgeräte sind einfach zu installieren: Sie werden an die Stützen der Silos geschraubt und sind aus diesem Grund zudem eine wirtschaftliche Lösung.

Messwerte in der Cloud

Zum Aufbau eines IIoT-basierten Monitoringsystems für Silobetreiber hat Wika einen Dehnungsaufnehmer mit Funkmodul entwickelt. Typ F98W übermittelt seine Messwerte über den LoRaWAN-Standard. Die Signale aller in das System eingebundenen Sensoren münden in ein Gateway mit Internetanbindung oder SIM-Card, je nach Infrastruktur. Von dort aus werden die gebündelten Informationen zur Auswertung und zur Visualisierung auf einem Dashboard in eine Cloud übertragen. Das System ist skalierbar. Die Betreiber können jederzeit weitere Silos ohne großen Aufwand eingliedern.

Ein vergleichbares Kontrollnetz ließe sich auch über eine Verkabelung knüpfen. Der technische Aufwand an den Silos selbst wäre jedoch ungleich höher. Zu den Sensoren und den Kabeln kämen noch Summierboxen, Verstärker und Sendeeinheiten hinzu. Entsprechend kostenträchtig wäre die Montage der Instrumentierung.

Die Dehnungsaufnehmer hingegen sind nach dem Anbringen auf den Stützen und dem Einrichten per App via Bluetooth sofort betriebsbereit, die Konfiguration erfolgt über die Cloud. Typ F98W wird mit vier Schrauben befestigt, um eine für die Messung optimale Auflage zu erzielen. Er erfasst Dehnungen bis 1.000 $\mu\epsilon$ (die internatio-

nal gebräuchliche Einheit Microepsilon entspricht der Angabe Mikrometer pro Meter = $\mu\text{m}/\text{m}$). Bei dem Gerät handelt es sich um einen mit Dehnungsmessstreifen beklebten Sensor, der die Dehnung in ein elektrisches Signal umwandelt (Wheatstone'sche Brückenschaltung).

Dehnungsaufnehmer mit einfacher Montage

Das Nachrüsten bestehender Silos mit dem Funkmessgerät erfolgt idealerweise, wenn die Behälter voll oder leer sind. Die Geräte lassen sich dann ausgehend vom Maximal- bzw. Minimalwert einrichten. Auf diese Weise ergibt sich eine Linearität des Signals mit einer Abweichung $\leq \pm 2\%$ Fnom. Zum Vergleich: Bei einer derartigen Anwendung liegt die geforderte Genauigkeit üblicherweise bei 5 % Fnom. Die Dehnungsaufnehmer können selbstverständlich auch bei laufendem Silo-Betrieb angebracht werden. Sie messen dann zwar mit einer größeren Abweichung, liefern aber dennoch ein belastbares Ergebnis. Die Geräte können später per App nachjustiert werden.

Eine Instrumentierung mit einem Sensor pro Stütze sorgt dafür, dass sich Änderungen bei der Verteilung der Behälterladung nicht signifikant auf die Genauigkeit der Messung auswirken. Sollte es wider Erwarten zum Ausfall eines Dehnungsaufnehmers kommen, übermitteln die übrigen Geräte genügend Daten für eine aussagekräftige Information. Der Sensortausch braucht aus diesem Grund auch nicht ad hoc zu erfolgen. Er kann bei der nächsten regulären Fahrt zum Standort mit eingeplant werden. Das erhöht die Betriebseffizienz und verbessert die Ökobilanz. Für die Schadensreparatur sind

zudem keine Fachkräfte erforderlich: Der Betreiber oder der Nutzer des Silos kann das Ersatzgerät mit dem spezifischen Anziehdrehmoment selbst festschrauben und per App in Betrieb nehmen.

Fazit und Ausblick

Kraftmesstechnik mit Funksensoren für ein Online-Monitoring und IIoT-Infrastruktur leistet einen Beitrag, die CO₂-Emissionen des Fahrzeugverkehrs zu drosseln. Sie ermöglicht bei Schüttgut-Silos eine intelligente Befüllung, was effizientere und damit CO₂-ärmere Logistikprozesse zur Folge hat. Eine vergleichbare Lösung bietet sich auch zum Überwachen kritischer Punkte in der Topographie mittels Erdankern an. Sie könnte die noch immer verbreiteten Kontrollfahrten ersetzen. Hinzu kommt ein ökonomischer Aspekt: In beiden Fällen senken die Anwender neben dem CO₂-Ausstoß auch ihre Betriebskosten.

Der Autor

Dr.-Ing. Markus Heidl, Produktmanager Kraft, Wika

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

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202200622>

Kontakt

WIK A Alexander Wiegand SE & Co. KG, Klingenberg
Tel.: +49 9372 132-0 · www.wika.de



Zusammenarbeit ist gefragt

Umsetzung von Industrie 4.0 mit einer digitalen Datenkette

Soll die Umsetzung von Industrie 4.0 keine Vision bleiben, sondern erfolgreich Realität werden, ist Zusammenarbeit entlang der gesamten Wertschöpfungskette mehr gefragt denn je. Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Unternehmen, zwischen Abteilungen, Mitarbeitern, aber auch zwischen Maschinen und Technologien.

Im Rahmen der fortschreitenden Digitalisierung gewinnen Informationen und Daten sowie die Schnittstellen bei deren Bereitstellung und Abruf zwischen Hersteller und Kunde, Dienstleister und Anlagenbetreiber zunehmend an Bedeutung. Nur wer hier die entscheidenden Weichen richtig stellt, geht erfolgreich die nächsten Schritte auf dem Weg zur 'Digital Factory'.

Digital Data Chain – Was ist das?

Digital Data Chain, die digitale Datenkette, verbindet drei Technologien. In Kombination verwendet sorgen sie für eine eindeutige Objektidentifizierung, einen reibungslosen Informationsaustausch und eine nachhaltige, digitale Dokumentation. Die Technologien im Einzelnen sind:

- **Automatische Identifikation von physischen Objekten (DIN SPEC 91406 | IEC CD 61406):** Die schnelle und eindeutige Identifikation von Anlagenkomponenten ist wesentliche Voraussetzung, um den Zugriff auf zugehörige Informationen und Daten automatisierbar zu gestalten. In der DIN SPEC 91406 ist die Technologie für die automatische Identifikation von physischen Objekten festgelegt.



Digital Data Chain Consortium

- **Digitale Herstellerinformationen (VDI 2770):** Die VDI-Richtlinie 2770 definiert, in welcher Form die Herstellerinformationen vorliegen müssen, damit die Dokumente zwischen Herstellern, Anlagenbetreibern und externen Dienstleistern einfach digital übergeben und automatisiert weiterverarbeitet werden können.
- **Digitale Informationsaustauschplattformen (IEP – Information Exchange Platform):** Über cloudbasierte Informationsaustauschplattformen können benötigte Informationen zu identifizierten Objekten von allen beteiligten Unternehmen zur Verfügung gestellt und abgerufen werden. Ob es sich um technische Spezifikationen, Montageanleitungen, Wartungspläne oder Ersatzteillisten handelt – alles ist an einer zentralen Stelle dauerhaft verfügbar.

Digital Data Chain Konsortium

Im DDCC, dem Digital Data Chain Consortium, arbeiten Anlagenbetreiber, Service Provider und

Hersteller von Maschinen und Komponenten für die Prozessindustrie zusammen (www.digital-datachain.com). Auch Rembe Safety+Control ist dabei. Gemeinsam werden hier Standards für die automatische Identifizierung von Objekten und dem reibungslosen Austausch von Objektinformationen erarbeitet. Es gilt das Ziel, Betriebsabläufe und Prozesse höher zu automatisieren und effizienter zu gestalten, so dass zukünftig alle Beteiligten im hohen Maß von den neuen Standards profitieren werden.

! Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:
■ <https://dx.doi.org/10.1002/citp.202200623>

Kontakt

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

Ein langes Leben für Schmierstoffe

Industrieöl-Rekonditionierung



Rund 40 Mio. t Schmiermittel werden weltweit pro Jahr verbraucht – Tendenz steigend. Das große Problem dabei: Deren Gewinnung, Verarbeitung und Entsorgung verursacht einen hohen CO₂-Ausstoß. SKF bringt mit Recond-Oil ein neues Verfahren auf den Markt, mit dem sich gebrauchte Industrieöle vielfach rekonditionieren lassen. Die Pilotanlage in Schweinfurt geht jetzt in den Standardbetrieb und dient als Blaupause für eine EU-geförderte Anlage am spanischen SKF-Standort Tudela.

Bislang war die Wiederverwendung gebrauchter und gereinigter Industrieöle deshalb meist mit einem Downgrading verbunden: vom hochreinen Hydrauliköl zum Schmieröl, zum Schmierfett und schließlich in die Verbrennung, die CO₂-freisetzt. Diesen Kreislauf durchbricht SKF mit seinem Recond-Oil-Verfahren. 2019 akquirierte das Unternehmen das schwedische Start-up Recond-Oil und entwickelte dessen Technologie zur Industrieöl-Rekonditionierung weiter. Damit lassen sich Hydraulik- und Schmieröle am Standort vielfach wiederaufbereiten, sodass sie mehrfach im selben Prozess zum Einsatz kommen können. SKF nutzt dieses Verfahren auch selbst in einem seiner sensibelsten Arbeitsbereiche: im leistungsfähigsten Großlagerprüfstand der Welt – dem Sven-Wingquist-Testcenter am SKF-Standort Schweinfurt.

Tausende Liter Hydrauliköl im Dauerkreislauf

32.000 l Hydrauliköl machen hier über Leitungen, Pumpen und Ventile Druck auf die Testlager mit Durchmesser von bis zu 4 m. Alle drei Jahre muss das gealterte Öl normaler-

weise ausgetauscht werden, um Funktionsstörungen durch verklebte Ventile, Schlamm- oder Korrosion zu verhindern. Seit kurzen steht am Standort Schweinfurt die erste stationäre Recond-Oil-Großanlage zur Öl-Rekonditionierung. Pilotversuche mit unterschiedlichen Industrieölen verliefen erfolgreich. Seitdem wird das Hydrauliköl aus dem Testcenter regelmäßig in 4.000-Liter-Chargen aus dem System entnommen, aufbereitet und anschließend wieder zugeführt.

„Das Öl ist nach der Rekonditionierung sogar um einige ISO-Reinheitsklassen besser als das frische Originalöl“, sagt Michael Emmert, Recond-Oil-Projektleiter und Manager für neue Business-Modelle bei SKF in Schweinfurt und verweist auf die Ergebnisse der internen Qualitätsanalyse. Eine externe Prüfung gibt Aufschluss über das CO₂-Einsparpotenzial des Verfahrens: Laut eines sogenannten „Life Cycle Assessment“ durch das IVL Swedish Environmental Research Institute verursacht der lineare Verbrauch eines Kubikmeters Schmieröl einen CO₂-Ausstoß von rund 3,8 t. Bei der Rekonditionierung derselben Menge Öl in der stationären

Anlage in Schweinfurt werden nur 154 kg CO₂ ausgestoßen. Da sich das Öl mehrfach aufbereiten lässt, summiert sich dieser positive Klimaeffekt auf. Für die 35.000 l Hydraulik- und Schmieröle, die im Sven-Wingquist-Testcenter anfallen und regelmäßig ersetzt werden müssen, ergibt dies eine CO₂-Einsparung von 138 t pro dreijährigem Austauschzyklus.

CO₂-Einsparungen bei Industrieöle

Industrieöle auf Mineralölbasis sind so etwas wie ein „schlafender Riese“ bei der Vermeidung klimaschädlicher Gase. Weltweit werden jährlich rund 40 Mio. t Schmieröle verbraucht. Das sind größtenteils Motorenöle für Pkw und Lkw, aber auch rund 9 Mio. Industrieöle. Für diese gibt es bislang zwei Möglichkeiten, um sie wiedereinzusetzen: Zum einen ist das Downgrading möglich, bei dem das Öl mit abnehmendem Reinheitsgrad vom Hydraulik- zum Schmieröl und zum Schmierfett wird. Zum anderen gibt es die Zweitrefination, die mit extrem hohem Energie- und Rohstoffaufwand einhergeht. Und am Ende eines Schmieröllebens steht immer die thermische Verwertung, die viel CO₂ ausstößt.

Bei dem Rekonditionierungsverfahren binden sogenannte Booster kleinste Schmutzpartikel, die Filter bislang nicht erfassen konnten. Sie verklumpen und setzen sich in einem Öltank ab. Eine anschließende Filtration entfernt die restlichen Partikel aus dem Öl. Bei Bedarf werden Additive hinzugefügt, um die ursprünglichen Eigenschaften des Öls wiederherzustellen. SKF nennt das „Double Separation Technology“, kurz DST.

Siemens testet die Öl-Aufbereitung

Als besonders innovationsfreundlich erweist sich dabei einmal mehr der Siemenskonzern. Sie ließ zu Beginn des Jahres 2022 rund 1.200 l Hydrauliköl aus einer in Nürnberg eingesetzten Stanzanlage für Motorbleche in Schweinfurt rekonditionieren – als erstes externes Unternehmen. Außerdem wurde eine Miniversion der DST-Ölaufbereitungsanlage – eine so genannte Recond-Oil Box – vor Ort im Siemens Werk an den Ölkreislauf einer weiteren Maschine angeschlossen. Diese dezentrale Lösung frischt das dort verwendete Öl im laufenden Prozess auf – wie eine „Niere im Bypass“. Da so Transporte entfallen, spart das zusätzlich CO₂-Emissionen. Außerdem entfällt eine in der Belegschaft zurecht ungeliebte Tätigkeit: das regelmäßige Leeren der zentralen Hydraulikbehälter, die anschließend noch im Innern von schmutzigen Ölanhaftungen befreit werden müssen.

EU fördert neue Anlage mit 1,6 Mio. EUR

Die Anlage in Schweinfurt ging Anfang 2022 nach einer Pilotphase in den Standardbetrieb und hilft SKF, Siemens sowie künftigen Industriekunden im industriellen Produktionsumfeld CO₂



Die Recond-Oil-Anlage in Schweinfurt ging 2022 in den Regelbetrieb.

einzusparen. Der Prozess funktioniert sowohl stationär als auch an einzelnen Maschinen beim Anwender vor Ort – entweder mit den Recond-Oil-Boxen oder bei großen Maschinenparks mit integrierten Anlagen, die das komplette Verfahren in kleinerem Maßstab 1:1 abbilden.

Der Autor

Holger Laschka, Presse- und Öffentlichkeitsarbeit, SKF

Bilder © SKF

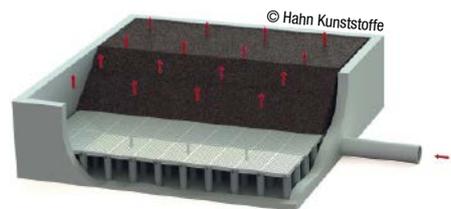
Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:
<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202200624>

Kontakt
SKF GmbH, Schweinfurt
 Tel.: +49 9721 56 - 0
 marketing@skf.com · www.skf.com

Anströmböden aus Recyclingkunststoff erhöht die Lebensdauer von Biofilteranlagen

Biofilteranlagen haben sich als kostengünstige und effiziente Lösung zur Geruchs- und Schadstoffbeseitigung im industriellen Maßstab bewährt. Bei der Auslegung sind die Filterform sowie das Material der Anströmböden entscheidend. Die ökologischen Gitterrostbodensysteme von Hahn Kunststoffe halten, anders als herkömmliche Systeme auf Basis von Holz, Metall oder Beton, dem aggressiven Mikroklima im Biofilter dauerhaft stand. Der verwendete Kunststoff basiert auf einem eigens entwickelten, chemikalienbeständigen Recyclingmaterial aus Polyethylen (PE) und Polypropylen (PP). Bei der Herstellung der Böden werden keine Imprägnierungen verwendet, um eine schadstofffreie Produktion zu gewährleisten. Der Werkstoff kann so für ein erneutes Recycling genutzt werden. Die modulare Struktur und das leicht schneidbare Material ermöglichen es, den Boden ohne Aufwand für Sonderformen an- oder in jedes bestehende Biofiltersystem einzupassen. Das Material lässt sich bohren, sägen oder schrauben und so passgenau

einbauen. Eine Kombination aus Stützen und Wabenstruktur gibt zudem genügend Stabilität, sodass der Boden bis zu 3 t befahrbar ist. Der spezielle Zuschnitt der Lüftungslöcher verhindert ein Durchfallen von Filtermaterial. Werkseitig sind die einzelnen Gitterseg-



mente mit 1 m Länge und 0,5 m Breite so bemessen, dass sie mit geringem Aufwand zusammengesetzt werden können. Sie lassen sich bei einer Höhe von 8 cm ohne Werkzeug zu Revisionszwecken entnehmen, da die Elemente mit je 15 kg vergleichsweise leicht sind. So können große Areale zügig verlegt werden. Durch die offene Bauweise ist eine Durchström-

fläche von 32 % realisierbar, womit sich der Gitterrost für die Filterung großer Abluftmengen eignet. Die Füße sind variabel in den Maßen 200 mm bis 1.000 mm realisierbar, sodass die Einbindung in bestehende Filteranlagen möglich ist. Durch einen passgenauen Kopf mit Krone können sie an jeder Stelle arretiert werden. Der witterungsresistente Werkstoff eignet sich auch für industrielle Umgebungen jenseits der Biofilter. Die Bandbreite reicht von der Abdeckung von Versorgungs- und Montagekanälen über den Einsatz an Umspannwerken oder Gleisanlagen bis hin zum Brückenbau oder als Schwerlastboden.

Kontakt
Hahn Kunststoffe GmbH, Hahn-Flughafen
 Tel.: +49 65 43 98 86 - 0
 info@hahnkunststoffe.de · www.hahnkunststoffe.de



Anlagentechnik

Armaturen



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



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

Dichtungen



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

Pumpen



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



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



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

Pumpen



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

Pumpen, Zahnradpumpen



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

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

Regelventile



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

Reinstgasarmaturen



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

Rohrbogen/Rohrkupplungen



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

Strömungssimulationen



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

Ventile



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

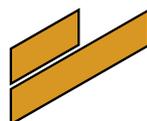
Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung



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

Ingenieurbüros

Biotechnologie



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

*Fermentation, Destillation
Evaporation, Separation
Adsorption, Chromatographie*

Lager- und Fördertechnik

Dosieranlagen

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

Mechanische Verfahrenstechnik

Koaleszenzabscheider



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

Magnetfilter & Metallsuchgeräte

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

Tröpfchenabscheider



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

Vibrationstechnik



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



Messtechnik

Aerosol- und Partikelmesstechnik



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

Durchflussmessung



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

Ventile



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

Thermische Verfahrenstechnik

Abluftreinigungsanlagen



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



www.venjakob-umwelttechnik.de
mail@venjakob-ut.de

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

Vakuumsysteme

www.vacuum-guide.com

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

Verdampfer



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

Wärmekammern



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

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

WILEY-VCH

Ausgabe 10/2022:

Erscheinungstermin: 06.10.2022
Anzeigenschluss: 14.09.2022
Redaktionsschluss: 25.08.2022

Feiern Sie mit uns
unser Jubiläum!

Wir freuen uns über Ihre Anfrage.

Kontakte Mediaplanung:

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

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



Alino	49	Gemü	49, 50	Noge	49	Software	40
AMG Lithium	6	GIG Karasek	50	NSB Gas Processing	50	TU Dortmund	24
Anatox	38	Goudsmit Magnetics Systems	49	Nürnberg Messe	15	Universität Ulm	26
AS Armaturenfabrik Franz Schneider	29	GSR Ventiltechnik	22	Palas	50	Verein Dt. Ingenieure (VDI)	7
Beinlich Pumpen	49	Hahn Kunststoffe	48	Peter Huber Kältemaschinenbau	31	VDI Wissensforum	15
TÜV Süd	33	Haus der Technik	2. US	Phoenix Contact	40	Vega Grieshaber	4. US
Chemcologne	9	Helling	49	PlasticsEurope	7, 9	Venjakob	50
Bürkert	37	HS Umformtechnik	49	Proceng Moser	49	Verband Chemiehandel	6
Covestro Deutschland	7, 10	Ifm Electronic	6	Prominent Dosiertechnik	49	Verband der Chemischen Industrie (VCI)	7, 9
Dechema	6, 15, 16	Ing.-Büro Pierre Strauch	50	Pumpen Center Wiesbaden	49	Vogelbusch	49
Delphin Technology	39	Jessberger	49	RCT Reichelt Chemietechnik	35, 49, Beilage	Wika Alexander Wiegand	44
Easyfairs Deutschland	15	Jumo	15, 32	Rembe Safety + Control	5, 46	Will & Hahnenstein	50
Ekato	Titelseite, 18	Krohne Messtechnik	40	Rittal	9	Witte	49
Envirotec	50	KSB	22, 49	Schwer Fittings	22	WK Wärmetechnische Anlagen-, Kessel- und Apparatebau	50
Evonik	7	Lutz Pumpen GmbH	17, 49	Seipenbusch particle engineering	50	Wolftechnik Filtersysteme	22
Findeva	3, 49	Messe München	30	Shimadzu Deutschland	33		
Fritsch	36	Mettler-Toledo	34	SI Scientific Instruments	39		
Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh)	10, 15	Netter Vibration	49	SKF	47		

Impressum

Herausgeber

GDCh, Dechema e. V., VDI-GVC

Verlag

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

Geschäftsführer

Sabine Haag
 Dr. Guido F. Herrmann

Director

Roy Opie

Publishing Director

Dr. Heiko Baumgartner

Produktmanager

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

Chefredakteurin

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

Redaktion

Dr. Volker Oestreich
 voe-consulting@web.de

Redaktionsassistentin

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

Fachbeirat

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

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

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

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

Dr. Christian Poppe,
 Covestro, Leverkusen

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

Prof. Dr. Roland Ulber,
 TU Kaiserslautern

Erscheinungsweise 2022

10 Ausgaben im Jahr
 Druckauflage 20.000
 (IVW Auflagenmeldung:
 Q1 19.897 tvA)

Bezugspreise Jahres-Abonnement 2022

10 Ausgaben 225 €, zzgl. MwSt.
 Schüler und Studenten erhalten
 unter Vorlage einer gültigen
 Bescheinigung 50 % Rabatt.
 Im Beitrag für die Mitgliedschaft bei der
 VDI-Gesellschaft für Chemieingenieur-
 wesen und Verfahrenstechnik (GVC) ist
 der Bezug der Mitgliederzeitschrift
 CITplus enthalten.
 CITplus ist für Abonnenten der Chemie
 Ingenieur Technik im Bezugspreis enthal-
 ten. Anfragen und Bestellungen über den
 Buchhandel oder direkt beim Verlag (s.o.).

Wiley GIT Leserservice

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

Abbestellung nur bis spätestens
 3 Monate vor Ablauf des Kalenderjahres.

Produktion

Wiley-VCH GmbH
 Boschstraße 12
 69469 Weinheim

Bankkonto

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

Herstellung

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

Anzeigen

Zurzeit gilt die Anzeigenpreisliste
 vom 1. Januar 2022

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

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

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

Sonderdrucke

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

Originalarbeiten

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

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

Unverlangt zur Rezension eingegangene Bücher
 werden nicht zurückgesandt.

Druck

westermann DRUCK | pva

Printed in Germany | ISSN 1436-2597



WILEY-VCH



WARUM HUNDERT SACHEN MACHEN,
WENN MAN EINE RICHTIG MACHEN KANN?
THE 6X[®]. NEU VON VEGA.

Wir bei VEGA wissen seit über 60 Jahren: Einfach ist einfach besser.
Deshalb gibt es unseren neuen Radar-Füllstandsensor nicht in 100 verschiedenen
Versionen. Sondern in einer, die einfach perfekt ist. Der VEGAPULS 6X ist
hochkompatibel, absolut zuverlässig und funktioniert in jeder Umgebung.
Das Einzige was er nicht macht, ist Stress.

VEGA. HOME OF VALUES.

www.vega.com/radar

VEGA