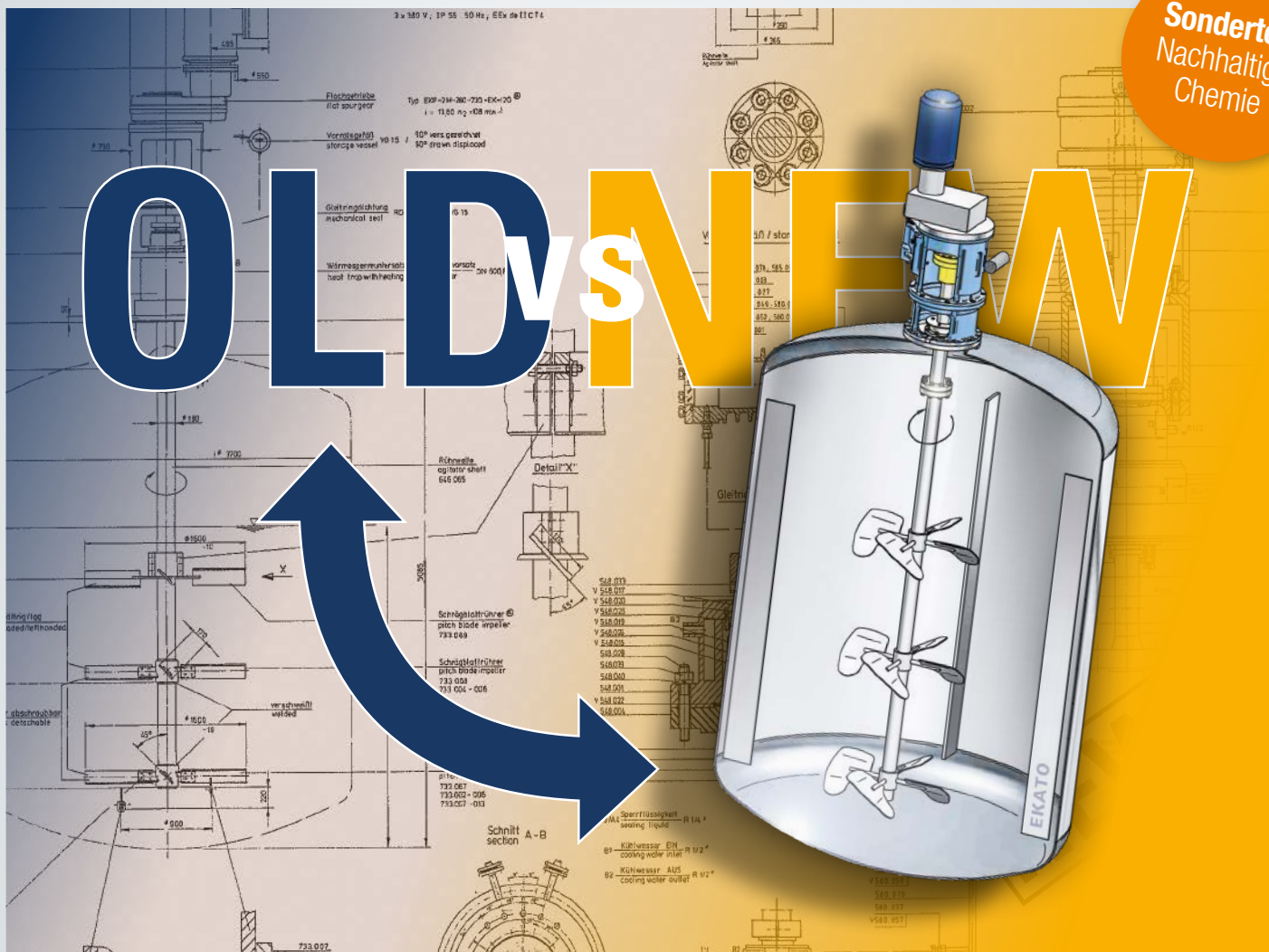


Sonderteil
Nachhaltige
Chemie



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

Aus Alt mach Neu

Umrüstung eines Batchkristallers für Bio-Based Monomers

Kompass der Prozesstechnik
und Impulsgeber für eine
nachhaltige Chemieindustrie

JAHRE

WILEY

25
Jahre
ReinRaum
Technik
STERILTECHNIK
HYGIENE
PRODUKTION

*Danke
für Ihre Treue!*



© Stanislav - stock.adobe.com



Feiern Sie mit uns
in der Jubiläumsausgabe.

Wir freuen uns auf Sie.



**ReinRaum
Technik**
STERILTECHNIK
HYGIENE
PRODUKTION

Jubiläumsausgabe 03/2023:

Erscheinungstermin: 08.06.2023

Anzeigenschluss: 15.05.2023

Redaktionsschluss: 13.04.2023

Kontakt Redaktion:

Dr. Roy Fox
Tel.: +49 6201 606 714
roy.fox@wiley.com

Kontakte Verkauf:

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

Bettina Willnow
Tel.: +49 6201 606 770
bwillnow@wiley.com

Lesen Sie die
ReinRaumTechnik
lieber online?



<https://bit.ly/32cPmfM>

www.chemanager-online.com/reinraumtechnik

Ohne Austausch kein Fortschritt

Liebe Leserinnen und Leser,

Sie halten heute die Jubiläumsausgabe von CITplus in den Händen. Als Geschäftsführer der Gesellschaft Deutscher Chemiker, die Eigentümerin und Mitherausgeberin der CITplus ist, freue ich mich sehr, dass diese Zeitschrift 25 Jahre nach ihrer Gründung im deutschsprachigen Raum eine der ersten Adressen für Fachbeiträge, Interviews und Produktvorstellungen aus den Gebieten der Verfahrenstechnik, Mess- und Regeltechnik und Prozessleittechnik ist. Dazu gratuliere ich dem gesamten Team, das hinter der Zeitschrift steht.

Für die GDCh ist das Publikationswesen ein wichtiger Teil der wissenschaftlichen Kommunikation. Als Eigentümerin, Herausgeberin und Mitherausgeberin einer Reihe renommierter internationaler Fachzeitschriften und als Mitbetreiberin des Preprintservers ChemRxiv fördern wir den wissenschaftlichen Austausch, ohne den es keinen Fortschritt geben kann. Aber so wichtig die Forschung und die Verbreitung sowie kritische Diskussion ihrer Ergebnisse ist, am Ende müssen neue Synthesen und Verfahren in großtechnische Prozesse, in die Praxis, übertragen werden. Und daher müssen zu einem ausgewogenen Zeitschriftenportfolio auch praxisnahe Fachzeitschriften wie die CITplus gehören, die sich mit der Umsetzung von neuen Verfahren in die Anwendung beschäftigen.

Der Schwerpunkt dieses Jubiläumshäftes könnte nicht besser gewählt sein, denn Nachhaltigkeit ist der Schlüssel zu den Herausforderungen, die uns im Moment besonders beschäftigen: Die riesigen Mengen von Plastikmüll, die in den Weltmeeren schwimmen, der Klimawandel, dessen Folgen wir auch in unseren Breiten immer öfter spüren, und die Tatsache, dass wir einen großen Teil unserer benötigten Energie aus einem Land beziehen, das von einem unberechenbaren Kriegsverbrecher regiert wird, alles das hat mit fehlender Nachhaltigkeit zu tun. Wir brauchen ein Kreislaufsystem für die Kunststoffe, ohne die unser modernes Leben nicht möglich wäre und wir müssen unsere Energieversorgung auf regenerative Energien umstellen. Damit senken wir die CO₂-Emissionen und wirken dem Klimawandel entgegen. Außerdem werden wir unabhängig von Gas- oder Öllieferungen aus Ländern, die unsere Werte von Demokratie und Freiheit nicht teilen.

Bei allen diesen Herausforderungen kann und muss die Chemie ihren Beitrag leisten und natürlich beschäftigt sich auch die GDCh schon lange mit diesem Thema. So findet sich in unserem Verhaltenskodex das Bekenntnis zur Verantwortung gegenüber künftigen Generationen ebenso wie die Förderung einer nachhaltigen und dauerhaften Entwicklung in Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt. Konkret wird dies u.a. in unserer Fachgruppe Nachhaltige Chemie (www.gdch.de/nachhaltige-chemie), in der Expertinnen und Experten aus Industrie und Hochschule zusammenarbeiten. Auch unseren Jungchemikerinnen und Jungchemikern ist das Thema so wichtig, dass sie eine Arbeitsgruppe dazu eingerichtet haben. Das JCF-Team Nachhaltigkeit (<https://jcf.io/teams/nachhaltigkeit>) hat bereits kurze Zeit nach der Gründung eine beeindruckende Reihe von Veranstaltungen auf die Beine gestellt. Im Beitrag auf Seite 30 erfahren Sie mehr über das Team und seine Aktivitäten.

Wir Chemikerinnen und Chemiker können und müssen viel zu einer nachhaltigeren Welt beitragen. Lassen Sie uns das gemeinsam tun.

Ihr Prof. Dr. Wolfram Koch

Entdecken Sie den
Newsletter

CITplus **INSIGHT**



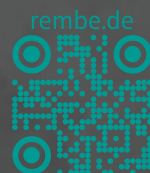
Prof. Dr. Wolfram Koch
Geschäftsführer der GDCh

© Frauke Zbikowski



Safety is for life.™

REMBE®
Druckentlastung
und
Explosionsschutz.



REMBE® GmbH Safety+Control

Gallbergweg 21
59929 Brilon, Germany
T +49 2961 7405-0
hello@rembe.de

© REMBE® | All rights reserved



Aus Alt mach Neu

Umrüstung eines Batchkristallers für Bio-Based Monomers

Die Produktion biobasierter Polymere ist in den letzten Jahren deutlich professioneller und differenzierter geworden. Eine Vielzahl unterschiedlicher Hersteller und Anbieter kamen ins Spiel, um biobasierte Alternativen für praktisch jede Anwendung zu schaffen. Die Kapazitäten und die Produktion biobasierter Materialien werden weiter stark wachsen. Vorhersagen prognostizieren ein Wachstum des globalen Marktes von über 35 % innerhalb der Jahre 2020 bis 2025. Innovative Biopolymere treiben dieses Wachstum voran, allen voran biobasiertes Polypropylen und Polyhydroxyalkanoate.

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



Sonderteil Nachhaltige Chemie

GRUSSWORTE

- 6 **Unter einem guten Stern**
25 Jahre CITplus – 25 Jahre A-Klasse der CIT
W. Sieß, Chefredakteur CITplus im Ruhestand
- 7 **Ein Vierteljahrhundert CITplus: Die Summe macht den Erfolg**
L. Woppowa, VDI-GVC
- 7 **25 Jahrgänge Studium Generale der Verfahrenstechnik**
K. Rübberdt, ProcessNet
- 10 **Herzlichen Glückwunsch zum 25-jährigen Jubiläum, liebe CITplus!**
C. Poppe, Covestro Deutschland
- 14 **Vom Praktiker für Praktiker – das Praxismagazin unserer „Community“**
M. Wilk, Merck
- 14 **Herzlichen Glückwunsch zum Silber-Jubiläum**
N. Kockmann, Technical University Dortmund

KOMPAKT

- 8 **Termine**
- 9 **Forschung + Entwicklung**
- 12 **Wirtschaft + Produktion**

REPORT

- 16 **Einladung zum Erfahrungsaustausch**
13. Jahrestreffen der Betriebsingenieure in Frankfurt

IM PROFIL

- 18 **Was Menschen bewegt, die etwas bewegen**
B. List, Max-Planck-Institut für Kohlenforschung

TITELSTORY

- 20 **Aus Alt mach Neu**
Umrüstung eines Batchkristallers für Bio-Based Monomers
M. Seiter, P. Löw, Ekato

SONDERTEIL NACHHALTIGE CHEMIE

- 24 **Die Nachhaltigkeitsprinzipien sind der Kompass**
Nachhaltige Chemie – wo wir stehen und was wir erreichen können
Interview mit A. Förster, Dechema
- 27 **Kein Widerspruch, sondern Impulsgeber**
Chemie, Klimaschutz und nachhaltige Wirtschaft
L. Woppowa, VDI-GVC

30 Gebündelte Kräfte für mehr Nachhaltigkeit
Chemiestudierende setzen sich ein für mehr Nachhaltigkeit innerhalb des JCF und darüber hinaus
C. Heintz, F. Katzenburg, L. Kurth, H. Kortman, A. Neudert

32 Chemikalien aus klimaschädlichem CO₂
Elektrobiokatalytische CO₂-Fixierung ersetzt fossile Rohstoffe
M. Richter, Fraunhofer-Institut IGB

35 Recyclingtechnologien für Kunststoffabfälle
Neue Konferenz und Studie leuchten den Informationsdschungel
L. Krause, Nova-Institut

36 Effizienzpotenziale nutzen
Ressourceneffizienz durch Digitalisierung in Chemieanlagen
K. Saulich, VDI ZRE

38 Dekarbonisierung der Luftfahrt
PtX-Technologien und -Anlagen für eine CO₂-neutrale Zukunft des Luftverkehrs
M. Haid, EDL Anlagenbau Gesellschaft

40 Grünes Kerosin
Neue Katalysatoren für nachhaltige Flugzeugtreibstoffe
D. Schär, Sasol Germany

42 Die Formel der grünen Batterie
Welche Faktoren die Nachhaltigkeit innovativer Speichersysteme prägen
J. Diekmann, Customcells

44 Multiphysikalische Batteriesimulation
Von der Makro- bis zur Mikroskala
E. Fontes, H. Ekström, Comsol

48 Ein klimafreundlicher Batterierohstoff
Nutzung geothermischer Energie für die Lithiumgewinnung
Interview mit H. Kreuter und T. Aicher, Vulcan

52 Die Wasserstoffpalette
Grüner Wasserstoff als Schlüssel für eine erfolgreiche Energiewende
S. Herrig, NRW.Energy4Climate

46, 47, 51 Produkte
von Aerzener, Buss, Envirochemie, Frenzelit, Systec und Wolftechnik

ANLAGEN | APPARATE | KOMPONENTEN

54 Wasserstofffahrzeuge sicher betanken
Emissionsfreies Fahren mit Wasserstoffantrieb
Walther Präzision

56 Skalenübergreifende Prozessentwicklungsmethodik
Eine Methodik zur simulationsbasierten Bewertung von modularisierten Anlagenalternativen
C. Glanemann-Heitkämper, Inosim Consulting

THERMISCHE UND CHEMISCHE VERFAHREN | WERKSTOFFE UND GASE

58 Optimierung des Brennstoffeinsatzes
Nutzung von alternativen Brennstoffen oder Reststoffen in chemischen Anlagen
F.-J. Kipshagen, Horst Weyer und Partner

60 Gut abgemischt
Gasmischanlage für reproduzierbare Erdgase aus Reingasen
A. C. Hanf, L+T Gasetechnik

61 Produkte
von Dr. Thiedig und SmartGas

MESS-, STEUER-, REGEL-, AUTOMATISIERUNGSTECHNIK

62 Für eine nachhaltige Produktionswende
Bedarfsorientierte Steuerung von Peripheriesystemen in der Produktion
T. Kaufmann, WZL der RWTH Aachen

64 Die Anfänge der Normen zur Funktionalen Sicherheit
Grundlage für die IEC/EN 61508
A. Grimsehl, Pepperl+Fuchs

66 Cyber Security für Industrieanlagen
Zero-Trust-Architekturen in Industrieumgebungen
S. Ullrich, Genua

69 Anoden-Produktion in aggressiver Umgebung
Hohe Anforderungen an Sensoren und Pumpen
Prominent

PUMPEN | KOMPRESSOREN | DRUCKLUFTTECHNIK

70, 71 Produkte
von Atlas Copco, Grundfos, Sero, Spetec, Vogelsang und WP-Aro

PRODUKTFOKUS ARMATUREN | VENTILE

72 Produkte
von DKM, GF Piping, GSR und Samson

73 Bezugsquellenverzeichnis

75 Index | Impressum

Beilagen

Bitte beachten Sie die Beilage von
RCT Reichelt Chemietechnik – Thomafluid III

MEORGA
MSR - Spezialmessen
Prozess- u. Fabrikautomation

Fachmesse für
Prozess- und Fabrikautomation

- Messtechnik
- Steuerungstechnik
- Regeltechnik
- Automatisierungstechnik
- Prozessleitsysteme

+ 36 begleitende Fachvorträge

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

Wirtschaftsregion Rhein-Ruhr

Bochum

26.10.2022

8.00 bis 16.00 Uhr

RuhrCongress Bochum
Stadionring 20
44791 Bochum



Meorga Messen 2023:

Leverkusen 26.04.23

Hamburg 21.06.23

Ludwigshafen 13.09.23

Landshut 18.10.23

BESUCHER-REGISTRIERUNG

erforderlich für Einlass-Code



www.meorga.de

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



Unter einem guten Stern

25 Jahre CITplus – 25 Jahre A-Klasse der CIT

Die Schwaben empfinden ihn nicht als teuer sondern als seinen Preis wert. Und so ziemlich jeder Mensch in Deutschland und darüber hinaus, vom Automobilisten über den Bicyclist bis zum Ambulator, dem genügsamen Fuß- und Spaziergänger, kennt ihn, den Mercedes.

So ist das, seit um die vorletzte Jahrhundertwende Mercedes, die Tochter des Geschäftsmannes Emil Jellinek Namenspatronin wurde für einen Rennwagen, den die Daimler Motoren Gesellschaft für ihren Vater konstruiert hatte.

Nicht jedes fühlende Wesen, das ihn kennt, besitzt ihn auch, sei es der Upper Class-Werte wegen, die er verkörpert, oder weil das Fahrzeug entweder für den zur Verfügung stehenden Parkplatz oder für das zur Verfügung stehende Budget überdimensioniert ist.

Um wenigstens letzterer Gruppe etwas entgegen zukommen brachten die Erbauer dieser Ikone der deutschen Ingenieurskunst, die zugleich Symbol für Luxus und Erfolg ist, eine volumen-, ausstattungs- und preismäßig abgespeckte Variante namens A-Klasse heraus.

Knapp drei Jahrzehnte nach dem ersten Fahrzeug, das den Namen Mercedes erhielt, wurde im Jahr 1927 ein Produkt aus der Taufe gehoben, das zu Beginn noch Chemische Fabrik hieß, heute den Namen Chemie Ingenieur Technik trägt und abgekürzt einfach CIT genannt wird.

Diese kann man – nur etwas guten Willen vorausgesetzt – auf ihrem Gebiet durchaus als den Mercedes der wissenschaftlich-technischen Fachzeitschriften im deutschsprachigen Raum betrachten.



Wolfgang Sieß, Chefredakteur CITplus im Ruhestand

Niemand, der hierzulande chemische Verfahrenstechnik oder Chemieingenieurwesen studiert oder lehrt, kommt um die Beschäftigung mit der CIT herum. Wohl kein einschlägiger Forscher oder Entwickler kann ignorieren, was einmal in der CIT stand.

Die meisten, die so die CIT zuerst vielleicht fürchten, dann besser kennen und zu guter Letzt schätzen gelernt haben, bleiben allerdings nach dem Studium nicht der Forschung und der Lehre treu, sondern widmen sich der Anwendung des Gelernten: Sie werden Praktiker, beschäftigen sich mit dem Betrieb und der Wartung von Anlagen, mit der Herstellung von Produkten, mit Sales und Marketing.

Sie verlieren im Laufe ihres Berufsalltages, der weitere Fähigkeiten und Kenntnisse fordert, die CIT und all die neuen wissenschaftlichen Erkenntnisse, die darin publiziert werden, allmählich aus den Augen.

Aus den Augen heißt aber nicht, aus dem Sinn. Die Anwender kennen ihren Mercedes namens CIT sehr wohl noch, sie brauchen ihn aber nicht mehr so zwingend. Was sie dringender benötigen ist etwas wie die A-Klasse: Eine wendigere, weniger komplexe, praxisnahe und preiswertere Informationsquelle. Diese alltagsstraßentaugliche Zeitschrift haben wir vor 25 Jahren „konstruiert“ und „CITplus“ getauft.

Seit 1998 fährt das Praxismagazin für Verfahrens- und Chemieingenieure nicht nur im Doppelsitzer mit der Chemie Ingenieur Technik zu deren Abonnenten sondern rast reichweitenstark auf vielen Wegen in gedruckter und digitaler Form zu den Mitgliedern der Mitherausgeber Dechema und VDI-Gesellschaft Chemieingenieurwesen und Verfahrenstechnik (GVC) sowie zu interessierten Betriebsingenieuren und Technikern in der chemischen Industrie und bei deren Zulieferern.

Ich hoffe, dass nicht zuletzt dank der Lektüre der CITplus Leben und Arbeit ihrer Leserinnen und Leser unter einem guten Stern (dem aus Weinheim) stehen und wünsche mit dem Praxismagazin: „Weiterhin Gute Fahrt!“

Ihr Wolfgang Sieß

Ein Vierteljahrhundert CITplus: Die Summe macht den Erfolg

Der VDI gratuliert ganz herzlich zum Jubiläum und zum langjährigen Erfolg. Unsere CITplus vereint viele positive Attribute und ist dadurch zu einem dauerhaften Begleiter in wechselhaften Zeiten geworden:

- **CITplus ist mutig:** vor 25 Jahren das Experiment eines neuen Praxismagazins für die Verfahrenstechnik zu wagen, war ein echtes Wagnis. Inzwischen erzielt die CITplus in ihrem Umfeld die höchste abonnierte Auflage und zählt heute über 20.000 Führungskräfte, Verfahrens- und Chemieingenieure, Investitionsentscheider, Konstrukteure und Entwickler von Anlagen und Betriebsingenieure in der Produktion zu Ihren Lesern, Mitlesern und Abonnenten.
- **CITplus ist weitsichtig:** die Herausgeber bewiesen Weitsicht und ein glückliches Händchen, die CITplus mit großem Anwendungsbezug komplementär zu renommierten, wissenschaftlichen Fachzeitschrift CIT – Chemie. Ingenieur. Technik herauszugeben. Heute ist die CIT plus im deutschsprachigen Raum eine der ersten Adressen für anwendungs- und praxisbezogene Fachbeiträge, spannende Reportagen, aussagekräftige Interviews und aktuelle Produktvorstellungen aus den Gebieten der Verfahrenstechnik, Mess- und Regeltechnik sowie Prozessleittechnik. Mit diesem breiten Portfolio ist sie auch für die kommenden Zeiten der vielschichtigen Transformationen gewappnet.

- **CITplus ist innovativ:** Wie die Branche so das Fachmagazin.
- **CITplus informiert, vermittelt und klärt auf.** Unsere Branche lebt zum einen von den von ihr produzierten Produkten, zum anderen von den für die Produktion erforderlichen Apparaten, Anlagen und Komponenten. Diese Vielfalt an neuen Produktinnovationen präsentiert CITplus in immer wieder neuer Weise.
- **CITplus ist ideenreich:** Die Chemie ist die einzige Naturwissenschaft, die sich eine eigene Industrie geschaffen hat. In ihr haben Wissenschaft und Wirtschaft eine einzigartige Verbindung gefunden. Die damit verbundene Ideen- und Produktvielfalt machen auch die besondere Attraktivität der CITplus aus.
- **CITplus ist nachhaltig:** Produkte der chemischen Industrie sind schon lange unverzichtbar und werden es in Zukunft vermehrt sein: Solarpanel, Windkraftträder, E-Mobilität, Smartphone. Ohne Hightech für Klima, Umwelt, Gesundheit aber auch ohne Digitalisierung geht nichts mehr. CITplus spiegelt diese Produktvielfalt wider und ist inzwischen selbst als nachhaltiges Online-Magazin verfügbar.
- **CITplus ist verantwortungsbewusst:** Mit dem Green Deal und der Sustainable Chemistry Strategie der Europäischen Union (EU) werden hohe Erwartungen an unsere Branche gerichtet. Die Transformation zur Umsetzung der ehrgeizigen Klimaziele gelingt nur mit der



Entwicklung neuer, energiesparender Technologien und klimaschonender Produktionsverfahren. CITplus stellt diese Technologien und Verfahren dem Fachpublikum vor.

- **CITplus ist menschlich:** Alle Ideen und Konzepte sind immer nur so gut wie die Menschen, die sie schlussendlich umsetzen, leben und dauerhaft voranbringen. Deshalb gilt unser besonderer Dank der (noch) neuen Chefredakteurin der CIT plus, Frau Dr. Etwina Gandert, und ihrem zuverlässigen Team.

Wir freuen uns auf weiterhin viel Mut, Weitsicht, Ideenreichtum und neue Impulse mit unserer CITplus in den nächsten 25 Jahren.

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

25 Jahrgänge Studium Generale der Verfahrenstechnik

Mit 6 kommt man in die Schule, mit 18 gilt man als volljährig, aber was passiert eigentlich mit 25? Die meisten Ingenieure und Chemiker dürfen zu diesem Zeitpunkt kurz vor dem Abschluss ihres Master-Studiums stehen. Sie haben fachliche Grundlagen gelegt und können sich nun auf Fragestellungen konzentrieren, die sie besonders interessieren und die neu und innovativ sind.

Die CITplus hat, um im Bild zu bleiben, eine Art „Studium Generale“ der Verfahrenstechnik und des Chemieingenieurwesens gewählt. Dabei hat sie auch nicht erst bis zur Abschlussarbeit gewartet, um über den Tellerrand zu schauen: Von Anfang an war sie anwendungsorientiert und hat sich mit praktischen Fragen beschäftigt. Außerdem – und jeder weiß, wie wichtig solche Leute im Studienjahrgang sind – ist die CITplus ein hervorragender Netzwerker: Sie kennt unglaublich viele Akteure der Branche,

informiert über Ideen und Initiativen und sorgt damit dafür, dass sich innerhalb der Community neue Netzwerke bilden und vertiefen und Impulse aufgegriffen und weitergetragen werden. Die CITplus ist im besten Sinne eine Zeitschrift, die man in der Kaffeepause immer wieder in die Hand nimmt, um einzelne Beiträge zu lesen, oder in der man einige Monate später nach jenem Artikel sucht, in dem dieses neue Konzept vorgestellt wurde, mit dem man sich jetzt doch einmal ausführlich beschäftigen will.

Die CITplus hat in ihren 25 Jahren schon einiges erlebt und sich dabei immer wieder neu erfunden – ohne auf das Bewährte zu verzichten. Das wünschen wir ihr auch für die nächsten 25, 50 und 75 Jahre: Bleiben Sie als Plattform für die Verfahrenstechnik-, Chemieingenieur- und Bioproszesstechnik-Community erhalten, seien Sie weiter neugierig auf die vielen Innovationen, die



unsere Disziplinen zu bieten haben und stehen Sie uns als Begleiter zur Seite.

Ihre Dr. Kathrin Rübberdt, Geschäftsleiterin, ProcessNet

Oktober 2022			
Regelungstechnik – Praxis verfahrenstechnischer Prozesse	10.–11. Okt.	Frankfurt/Main	Dechema, kurse@dechema.de, www.Dechema-dfi.de
Chillventa	13. Okt.	Nürnberg	NürnbergMesse, www.chillventa.de
Datenbasierte Entscheidungsfindung: Multiple Regression, Algorithmen und künstliche Intelligenz (KI)	11.–14. Okt.	Frankfurt/Main	Dechema, kurse@dechema.de, www.Dechema-dfi.de
Die Qualitätssysteme GMP (Gute Herstellungspraxis) und GLP (Gute Laborpraxis) im Überblick – Ein Leitfaden der Guten Praxis	12. Okt.	Frankfurt/Main und online	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de, www.gdch.de
Fortgeschrittene (APC-) Regelungsalgorithmen	13. Okt.	Frankfurt/Main	Dechema, kurse@dechema.de, www.Dechema-dfi.de
Brandschutz im Tank- und Gefahrgutlager	17. Okt.	Essen	Haus der Technik, hdt@hdt.de, www.hdt.de
Essener Gefahrstofftage mit fachbegleitender Ausstellung	18.–19. Okt.	Essen	Haus der Technik, hdt@hdt.de, www.hdt.de
Prozesstechnische Auslegung von Wärmeübertragern	25.–26. Okt.	Frankfurt/Main	Dechema, kurse@dechema.de, www.Dechema-dfi.de
Modulare Anlagen in der Prozessindustrie Flexible Produktionssysteme für eine schnellere Produkteinführung	26.–27. Okt.	Essen	Haus der Technik, hdt@hdt.de, www.hdt.de
Elementspurenanalytik in der Praxis	27. Okt.	Frankfurt/Main	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de, www.gdch.de
Intensivkurs Marketing für Chemiker	27.–28. Okt.	online	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de, www.gdch.de
November 2022			
Grundlagen der Rheologie	2.–3. Nov.	Frankfurt/Main	Dechema, kurse@dechema.de, www.Dechema-dfi.de
Kolloidale Nanomaterialien	7.–9. Nov.	Aachen	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de, www.gdch.de
Elektroorganische Synthese	7.–8. Nov.	Frankfurt/Main	Dechema, kurse@dechema.de, www.Dechema-dfi.de
SPS	8.–10. Nov.	Nürnberg	Mesago, Messe Frankfurt, www.sps.mesago.com
Namur Hauptsitzung	10.–11. Nov.	Düsseldorf/ Neuss	Namur, www.namur.net
Störungs- und Notfallmanagement: Business Continuity Management (BCM) vor dem Hintergrund von Altlasten und Schadenssanierung	10.–11. Nov.	online	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de, www.gdch.de
13. Jahrestreffen der Betriebsingenieure	11. Nov.	Frankfurt	VDI-GVC, www.vdi.de/veranstaltungen
Bootcamp für neue Führungskräfte	14.–16. Nov.	Frankfurt/Main	VDI Wissensforum, www.vdi-wissensforum.de
Analysenmesstechnik für den Praktiker	15. Nov.	online	Jumo, Fulda, http://campus.jumo.info
Einführung in die Toxikologie für Chemiker	15.–17. Nov.	Hannover	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de, www.gdch.de
Erweiterung von Jumo-Komponenten um eine SPS-Funktionalität	17. Nov.	online	Jumo, Fulda, http://campus.jumo.info
GMP-Intensivtraining: Hintergründe und Essentials der GMP (Gute Herstellungspraxis) auf deutscher, europäischer und amerikanischer Ebene – mit Praxisteil	21.–22. Nov.	Frankfurt/Main	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de, www.gdch.de
Chemical Development and Scale-up in the Fine Chemical and Pharmaceutical Industries	21.–25. Nov.	online	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de, www.gdch.de
Biomasseverbrennung – Grundlagen, Anlagentechnik, CFD-Simulation	22.–23. Nov.	online	VDI Wissensforum, www.vdi-wissensforum.de
Methodenvalidierungen in der Analytischen Chemie unter Berücksichtigung verschiedener QS-Systeme	23. Nov.	Frankfurt/Main oder online	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de, www.gdch.de
Qualitätsmanagement im analytischen Labor	24.–25. Nov.	Frankfurt/Main	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de, www.gdch.de
Valve World Expo	29. Nov.– 1. Dez.	Düsseldorf	Messe Düsseldorf, www.valveworldexpo.de
Strategisches Produktmanagement	29.–30. Nov.	online	VDI Wissensforum, www.vdi-wissensforum.de

DOI
(Digital Object Identifier)

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

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

Carbon2Chem: Methanol aus Hüttengasen

Methanol – wichtiges Zwischenprodukt und potenzieller zukünftiger Treibstoff – wurde bisher meist aus Erdgas oder Kohle hergestellt. Im Rahmen des Chem2Chem-Projekts wird nach einer alternativen, nachhaltigen Route auf Basis von Hüttengasen gesucht. Eine Demonstrationsanlage in Form eines einzelnen Rohres mit Abmessungen wie bei einem industriellen Rohrbündelreaktor, einer Kühlung mit siedendem Wasser und Gasrückführung wurde jetzt das erste Mal über fünf Wochen kontinuierlich betrieben. Das Temperaturprofil entlang der Reak-

torachse und die Gaszusammensetzung im Rückführstrom wurden online gemessen und der Betriebsbereich der Anlage bestimmt. Die experimentellen Daten stimmten gut mit einer Simulation des Verfahrens überein.

Kontakt

Tim Schulzke, Fraunhofer Institute for Environmental, Security and Energy Technology UMSICHT, Oberhausen
tim.schulzke@umsicht.fraunhofer.de
DOI: 10.1002/cite.202200027

Carbon2Chem: Hüttengase reinigen

Hüttengase enthalten meist Verunreinigungen, die Katalysatoren vergiften und daher vollständig entfernt werden müssen, bevor die Hüttengase in chemische Rohstoffe, wie Methanol und Ammoniak, umgesetzt werden können. Die Komplexität der benötigten Gasreinigungsanlage hängt einerseits vom eingespeisten Gas, andererseits vom gewünschten Produkt ab. Im technischen Zentrum von Carbon2Chem wird eine Pilotanlage mit realen Hüttengasen betrieben. Es konnte am Beispiel der Ammoniaksynthese gezeigt werden, dass die Reinigung und Aufberei-

tung der Hüttengase mithilfe etablierter Prozesseinheiten, wie Adsorption, Hydrolyse und katalytischer Umsetzung, erreicht werden kann. Maßnahmen für eine Erhöhung der Flexibilität der Pilotanlage werden betrachtet und das Scale-up diskutiert.

Kontakt

Karsten Büker, thyssenkrupp Industrial Solutions AG, Dortmund
karsten.bueker@thyssenkrupp.com
DOI: 10.1002/cite.202200039

Carbon2Chem: Sauerstoff entfernen im Plasma

Koksofengas ist ein komplexes Gasgemisch, das unter anderem Sauerstoff enthält, der entfernt werden muss, bevor es zur Herstellung von chemischen Vorprodukten verwendet werden kann. Das kann mithilfe eines nicht-thermischen Plasmas erfolgen, wie bereits im Labormaßstab anhand eines Reaktors mit koaxialer dielektrischer Barriereentladung gezeigt wurde. Nun konnte das bisher in einer Glasapparatur durchgeführte Verfahren

erfolgreich auf einen Stahlreaktor mit höherem Volumenstrom und höheren Drücken übertragen werden. Dabei wurde ein höherer Umsatz erzielt.

Kontakt

Tim Nitsche, Fraunhofer Institute for Environmental, Security and Energy Technology UMSICHT, Oberhausen
tim.nitsche@umsicht.fraunhofer.de
DOI: 10.1002/cite.202200025

Carbon2Chem: CO rückgewinnen

Die Vakuum-Druckwechseladsorption (VDWA) ist eine vielversprechende Trenntechnologie, um wertvolle Verbindungen aus industriellen Abgasen rückzugewinnen. In einer Studie wurde die Trennung von CO aus Konvertergas mit einem Drei-Bett-VDWA-Prozess für hochreine Anwendungen mithilfe eines dynamischen Prozessmodells analysiert. Die Analyse bewertet die technischen Betriebsbereiche für 99,9 % reines CO. Ein Life Cycle Assessment

ergab unter anderem, dass so gewonnenes CO aus Konvertergasen als Rohstoff für Chemikalien die Emissionen von Treibhausgasen um etwa 10 % beim derzeitigen deutschen Strommix senken könnten.

Kontakt

Andreas Jupke, RWTH Aachen University
andreas.jupke@avt.rwth-aachen.de
DOI: 10.1002/cite.202200029

Stahlproduktion der Zukunft: klimaneutral und ökonomisch

Die europäische Stahlindustrie sieht sich innerhalb der nächsten Jahrzehnte einer großen Herausforderung gegenüber: der Transformation zur klimaneutralen Stahlproduktion. Ein Weg könnte die Kombination einer Wasserstoff-basierten Reduzierung von Eisenerz mit Schmelzanlagen sein, um die derzeitigen Hochöfen, Sinterprozesse und Kokereien zu ersetzen. Zudem könnten die Hüttengase chemisch verwertet werden. Auf diese Weise könnten die

Klimaziele erreicht werden – ökonomisch und mit minimierten Auswirkungen auf das Produktionsnetz und die Stahlqualität – und zusätzlich könnten nachhaltige Rohstoffe für die chemische Industrie geliefert werden.

Kontakt

Nina Kolbe, thyssenkrupp Steel Europe AG, Duisburg
nina.kolbe@thyssenkrupp.com
DOI: 10.1002/cite.202200046

Streulichensor

Die spezifische Oberfläche der dispergierten Phase in Suspensionen, Emulsionen, Blasensäulen und Aerosolen spielt eine entscheidende Rolle für den Wärme- und Massentransfer und beeinflusst die Ausbeute verfahrenstechnischer Produktionsanlagen ganz erheblich. Ein leicht zu installierender optischer Rückstreuungssensor kann die dispergierte Oberfläche unter bestimmten Randbedingungen als direktes Primärsignal ausgeben. Der neue Sensor arbeitet auch in hochkonzentrierten

Suspensionen und Emulsionen, wo konventionelle Nephelometrie scheitert. Der Sensor kann inline in Batch- und kontinuierlich betriebenen Kristallisatoren verwendet werden – auch in harschen Produktionsumgebungen und potenziellen Explosionszonen.

Kontakt

Lukas Schmitt, Hochschule Mannheim
l.schmitt@hs-mannheim.de
DOI: 10.1002/cite.202200076



Wertvoller Informationsaustausch für Betriebsingenieure und die Branche

Herzlichen Glückwunsch zum 25-jährigen Jubiläum, liebe CITplus!

Anlässlich des 25-jährigen Jubiläums der CITplus habe ich lange darüber nachgedacht, wann mir persönlich die CITplus zuerst begegnet ist. Schließlich bin ich zu dem Schluss gekommen, dass in meiner beruflichen Laufbahn die CITplus einfach immer schon da war, zumindest seit ich 1997 nach dem Studium bei der Firma Hoechst AG im Anlagenbau angefangen habe. Was mich damals besonders angesprochen hat, waren die produktspezifischen Informationen, die mir als absolutem Anfänger sehr geholfen haben, die aus dem Studium bekannten theoretischen Ansätze in praktische Lösungen umzusetzen, und dabei auf die Erfahrungen anderer zurückgreifen zu können. Die Verbindung von Produkt und Anwendung fand ich sehr hilfreich, um zu verstehen, wie die sich oft wiederholenden Herausforderungen in Anlagen in technische Lösungen umgesetzt werden, und auch welchen Hersteller oder Systemlieferanten man bei bestimmten Fragen ansprechen kann.

Ein paar Jahre später hatte ich schon etwas mehr Berufserfahrung und war in der Zwischenzeit vom Engineering zur technischen Betriebsbetreuung, also auf die Betreiberseite gewechselt. Damit verschob sich auch mein Fokus von Apparaten und Geräten mehr auf das Feld der typischen Aufgaben beim Betreiben prozesstechnischer Anlagen: Wartung, Instandsetzung,



Inspektion und das Management von Betreiberpflichten gehörten damals für mich zu den täglichen Aufgaben. Viele von den damit verbundenen Herausforderungen setzen Kenntnisse und Erfahrungen voraus, die an Hochschulen kaum gelehrt werden, und die auch an anderer Stelle kaum zu finden sind, weil die Knowhow-Träger selten die Zeit finden, um ihr Wissen für andere zur Verfügung zu stellen, schon gar nicht schriftlich.

An dieser Stelle kommt wieder eine Stärke der CITplus in Spiel: Wolfgang Sieß, der damalige Chefredakteur der CITplus, hat viel dafür getan, dass Mitarbeiter in der Prozessindustrie genau das getan haben, nämlich über „good“ und „best practice“ in ihrem betrieblichen Alltag zu berichten.

Er hat auch mich dazu gebracht, selbst einen Artikel in der CITplus zu veröffentlichen, nämlich darüber, wie wir unsere neu erworbene und sehr leistungsfähige Wärmebildkamera im betrieblichen Alltag einsetzen. Auf diesen Artikel bin ich sogar von extern angesprochen worden, und die Aussage stützt genau das, was ich als Stärke der CITplus sehe: Der Austausch von Betriebserfahrung über Firmengrenzen hinweg ist sehr wertvoll und auf anderem Weg nicht mit solcher Reichweite zu realisieren. Die heutige Chefredakteurin der CITplus setzt diese Tradition ungebrochen fort, wofür ich ihr sehr dankbar bin.

Als ich über den VDI bei den Betriebsingenieuren (Fachbereich 3 der VDI-Fachgesellschaft für Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen GVC) eingestiegen bin, habe ich die CITplus erneut von einer anderen Seite kennengelernt: die CITplus war immer bereit, Artikel zu den Themen, die den Kreis der Betriebsingenieure besonders bewegte, zu veröffentlichen. Dazu gehörten die Ergebnisse des Erfahrungsaus-

tauschs für Betriebsingenieure aus den einzelnen Regionalgruppen, aber auch Inhalte, die von Herstellern zu bestimmten Themenkreisen beigesteuert wurden.

Besondere Erwähnung muss auch noch die jahrelange vertrauensvolle Zusammenarbeit zwischen den Organisatoren des Jahrestreffens der VDI-Betriebsingenieure in Frankfurt und der CITplus finden. Die Chefredaktion hat stets den direkten Kontakt mit Teilen ihrer Leserschaft gesucht und damit die Inhalte und Themen identifiziert, die für ihre Leserschaft besonders relevant sind. Damit funktioniert der Informationsfluss in beide Richtungen: die Betreiber sehen, was der Markt an neuen Entwicklungen und bewährten Lösungen bietet, während die Hersteller sehen, welche Themen bei ihren Kunden gerade ganz oben auf der Agenda stehen.

Es bleibt mir nur, dem ganzen Team, das sich hinter dem Namen CITplus verbirgt, herzlich für ihre unermüdliche Arbeit zu danken, die das Erscheinen dieser Publikation erst ermöglicht, und der CITplus und ihren Machern alles Gute für die nächsten 25 Jahre zu wünschen!

Ihr Dr. Christian Poppe, Technical Asset Management UER bei Covestro Deutschland

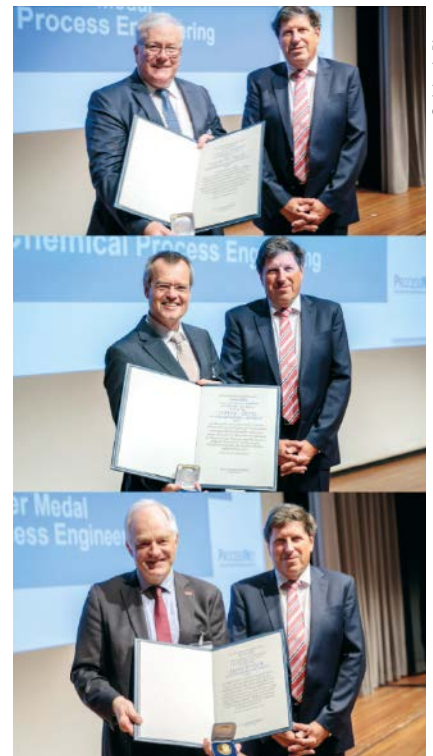
ProcessNet-Medaillen an verdiente Verfahrenstechniker vergeben

Im Rahmen der ProcessNet-Jahrestagung wurden am 13. September 2022 in Aachen die ProcessNet-Medaillen vergeben. Ausgezeichnet wurden Prof. Dr. David W. Agar, TU Dortmund; Prof. Dr.-Ing. Stephan Scholl und Prof. Dr.-Ing. Arno Kwade, beide TU Braunschweig.

Die Gerhard Damköhler-Medaille 2022 geht an Prof. Dr. David W. Agar, TU Dortmund für seine herausragenden wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiet der chemischen Verfahrenstechnik. Insbesondere hat er sich als Vorreiter bei der Entwicklung multifunktionaler Reaktoren und der Prozessintensivierung durch Mikroreaktionstechnik große Verdienste erworben.

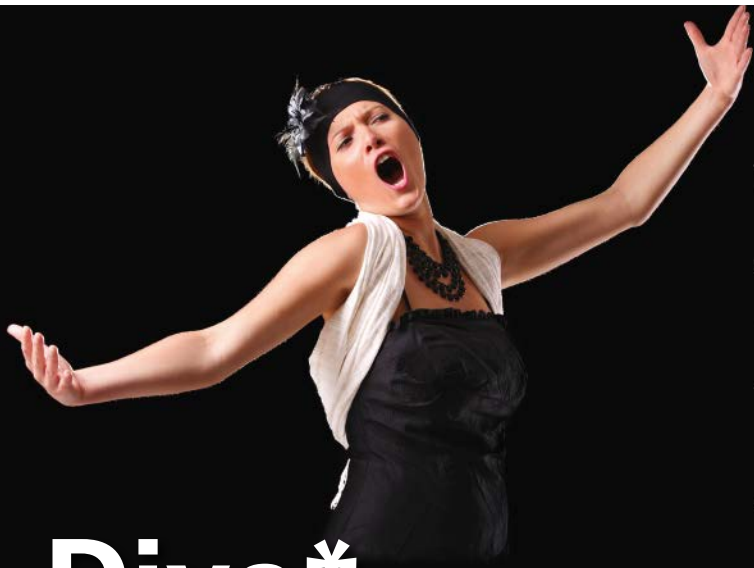
Mit der Emil Kirschbaum-Medaille 2022 wird Prof. Dr.-Ing. Stephan Scholl von der TU Braunschweig ausgezeichnet für seine umfassenden Arbeiten insbesondere zu Maßnahmen zur Prozessintensivierung in konventionellen Apparaten und zu innovativen Apparateentwicklungen zur Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz. Damit hat er die thermische Verfahrenstechnik in den letzten 20 Jahren maßgeblich geprägt.

Prof. Dr.-Ing. Arno Kwade, TU Braunschweig, erhält die Hans Rumpf-Medaille 2022 für seine herausragende Forschung auf dem Gebiet der mechanischen Verfahrenstechnik, insbesondere für seine grund-



© Johanne Phoung

legenden Arbeiten zum Zerkleinern und Dispergieren, deren Ergebnisse in industriellen Anwendungen in so unterschiedlichen Gebieten wie der Batteriefertigung und der pharmazeutischen Formulierung zum Tragen kommen. www.dechema.de



Diva*

***anspruchsvoller Rohstoff**
[leicht entzündbar, explosionsgefährlich]

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

We Love Ingredients.

[Unkompliziert
können wir auch ...]

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

AZO.®

www.azo.com

Dekarbonisierungsprojekt für klimafreundliche Chemieproduktion

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) fördert erstmalig ein Projekt, das klimafreundliche Alternativen zum Einsatz fossiler Energie in der Chemieindustrie erproben soll. Mithilfe der Förderung in Höhe von insgesamt rund 14,8 Mio. EUR ist nun der Bau der weltweit ersten Demonstrationsanlage für elektrisch beheizte Steamcracker-Öfen in Ludwigshafen (Rheinland-Pfalz) gestartet. Der Chemiekonzern BASF will zusammen mit zwei Partnern durch die entwickelte Technologie einen der größten CO₂-Verursacher beseitigen. Dies erfolgt im Rahmen des Förderprogramms „Dekarbonisierung in der Industrie“. Betreut wird das Programm vom in Cottbus (Brandenburg) ansässigen Kompetenzzentrum Klimaschutz in energieintensiven Industrien (KEI), das dieses innovative Forschungsprojekt zum erfolgreichen Realisierungsbeginn führte.

Im geförderten Projekt „eFurnace“ erprobt die BASF in den nächsten vier Jahren verschiedene Heizkonzepte elektrifizierter Spaltöfen eines Steamcrackers. Der offizielle Startschuss für den Bau der großtechnischen Demonstrationsanlage ist am 1. September 2022 am Unternehmensstandort in Ludwigshafen gefallen. Durch die Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energien anstelle von



fossilem Erdgas zum Beheizen der Öfen hat die neue Technologie das Potenzial, die CO₂-Emissionen eines der energieintensivsten Prozesse der chemischen Produktion, um mindestens 90 % im Vergleich zur herkömmlichen Methode zu reduzieren. Die Inbetriebnahme der in einen bestehenden Steamcracker integrierten Demonstrationsanlage ist für 2023 geplant. Die Gesamtprojektkosten belaufen sich auf rund 69 Mio. EUR. BASF investiert gemeinsam mit dem Chemie- und Metallkonzern SABIC Global Technologies in das Projekt, wobei die Demonstrationsanlage allein von BASF betrieben wird. Der Anlagenbauer Linde ist der Partner für Planung, Beschaffung und Bau dieses Projekts und wird die entwickelten Technologien in Zukunft vermarkten.

www.basf.de

Europas größte Anlage für chemisches Recycling

Der US-amerikanische Chemiekonzern Dow und Mura Technology, ein britisches Recyclingunternehmen und Pionier im chemischen Recycling, werden ihre bestehende Zusammenarbeit zur Lösung des globalen Kunststoffabfallproblems ausbauen. Mura plant den Bau einer neuen Anlage am Dow-Standort Böhlen – die jüngste in einer Reihe geplanter Anlagen in den USA und Europa, die das chemische Recycling von Kunststoffen rasch vorantreiben soll – und die erste an einem Dow-Standort. Die neue Anlage von Mura in Böhlen, die bis 2025 in Betrieb gehen soll, könnte bei voller Auslastung eine Recyclingkapazität von etwa 120 kt pro Jahr bieten. Diese und die anderen geplanten Anlagen, die in Europa und den USA gebaut werden sollen, würden bis 2030 insgesamt 600 kt pro Jahr an fortschrittlichen Recyclingkapazitäten schaffen – und Dow zum weltweit größten Verbraucher von Kreislaufmaterial für die Produktion von Polyethylen machen.

„Die Errichtung Europas größter Recyclinganlage in Böhlen ist ein großer Erfolg für den Industrie- und Innovationsstandort Sachsen. Dow und Mura werden mit ihrer Partnerschaft von Sachsen aus, einen wertvollen Beitrag für eine nachhaltige Welt leisten. Chemisches Recycling ist eine Schlüssel-

technologie auf dem Weg zu einer ressourcenschonenden und klimaneutralen Kreislaufwirtschaft. Die Kooperation von Dow und Mura schafft zukunftsfähige Arbeitsplätze, stärkt den traditionsreichen Industriestandort in Böhlen und unterstützt den Strukturwandel in der Region“, erklärt der sächsische Ministerpräsident Michael Kretschmer heute vor internationalen Medienvertretern am Dow-Standort Böhlen.

Bereits im vergangenen Jahr hatten Dow und Mura den Bau der ersten chemischen Recyclinganlage von Mura mit dem HydroPRS-Verfahren im britischen Teesside mit einer Kapazität von 20.000 t pro Jahr bekannt gegeben. Diese soll 2023 in Betrieb gehen. Der Standort Böhlen würde mit 120 kt eine erheblich größere Kapazität für recycelte Plastikabfälle ermöglichen und das Angebot an vollständig kreislauffähigen Rohstoffen für die Industrie deutlich erhöhen. Das chemische Recyclingverfahren HydroPRS (Hydrothermal Plastics Recycling Solution) von Mura nutzt überkritischen Dampf, um alle Arten von Kunststoffen, einschließlich flexibler und mehrschichtiger Kunststoffe, die bisher als „nicht recycelbar“ galten, wieder in die ursprünglichen Öle und Chemikalien umzuwandeln, aus denen sie hergestellt wurden.

www.muratechnology.com

Weitere Batteriezellfabrik in Brandenburg

Die Svolt Energy Technology wird in Lauchhammer (Brandenburg, Kreis Oberspreewald-Lausitz) eine weitere Batteriezellfabrik für den europäischen Markt errichten. Der Standort Lauchhammer steht als sogenanntes Brown-field-Projekt kurzfristig zur Verfügung. Vestas, ein Hersteller von Windenergieanlagen, hatte dort erst vor kurzem die Produktion von Rotorblättern eingestellt. Svolt hat das Werk inklusive Gebäude und Infrastruktur Ende August vom bisherigen Besitzer erworben. Für die Errichtung der Batteriezellfabrik soll der Großteil der Bestandshallen bestmöglich weiter genutzt werden. Aufgrund spezifischer Anforderungen von Svolt sind aber auch Umbau- und Erweiterungsmaßnahmen notwendig. Diese sollen zeitnah realisiert werden. Aktuell entwickelt das Unternehmen einen Masterplan für die Ansiedlung,



der einen detaillierten Zeitplan sowie die notwendigen Umbau-, Modernisierungs- und Erweiterungsmaßnahmen beinhalten wird.

Die in Lauchhammer produzierten Batteriezellen werden unter anderem am künftigen Standort im saarländischen Heusweiler weiterverarbeitet und für den Einsatz in E-Fahrzeugen vorbereitet. Das Unternehmen profitiert damit zukünftig von den Synergien zwischen

den beiden Werken in Heusweiler und Lauchhammer. Das Werk in Lauchhammer ist ein weiterer Meilenstein nach der Modul- und Hochvoltspeicherfertigung in Heusweiler, die sich parallel im Aufbau befindet. Der Standort in Lauchhammer trägt damit auch dazu bei, dass das Unternehmen aktuelle Kundenprojekte zeitnah bedienen sowie seine erweiterten Kapazitätsziele in Europa schneller erreichen kann.

Man hat sich für sein nächstes Ansiedlungsprojekt in Deutschland bewusst für den Innovationsstandort Brandenburg entschieden. In der Region um Lauchhammer sowie in ganz Brandenburg ist in den vergangenen Jahren ein innovatives Zentrum für Elektromobilität entstanden. Viele Unternehmen entlang der Lieferkette und des Batterielebenszyklus sind in der Region ansässig – in direkter Nachbarschaft etwa BASF, mit der Svolt Ende 2021 eine Partnerschaft für die gemeinsame Arbeit an Batteriematerialien und deren Recycling geschlossen hat. Die komplett kobaltfreie Batteriezelle (NMX-Zelle), die Svolt als erster Hersteller weltweit in Serie produziert, ist nicht nur wesentlich nachhaltiger, sondern auch kostengünstiger als klassische Nickel-Kobalt-Mangan-Batteriezellen.

www.svolt-eu.com



Evonik und LIKAT entdecken neue Variante der Hydroformylierung

Einem Forscherteam unter Beteiligung von Evonik und dem Leibniz-Institut für Katalyse (LIKAT) ist erneut ein Durchbruch auf dem Gebiet der Hydroformylierung gelungen. Der bisherige Stand der Wissenschaft ging davon aus, dass sich diese Reaktion, wird sie mit Cobalt katalysiert, nur unter hohen Druckverhältnissen durchführen lässt, ohne dass sich der Katalysator zersetzt. Dies hat Robert Franke, Leiter der Hydroformylierungsforschung bei Evonik, zusammen mit den Forschungspartnern vom LIKAT, Baoxin Zhang und Christoph Kubis, widerlegt. „Mit dieser Entdeckung haben wir neue Prozessoptionen für die Hydroformylierung gefunden“, sagt Franke, der zudem als Professor für Chemie an der Ruhr-Universität Bochum tätig ist. „Es könnte zukünftig möglich sein, diese großtechnische Reaktion wesentlich ökonomischer und umweltfreundlicher zu machen. Diese Verfahren zu entwickeln, ist unsere Aufgabe für die nächsten Jahre.“ Den Forschern gelang

es erstmalig nachzuweisen, dass Cobaltcarbonyle, sehr kostengünstige Verbindungen für die Katalyse der Hydroformylierung, auch bei niedrigen Drücken aktiv und stabil sind. Der Schlüssel zu dieser Entdeckung war die Entwicklung spezieller spektroskopischer Messmethoden und dazugehörige mathematische Werkzeuge zur Datenauswertung. Hochdruckprozesse, die Cobaltcarbonyle als Katalysator verwenden, könnten zukünftig durch neue Verfahren mit niedrigeren Drücken abgelöst werden. Diese neuen Prozesse wären dann kostengünstiger, energieeffizienter und damit nachhaltiger. Bei Evonik hätte dies Auswirkungen auf die Produktion langkettiger Alkohole, wie z.B. dem Oxo-Alkohol Isononanol (INA), der unter anderem für die Herstellung von Weichmachern eingesetzt wird. Aufgrund der besonderen Bedeutung dieser Entdeckung publizierte die renommierte Fachzeitschrift Science die Ergebnisse des Projektes.

www.catalysis.de · www.evonik.de

AMG Lithium unterzeichnet verbindlichen Mehrjahresvertrag

AMG Lithium mit Sitz in Frankfurt, eine hundertprozentige Tochtergesellschaft der AMG, hat einen verbindlichen Liefervertrag mit dem koreanischen Unternehmen Ecopro mit einer Laufzeit von zunächst drei Jahren unterzeichnet hat. Das Unternehmen wird Ecopro mit Lithiumhydroxid in Batteriequalität aus seinem Werk in Bitterfeld-Wolfen beliefern, welches sich derzeit im Bau befindet und im dritten Quartal 2023 in Betrieb genommen werden soll. Im Rahmen des Vertrags wird der Lieferant mindestens 5.000 t Lithiumhydroxid in Batteriequalität pro Jahr

an die Produktionsanlage für Kathodenmaterialien von EcoPro BM in Debrecen, Ungarn, liefern. Der Vertrag beinhaltet eine Option für zusätzliche Volumen. Die ersten Lieferungen für Qualifizierungszwecke sind für Ende 2023 geplant, die regulären Mengen werden 2024 folgen. AMG Lithium plant, im ersten Modul in Bitterfeld-Wolfen eine jährliche Menge von 20.000 t Lithiumhydroxid in Batteriequalität zu produzieren, wobei vier weitere Module geplant sind, um eine jährliche Gesamtproduktionskapazität von 100.000 t/a zu erreichen.

www.amglithium.com



INWATEC®
Innovative Wassertechnik

UNSERE EXPERTISE:

- ≈ **Kühlwasser**
- ≈ **Kesselwasser**
- ≈ **Abwasser**
- ≈ **Reinigungen**
- ≈ **Gefährdungsbeurteilungen**
- ≈ **Innovationen – wie unser patentiertes Onlinemessgerät zur automatisierten Legionellenbestimmung**

≈ **INWATROL L.nella+**

Mehr über uns im Video und auf www.inwatec.com



**INNOVATIV
EFFIZIENT
KUNDENORIENTIERT**

Vom Praktiker für Praktiker – das Praxismagazin unserer „Community“

Die CITplus begleitet mich nun schon nahezu durch mein gesamtes Berufsleben in der Industrie hindurch. Ich fand Sie von Anfang an aus mehreren Gründen sehr nützlich: Als Bindeglied in unsere deutsche Gremien- und Fachgesellschaften-Welt und als Orientierung zum „who-is-who“. Als gute und erstaunlich agile Möglichkeit, aus richtungsweisenden Tagungen wie beispielsweise den Tutzing Symposien umfassend zu berichten, auch mehrteilig wie im „100 % Digital in der Prozess-Industrie“-Fall. Als niedrigschwelliges Angebot zur Publikation relevanter Beiträge „vom Praktiker für Praktiker“, wie kürzlich aus meinem Team zum Thema „TA Luft und Sterilflanschverbindungen“. Als übersichtliche Informationsplattform für technische Neuerungen, Anbieter und Kontaktdaten. Und



nicht zuletzt als Plattform, die den „stillen Helden“ des Alltages in der Prozessindustrie – den Betriebs-Ingenieurinnen und -Ingenieuren – eine Bühne gibt.

Gerade in Zeiten des multimedialen Informationsüberangebots des Internets finde ich, dass so ein gut aufgemachtes, tradiertes Printmedium doch erstaunlich frisch daherkommt und seine Daseinsberechtigung immer wieder deutlich unter Beweis stellt.

Insofern beglückwünsche ich die CITplus sehr herzlich zu ihrem 25-jährigen Bestehen und wünsche ihr noch viele weitere erfolgreiche Jahre als das Praxismagazin unserer „Community“.

Ihr Dr. Michael Wilk, Senior Vice President Site Management, Engineering Services, Merck

Herzlichen Glückwunsch zum Silber-Jubiläum

Die 25 Jahre sind schnell vergangen, herzlichen Glückwunsch der CITplus, wie sie im Herbst 1998 angekündigt wurde, zu diesem runden Jubiläum. Mit 25 Jahren ist die CITplus weiterhin jung mit ihren vielfältigen Themen im frischen Layout. Aus meinem zweiten Jahr in der Industrie kann ich mich noch gut an den Start erinnern, als die Chemie-Ingenieur-Technik schlanker wurde und der Teil Aktuelles mit vielen Industrieberichten angereichert zur neuen Zeitschrift CITplus wurde. Erst vielleicht etwas skeptisch angeschaut, zeigte sich schnell der Mehrwert der praxisnahen und aktuellen Berichte. Insbesondere die Aktualität von Publikationen ist ein großer Wert, den ich im Nachgang des Tutzing-Symposiums 2018 zur Digitalisierung in der Prozessindustrie besonders schätzen gelernt habe. Die drei Tage intensiver Diskussion und auch Schreibarbeit ist in 36 Thesen gemündet, die nach Veröffentlichung schrien, raus in die Welt! Doch ein regulärer Prozess dauert Monate, wenn nicht sogar über ein Jahr. Eine Anfrage an die CITplus gab sofort grünes Licht. So erschien der erste Artikel schon im August mit den 12 Thesen. In lockerer Reihenfolge erschienen noch Schwerpunkte, die anschließend in einem Sonderheft gedruckt werden konnten. Das war in diesem sehr aktuellen, aber auch schnellebigen Thema von großem Vorteil.



Auch finde ich in den Beiträgen immer wichtige Anregungen und Ideen für Vorlesungen und Forschungsprojekte, die das hohe Potenzial für angewandte Forschung und neueste Entwicklungen in der chemischen Technologie zeigen.

Meine ersten beiden Artikel sind mir noch in Erinnerung, sie waren aus einem Tandemvortrag auf der ProcessNet Jahrestagung 2010 entstanden, jedoch war die „Geburt“ etwas schwierig. Besonders schön fand ich die Anfrage von Herrn Sieß vor fünf Jahren, einen Artikel zur Historie der Prozesstechnik zu schreiben. Ich konnte aufbauend auf meine Publikationen zur Destillation und Reaktionstechnik einen breiteren Blick wagen und schön zeigen, wie gerade die chemische Industrie zum wirtschaftlichen Aufstieg nach den 1940er Jahren in Deutschland beigetragen hat. Die Energiekrise zu Beginn der 1970er Jahre hat zur Effizienzsteigerung und Automatisierung beigetragen, was immer noch wichtig ist.

Für die nächsten 25 Jahre und darüber hinaus wünsche ich der CITplus viele interessante Beiträge, die die Brücke schlagen zwischen den Ergebnissen aus Forschung und Entwicklung zur praktischen Anwendung, wo weitere Fragen auftauchen, die zu neuen Forschungsideen führen.

Ihr Prof. Dr.-Ing. Norbert Kockmann, Faculty of Biochemical and Chemical Engineering, Technical University Dortmund

VDI-Ehrenmedaille für Prof. Dr. Thomas Hirth

Die VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (VDI-GVC) hat Prof. Dr. Thomas Hirth mit der VDI-Ehrenmedaille für seine Arbeiten und Erfolge in der Chemie und Verfahrenstechnik sowie wegweisender nationaler und internationaler Kooperationen ausgezeichnet. Im Rahmen der ProcessNet-Jahrestagung 2022 in Aachen würdigte der VDI damit insbesondere Hirths Engagement zur Innovationsförderung und der Weiterentwicklung der VDI-GVC und deren enger Kooperation mit Dechema.

Thomas Hirth erkannte früh und weitsichtig die Bedeutung fachübergreifender Aktivitäten und die daraus resultierende Bereicherung für alle Akteure in Wissenschaft und Industrie sowie für den Produktions- und Forschungsstandort Deutschland. In seiner Funktion als Vizepräsident für Transfer und Internationales des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) sowie mit großem ehrenamtlichem Engagement als Vorsitzender von ProcessNet, der gemeinsamen Initiative von Dechema und VDI, verfolgte er konsequent das Ziel, die Kräfte von Naturwissenschaft und Ingenieurwesen sowohl disziplin- als auch länderübergreifend zu bündeln.

In seiner Amtszeit ist es ihm in außergewöhnlicher Weise gelungen, den engen fachlichen Austausch aller



© Dechema / Daniela Elke

Akteure zu intensivieren und somit die Innovationsfähigkeit von Chemie und Verfahrenstechnik voranzutreiben. So initiierte er zahlreiche Strategieprozesse, um Herausforderungen der Zukunft wie Energie- und Rohstoffwandel, Kreislaufwirtschaft und Digitalisierung im globalen Kontext des Klimawandels gemeinsam mit den relevanten Stakeholdern anzugehen.

Der promovierte Chemiker begann seine berufliche Laufbahn 1992 am Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT in Pfinztal und hatte dort verschiedene Positionen inne. Nach dem Wechsel 2007 nach

Stuttgart war er bis 2015 Direktor des Fraunhofer-Instituts für Grenzflächenverfahrenstechnik und Biotechnologie sowie von 2008 bis 2015 Professor an der Universität Stuttgart und Leiter des Instituts für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie an der Universität Stuttgart. Von 2012 bis 2015 war Thomas Hirth sowohl Mitglied des Präsidiums der Fraunhofer-Gesellschaft als auch Prodekan der Fakultät für Energie-, Prozess- und Biotechnik der Universität Stuttgart. Seit dem 1. Januar 2016 ist er Vizepräsident für Transfer und Internationales am Karlsruher Institut für Technologie. Seit den 1990er Jahren engagiert sich Hirth ehrenamtlich im VDI und ist seit 2009 ordentliches Mitglied im Beirat der VDI-GVC.

Die Ehrenmedaille des VDI wird seit 1959 als Auszeichnung für besonders verdiente ehrenamtliche Mitarbeiter des VDI, hervorragende Persönlichkeiten des öffentlichen Lebens, eines technisch-wissenschaftlichen Fachgebietes oder aus dem berufspolitischen Bereich verliehen. Die aus Gold geprägte Medaille trägt auf der Vorderseite die Abbildung eines Fackelträgers und die Umschrift „Der Zweck der Arbeit soll das Allgemeinwohl sein“, auf der Rückseite das VDI-Zahnrad und die Umschrift „Für Verdienste um die Technik und den VDI“.

www.vdi.de

Prof. Dr.-Ing. Gregor Wehinger erhält Arnold-Eucken-Preis

Die VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (GVC) hat Prof. Dr.-Ing. Gregor Wehinger mit dem Arnold-Eucken-Preis 2022 ausgezeichnet. Den bedeutendsten deutschen Nachwuchspreis der Verfahrenstechnik erhielt Wehinger für seine herausragenden Leistungen zur Reaktionstechnik und Dynamik chemischer Prozesse – insbesondere zur CFD-Modellierung katalytischer Festbettreaktoren – im Rahmen seines Eröffnungsvortrags auf der ProcessNet-Jahrestagung in Aachen. Gregor Wehinger ist Juniorprofessor und Leiter des Fachgebiets Dynamik Chemischer Prozesse

an der Technischen Universität Clausthal. Wehinger und seiner Forschergruppe ist es gelungen, sowohl Grundlagen und Methoden der CFD-Modellierung von Festbettreaktoren weiterzuentwickeln als auch diese Methoden auf industriell und gesellschaftlich relevante Problemstellungen wie die Energiewende anzuwenden. Die VDI-GVC vergibt seit 1956 jährlich den mit 5.000 EUR dotierten Arnold-Eucken-Preis für hervorragende technisch-wissenschaftliche Leistungen auf dem Gebiet der Verfahrenstechnik. Damit fördert sie begabte Nachwuchskräfte aus Industrie, Hochschulen oder Forschungsinstituten. Die

Preisträger sollten nicht älter als 40 Jahre sein und weder einen Lehrstuhl innehaben noch eine Forschungs- oder Entwicklungseinrichtung verantwortlich leiten. Der Arnold-Eucken-Preis wird in Erinnerung an den deutschen Physikochemiker und ersten Vorsitzenden des VDI-Fachausschusses „Verfahrenstechnik“ verliehen.

www.vdi.de



© VDI-KV/Jonnie Phuong

Prof. Dr.-Ing. Lutz Eckstein wird VDI-Präsident

Der VDI hat seinen zukünftigen Präsidenten gewählt: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Lutz Eckstein wurde am 31. August 2022 von der Vorstandsversammlung des VDI mit großer Mehrheit als Nachfolger von Dr.-Ing. Volker Kefer bestimmt. Lutz Eckstein ist Leiter des Instituts für Kraftfahrzeuge (ika) an der RWTH Aachen und



© Institut für Kraftfahrzeuge (ika), RWTH Aachen University

wird ab dem 1. Januar 2023 neuer VDI-Präsident. „Ich freue mich sehr auf diese ehrenvolle Aufgabe. In meiner Funktion als Präsident möchte ich unter anderem die tragende Rolle von Ingenieurinnen und Ingenieuren für zentrale Zukunftsthemen wie Klimaschutz, Mobilität sowie die digitale Transformation verdeutlichen und neue Impulse setzen“, so Eckstein. Volker Kefer wird zum 31. Dezember 2022 nach vier Jahren als VDI-Präsident satzungsgemäß ausscheiden. Themen wie technische Bildung, Nachwuchsförderung, Mobilität, Interdisziplinarität vor dem Hintergrund der Digitalisierung sowie die Herausforderungen der Coronapandemie prägten seine Amtszeit. Der VDI bedankt sich bereits jetzt sehr bei Dr. Volker Kefer für seine langjährige erfolgreiche Arbeit.

www.vdi.de



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

Einladung zum Erfahrungsaustausch

13. Jahrestreffen der Betriebsingenieure in Frankfurt

Einen echten Erfahrungsaustausch, der mehr als Informationen bietet. Das dürfen die Teilnehmenden des 13. Jahrestreffens der Betriebsingenieure der VDI-GVC erwarten, es stehen wieder aktuelle Themen aus der Praxis auf dem Programm. Darunter die Betreiberpflichten und die neue TA Luft im betrieblichen Alltag sowie „BIM für BING“: Building Information Modelling – vom Modell in die Praxis. Außerdem werden zentrale Themen aus dem betrieblichen Alltag wie Inbetriebnahme, Turnaround Management sowie Remote Unterstützung und digitale Tools diskutiert.

Nach dem Motto „Ohne uns läuft hier nichts“ tragen Betriebsingenieure eine große Verantwortung und sind einer hohen Arbeitsbelastung ausgesetzt. Die VDI-Informationsplattform für Betriebsingenieure hat sich als tatkräftige Interessenvertretung und wichtige Fortbildungsinitiative etabliert. So lädt die VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (VDI-GVC) ihre Mitglieder und deren Kolleginnen und Kollegen zum 13. Jahrestreffen der Betriebsingenieure ein, das am 11.11.2022 im Relaxa Hotel in Frankfurt am Main stattfindet.

Aus der Praxis für die Praxis

Die in der Region ansässigen Betriebsingenieure treffen sich in sechs VDI-Regionalgruppen, um

regelmäßig aktuelle Themen aus ihrem betrieblichen Umfeld zu diskutieren, ein Netzwerk zu knüpfen und Informationen zu Themen aus der Praxis auszutauschen. Inzwischen hat sich der Erfahrungsaustausch – bedingt durch die Coronapandemie – auch im digitalen Format etabliert und bietet optimale Möglichkeiten für einen überregionalen Austausch. Auf dem 13. Jahrestreffen darf man sich wieder auf ein persönliches Treffen in großer Runde freuen.

Mit der Zielsetzung „Von Betriebsingenieuren für Betriebsingenieure“ erwartet die Teilnehmenden wieder ein abwechslungsreiches und informatives Programm zu Themen und Herausforderungen des betrieblichen Alltags rund um die Produktionsanlage.

Das Expertenforum richtet sich an Betriebsingenieure, Technikleiter, Leiter der Instandhaltung, Ingenieure in der Produktion, etc. in der chemischen Industrie, der Prozessindustrie sowie der Pharma- und Biotechnologie-Branche.

Regionalgruppen des VDI-GVC

Regionale Ansprechpartner

Bayerisches Chemiedreieck: N.N.

Mitteldeutschland: Arne Wasner, Schirm, Schönebeck; Karsten Litzendorf, Ingenieurbüro Litzendorf, Merseburg

Nord: Sven Reher, Ingredion Germany, Hamburg; Kai Rohwedder, Sasol Germany, Brunsbüttel

Rhein-Main-Neckar: Manfred Dammann, Bilfinger Digital Next, Mannheim

Rhein-Ruhr: Christian Poppe, Robert Meiers, Covestro Deutschland, Leverkusen

Westfalen: Andreas Wolff, Evonik Industries, Marl; Andrzej Kurpik, Ineos Phenol, Gladbeck

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

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202201012>

Kontakt

VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (VDI-GVC)

Dr. Ljuba Woppowa · Tel.: +49 211 6214 - 314
woppowa@vdi.de · www.vdi.de/gvc

Referenten und Themen

- **Einsatz von Videosupport als Expertentool unter Pandemiebedingungen,** Dr. Christian Blaufelder, Evonik Operations, Hanau
- **Betreiber-Dokumentation von Morgen: Digital Data Chain,** Dipl.-Ing. Attila Kun, BASF, Ludwigshafen
- **Die novellierte TA Luft und daraus resultierende Neuerungen für die chemische Industrie,** Dipl.-Ing. Thomas Penzlin, TÜV Hessen, Frankfurt
- **Inbetriebnahme verfahrenstechnischer Anlagen,** Dr. Jörg Quindt, Quarzwerke, Frechen
- **Turnaround: kleine Stillstände und digitale Tools,** Dipl.-Ing. Celia Rohland, Bayer CropScience Schweiz, Muttenz, Schweiz
- **Management der Herstellerunterlagen im Pumpenpool NRW,** Dipl.-Ing. Mario Schneider, Covestro Deutschland
- **Digitale Services bei der Erfüllung von Betreiberpflichten anhand von Praxisbeispielen,** Dipl. Betriebsw. Dominik Haug, Yncoris, Hürth
- **Die Neue TA Luft im betrieblichen Alltag,** Dipl.-Ing. Sascha Tripkle, Schirm, Schönebeck
- **BIM für BING: Building Information Modelling – vom Modell in die Praxis,** Dipl.-Ing. Andreas Wokittel, Andreas Wokittel Consulting, Forchheim



**MISST NICHT NUR WERTE.
SONDERN HAT SIE AUCH.
THE 6X[®]. NEU VON VEGA.**

Der VEGAPULS 6X ist der weltweit erste Radar-Füllstandsensor, der nicht nur technisch perfekt ist, sondern auch den Menschen berücksichtigt. Weil er so einfach zu bedienen ist. In jede Anlage passt. Und von einem Unternehmen gemacht ist, das Entscheidungen an Werten orientiert, die gut für alle sind.

VEGA. HOME OF VALUES.

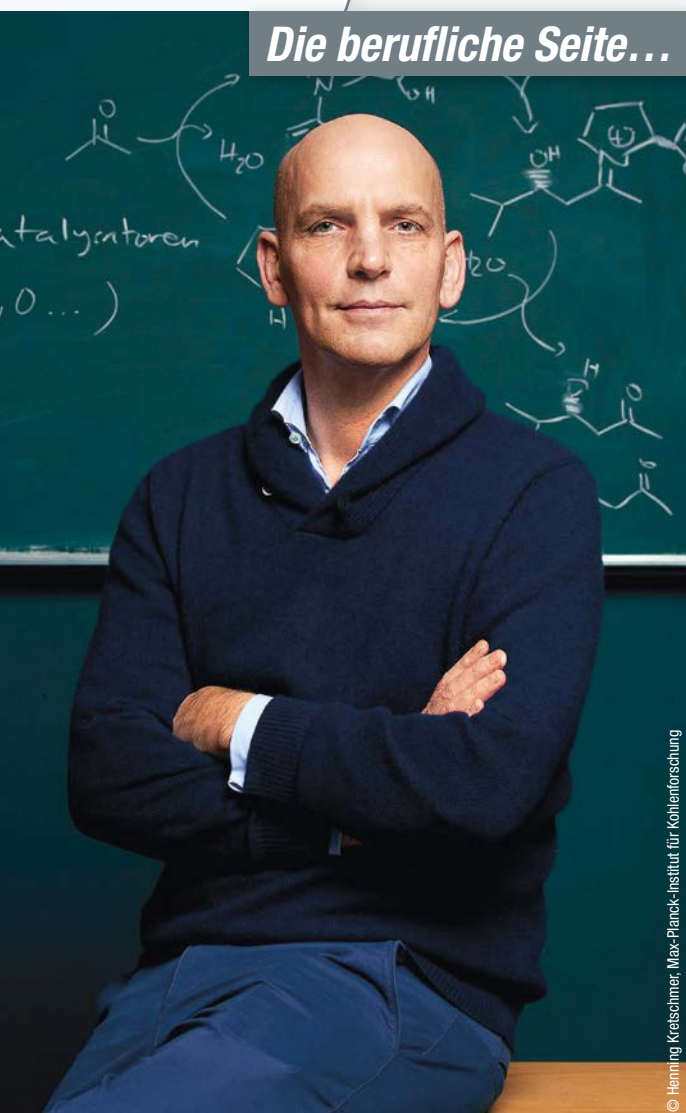
www.vega.com/radar

VEGA

Was Menschen bewegt, die etwas bewegen

Im Profil: Professor Dr. Benjamin List, Direktor am Max-Planck-Institut für Kohlenforschung, erhielt 2021 gemeinsam mit David W.C. MacMillan, Universität Princeton, den Nobelpreis für Chemie. Sie wurden für die Entwicklung der asymmetrischen Organokatalyse geehrt. List erhielt bereits zahlreiche Preise und Auszeichnungen, darunter 2003 den Carl-Duisberg-Gedächtnispreis der GDCh und zuletzt den renommierten Herbert C. Brown Award 2022 der American Chemical Society.

Die berufliche Seite...



© Henning Kreischner, Max-Planck-Institut für Kohlenforschung

Wer oder was hat Sie geprägt?

Mein Doktorvater Prof. Johann Mulzer ist ein für mich sehr prägender Mensch gewesen. Ich habe mir ein paar Dinge bei ihm abgeschaut, was den Umgang mit den Studenten angeht.

Was lieben Sie an Ihrem Beruf?

Die Kreativität, die absolute Freiheit unserer Forschung und der hochspannende Austausch mit den internationalen Kolleginnen und Kollegen.

Was war Ihr größter Erfolg?

Mein größter Erfolg war sicherlich der, der zur Verleihung des Chemienobelpreises geführt hat: Die Etablierung der Organokatalyse.

Was war Ihr größter Misserfolg?

Vielleicht als mir im Alter von zwölf Jahren, ich machte in einem Keller mit gemeinsam mit einem Freund erste chemische Experimente, ein brennendes Streichholz in einen Mörser mit Schwarzpulver fiel...

Was vermissen Sie in Ihrem Beruf?

...ich habe über diese Frage wirklich lange nachgedacht...

Worauf würden Sie gerne verzichten?

Bürokratie.

An welchen Prinzipien orientieren Sie sich?

Enthusiasmus! Das wichtigste bei meiner Arbeit ist die Begeisterung für die Forschung. Enthusiastische Wissenschaftler schaffen Höchstleistungen, ohne dass sie ihre Arbeit anstrengend finden.

Welche Trends fördern Sie? Welche Trends möchten Sie aufhalten?

Ehrlich gesagt bin ich gar kein Freund von Trends. Ich rate meinen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern stets, ihren eigenen Weg zu gehen und sich nicht zu sehr danach zu richten, was andere gerade tun. Nur so können wir in der Wissenschaft vorankommen, nur so entstehen revolutionäre Gedanken in der Forschung.

Was sind Ihre nächsten Pläne?

Ganz aktuell haben wir einen Advanced Grant des Europäischen Forschungsrats bekommen, den dritten infolge. In diesem Projekt, das von der EU gefördert wird, beschäftigen wir uns damit, wie man mithilfe von Organokatalyse elegante und nachhaltigere Synthesewege von Petrochemikalien zu Feinchemikalien entwickeln kann.

Biografie von Professor Dr. Benjamin List

Privat:

- Geboren: 11. Januar 1968 in Frankfurt am Main
- Familie: Urenkel des Nephrologen Franz Volhard, Ururenkel des Chemikers Jacob Volhard. Nefte der Nobelpreisträgerin für Physiologie oder Medizin 1995, Christiane Nüsslein-Volhard. Verheiratet und Vater zweier Söhne.
- Hobbies: Chemie, Klassische Musik, Yoga, Kulinarik, Eintracht Frankfurt

Beruflich:

- 1993: Diplom mit Auszeichnung an der Freien Universität Berlin
- 1994–1997: PhD-Studium an der J.W. Goethe Universität Frankfurt, summa cum laude (bei J. Mulzer)
- 1997–1998: Postdoc am The Scripps Research Institute La Jolla, CA, USA
- 1999–2003: Assistant Professor (Tenure Track) am The Scripps Research Institute La Jolla, CA, USA
- 2003–2005: Gruppenleiter (Tenure Track) am Max-Planck-Institut für Kohlenforschung, Mülheim an der Ruhr
- Seit 2005: Direktor der Abteilung Homogene Katalyse am Max-Planck-Institut für Kohlenforschung, Mülheim an der Ruhr
- Seit 2020: Leiter einer Forschungsgruppe an der Universität Hokkaido, Japan

- Einige Auszeichnungen und Funktionen: Herbert C. Brown Award 2022 for Creative Research in Synthetic Methods, Nobelpreis in Chemie 2021, Gottfried-Wilhelm-Leibniz-Preis 2016, Arthur C. Cope Scholar Award 2014, Mukaiyama Award 2013, Otto-Bayer-Preis 2012, Fonds der Chemischen Industrie Award 2007, Mitglied der Leopoldina seit 2018, seit 2015 Chef-Herausgeber der Zeitschrift „Synlett“ (Thieme Verlag)

Die private Seite...



© Frank Vinken, Max-Planck-Institut für Kohlenforschung

Wie würden Ihre Familie/Ihre Freunde Sie charakterisieren?

Das müssen Sie meine Familie fragen! (lacht) Aber wahrscheinlich würden sie sagen, dass ich ein guter Typ bin, der den Kopf vielleicht ab und an ein bisschen in den Wolken hat.

Was treibt Sie an?

Neugier und Leidenschaft sind wichtige Motoren für mich, ob es nun im beruflichen oder im privaten Kontext ist.

Was gibt Ihnen Kunst/Kultur?

Eine Menge! Ich würde mich als einen Menschen bezeichnen, der einen Sinn für Ästhetik hat.

Ihr Verhältnis zum Reisen?

Ich reise ziemlich viel, schon wegen meines Jobs. Wissenschaftliche Konferenzen finden auf dem ganzen Erdball statt. Und ich reise auch gerne – um neue Orte zu erkunden, neue Menschen kennenzulernen, alte Freunde wiederzutreffen oder lieb gewonnene Plätze wieder zu sehen. Ich würde mich als

einen kosmopolitischen Menschen beschreiben: Nationalität ist nichts, das für mich eine Rolle spielt.

Womit beschäftigen Sie sich in Ihrer Freizeit?

Ich höre gerne klassische Musik, mache Yoga, besuche Spiele von Eintracht Frankfurt und – ehrlich gesagt – fällt mir eine ganz scharfe Trennung zwischen Beruf und Freizeit schwer. Ich liebe es, mich mit chemischen Formeln zu beschäftigen.

Was lesen Sie gerade? /

Ihr Buchtipp:

Ich lese gerade „Die kleinste gemeinsame Wirklichkeit“ von Mai Thi Nguyen Kim. Die Frau ist eine fantastische Wissenschaftskommunikatorin.

Ihre Lieblingsmusik?

Ich höre sehr gerne klassische Musik, insbesondere Bach, Beethoven und Mahler und fast alle Solokonzerte der Romantik.

Was wären Sie auch gern geworden?

Schwierig zu sagen, ich habe mich schon in sehr jungen Jahren für Chemie entschieden.

Was schätzen Sie an Ihren Freunden?

Offenheit, Loyalität, Humor und gute Gespräche.

Was möchten Sie in Ihrem Ruhestand machen?

Das, was ich jetzt auch mache: Chemie, Yoga, Kulinarik und Fußball schauen (lacht).

Kontakt

Prof. Dr. Benjamin List

Max-Planck-Institut für Kohlenforschung
Tel.: +49 208 306 2410 · list@kofo.mpg.de

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

■ <https://dx.doi.org/10.1002/citp.202201013>



© Ekato

Aus Alt mach Neu

**Umrüstung eines Batchkristallers für
Bio-Based Monomers**

Titelstory

Ausgangssituation: Ekato-Schrägblattrührsystem.



Michael Seiter, Ekato



Philipp Löw, Ekato

Die Produktion biobasierter Polymere ist in den letzten Jahren deutlich professioneller und differenzierter geworden. Eine Vielzahl unterschiedlicher Hersteller und Anbieter kamen ins Spiel, um biobasierte Alternativen für praktisch jede Anwendung zu schaffen. Die Kapazitäten und die Produktion biobasierter Materialien werden weiter stark wachsen. Vorhersagen prognostizieren ein Wachstum des globalen Marktes von über 35 % innerhalb der Jahre 2020 bis 2025. Innovative Biopolymere treiben dieses Wachstum voran, allen voran biobasiertes Polypropylen und Polyhydroxyalkanoate^[1].

In Europa und den USA werden aus diesem Grunde zurzeit viele bestehende Anlagen auf neue, biobasierte Produkte umgerüstet. Um eine leistungsfähige und gleichzeitig energieeffiziente Produktion zu gewährleisten, muss das bestehende Equipment modernisiert und an die Herausforderungen der neuen Produkte angepasst werden.

Ein besonders hohes Potenzial ergibt sich häufig bei gerührten Apparaten wie z.B. Batchkristallern. Die Kristallisation ist aufgrund ihrer Effizienz bei weitem der häufigste Trenn- und Aufarbeitungsprozess für biobasierte Produkte oder Monomere. In bestehenden Apparaten finden sich teilweise noch sehr veraltete Rührsysteme, bestehend aus Schrägblattrührern oder gar einfachsten Anker- oder Blattrührern. Häufig können solche Kristaller mit vergleichsweise geringem Aufwand zu modernen, effizienten Kristallern umgerüstet werden.

Prozessketten zur Herstellung biobasierter Polymere – die Bioraffinerie

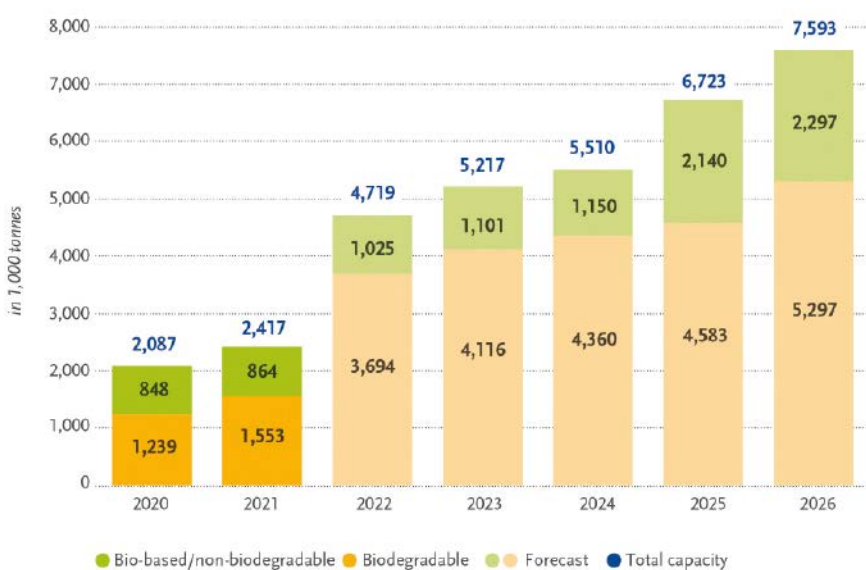
Als Alternative zu den klassischen petrochemischen Verfahren, meist basierend auf Naphtha oder Erdgas, entwickelt sich die sogenannte Bioraffinerie. Die ursprünglichen Prozesse der Bioraffinerie basierten überwiegend auf Zucker als Ausgangsprodukt – und standen somit im Wettbewerb zur Nahrungs- und Futtermittelherzeugung. 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.

Die Herstellung des biobasierten Monomers erfolgt im aeroben Fermenter. 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.

Herstellung und Reinigung biobasierter Monomere

In allen Prozessschritten ist eine effiziente Prozess- und Rührtechnik der Schlüssel zum Erfolg. Über die rührtechnische Optimierung des Fermentationsschrittes wurde seitens Ekato bereits im Juni berichtet (Nienhaus, Gezork CITplus 6/2022, „Zukunft Zirkularwirtschaft“). Zur Aufarbeitung und Reinigung der erhaltenen Fermentationsprodukte bietet die Kristallisation herausragende Vorteile. Aufgrund des hohen Siedepunktes der Komponenten ist die Kristallisation mit Abstand das energieeffizienteste thermische Trennverfahren, da man z.B. im Vergleich zur Rektifikation bei deutlich niedrigeren Temperaturen arbeiten kann. Darüber hinaus gelangt man bei der Kristallisation – bedingt durch das Phasengleichgewicht – meist bereits mit einer Trennstufe zu sehr hoher Produktreinheit.

Global production capacities of bioplastics



Source: European Bioplastics, nova-Institute (2021)

More information: www.european-bioplastics.org/market and www.bio-based.eu/markets

Prognose der Produktionskapazitäten von Biokunststoffen.

Monomere, die per Kristallisation erzeugt und aufgereinigt werden, sind bspw. Dicarbonsäuren für die Polykondensation (z.B. Bernsteinsäure, Adipinsäure, Terephthalsäure u.a.) oder auch Diole oder Lactide. Viele dieser Komponenten werden mittels Lösungskristallisation von Nebenprodukten befreit und so für die Polymerisation oder Polykondensation zum biobasierten Polymer vorbereitet.

Lösungskristallisation im gerührten Batchkristaller

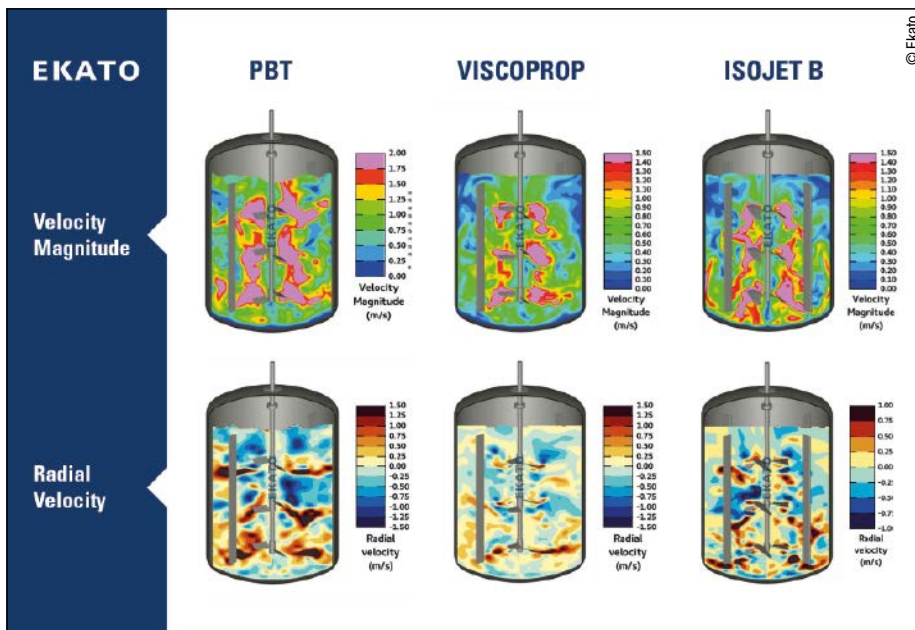
Rührwerke sind sehr langlebige Industrieprodukte. Ihre Lebensdauer erstreckt sich oftmals über mehrere Jahrzehnte. Speziell in den arrivierten Industrienationen, in welchen viele Anlagen für die Grundstoffchemie betrieben werden, stehen viele Rührwerke aus den 1960er bis 1980er Jahren. In Zeiten immer kürzer werdender Innovationszyklen und dem zunehmenden Druck hin zu einer ökologischen und ressourcenoptimierten Produktion besteht großes Optimierungspotenzial für diese Rührwerke. Einmalig installiert und gute Wartung vorausgesetzt, überleben sie viele der Produkte, welche in den Kesseln gerührt werden. Dies führt dazu, dass Rührprodukt und Rührsystem nicht mehr optimal aufeinander abgestimmt sind. Im Verlauf des Artikels wird gezeigt, wie Ekato mit der Abteilung CEM (Consulting Engineering Modernization) dabei hilft, diese Potenziale aufzudecken und nutzbar zu machen. So kann eine bestehende, vollfunktionierende Anlage kostenoptimiert auf den neuesten Stand der Technik gebracht wer-

den, ohne komplett ersetzt werden zu müssen. So kann aus etwas Altem etwas Neues entstehen. Oftmals bedeutet das für den Betreiber, dass sogar mehrere Varianten vor Ort verfügbar sind und je nach Bedarf und Produkt eingebaut werden können.

Seit vielen Jahren legt Ekato mit seiner Forschungs- und Entwicklungsabteilung, größten Wert auf die Weiterentwicklung seiner Rührorgane und bringt regelmäßig neue Entwicklungen an den Markt. Im Beispiel werden eine Optimierung und gleichzeitige Umrüstung eines Standardrührwerks gezeigt, wie es in vielen bestehenden Produktionsanlagen vorhanden ist. Der Maschinenbauer bietet hierbei das komplette Portfolio: Von der Prozessanalyse, der verfahrenstechnischen Auslegung und mechanischen Verifizierung über die Lieferung der Bauteile und die schlussendliche Montage und Inbetriebnahme vor Ort.

Das Beispiel konzentriert sich auf die Ausfällung von Bernsteinsäure. Bernsteinsäure ist eine Plattformchemikalie und eine der zentralen Hoffnungsträger der industriellen Biotechnologie. Sie ist die Basis für die Herstellung von Polyester- oder Alkydharzen.^[2] Man findet sie auch, verestert mit Polyalkoholen, als Lösungsmittel und Weichmacher in diversen Kunststoffen und Wachsen. Weitere Ester finden sich in der Parfumerstellung.

Als Rohstoff ist sie wichtiger Baustein für die industrielle Produktion von verschiedenen Chemikalien und Polymeren, wie z.B. 1,4-Butandiol, Polybutylensuccinat, Polybutylenadipaterephthalat oder Polybutylenterephthalat.



CFD Analyse des bisherigen Systems und Vergleich mit alternativen Rührsystemen.

Die genannten Produkte finden sich vor allem in der Verpackungsindustrie wieder und sind z.T. sogar biologisch abbaubar.^[3] Bernsteinsäure ist daher ein sehr interessantes Ausgangsprodukt für die Produktion von biobasierten Polyamiden (PA) und Polyestern. Für den Zeitraum zwischen 2022 und 2027 wird eine jährliche Wachstumsrate (CAGR) von mehr als 5 % prognostiziert.^[4]

Das Ausgangsrührwerk im Beispiel entspricht einer Standardkonfiguration der späten 1970er Jahre und hat ein 3-stufiges Schrägblattrührsystem mit einem Leistungseintrag von ca. 0,5 kW/m³ verbaut. Was früher als Vielzweckrührwerk gebaut war, eignet sich leider nicht immer für den Spezialfall:

Der Hersteller tut das, was viele tun würden: Er beschickt sein Rührwerk und fängt an zu produzieren. Schon nach den ersten Batches stellt sich jedoch heraus, dass die Ergebnisse nicht zufriedenstellend sind. Produktqualitäten und Batchzeiten entsprechen nicht den Anforderungen. So ist z.B. die Kristallgröße zu klein oder schwer zu kontrollieren, was zu großen Problemen in der nachgelagerten Filtrationsstufe führt.

Was auf den ersten Blick schwierig erscheint, kann durch eine Umrüstung behoben werden. Oftmals besitzen Anlagen, welche für einen breitgefassen Produktrahmen gebaut worden waren, zusätzliche mechanische Reserven. Dieses mechanische Potenzial kann nun für die Spezialisierung auf einen bestimmten Prozess abgerufen werden. Dazu werden sowohl Prozess und als auch das Rührwerk ganzheitlich betrachtet:

Im ersten Ansatz wird der Rührkessel mittels CFD analysiert. Die Rührtechnikexperten verfügen über verschiedene CFD Methoden. Hierbei können auf Basis eines vollautomatisierten Verfahrens effizient und zeitsparend unterschiedliche

che Rührorgankonfigurationen simuliert und miteinander verglichen werden. Eine anschließende detaillierte CFD-Studie der vielversprechendsten Varianten ermöglicht eine genauere Analyse des zu erwartenden Strömungsverhaltens der favorisierten Varianten. So kann nicht nur Verbesserungspotenzial hinsichtlich Mischverhalten und Leistungseintrag aufgezeigt, sondern auch die Scherwirkung der Rührflügel analysiert werden.

In der CFD Rechnung der ursprünglichen Schrägblattrührer zeigen sich sehr hohe Radialgeschwindigkeiten auf Höhe der Rührorgane. Dies lässt auf eine sehr hohe Scherung schließen. Die Kristallgröße ist gegenproportional zur Scherung. Eine hohe Scherung sorgt für Kristallbruch und somit für eine breite Partikelgrößenverteilung. Auch die turbulente Oberfläche sticht sofort ins Auge. Durch den hohen Leistungseintrag ist eine unruhige Oberfläche zu erwarten. Dies führt zu einem Spritzen und zu Wandablagerungen im Bereich oberhalb des Füllstandes. Letztere können unkontrolliert wachsen und sich unkontrolliert lösen. Dies kann schlimmstenfalls zu Schäden am Rührwerk führen (z.B. Verbiegen der Welle oder Rührorgane).



FEA-Analyse eines bestehenden Behälters.

Die passende rührtechnische Lösung

Basierend auf dem Bedürfnis nach einem schermeeren Rührsystem mit guter axialer Durchmischung ergeben sich zwei mögliche Ekato-Lösungen. Ein System basierend auf dem Viscoprop und eine Alternative bestehend aus dem Isojet B. Für beide Systeme wurde ebenfalls eine CFD Simulation gerechnet.

Das Ekato Viscoprop Rührsystem zeichnet sich im Vergleich zum Schrägblattrührer durch geringere Scherung aus. Dies ist deutlich an den reduzierten Radialgeschwindigkeiten im CFD Bild zu erkennen. Das Rührorgan ist mit zwei verschiedenen Anstellwinkeln verfügbar. In diesem Fall wird die flachere der beiden Anstellwinkel bevorzugt, auch um eine gute Axialströmung zu erzielen. Die gleichmäßige axiale Durchmischung ist gut im CFD Bild zu erkennen. Das Rührsystem bringt allerdings deutlich weniger Leistung ein, als das ursprünglich installierte.

Im Labor des Anlagenbauers werden Kundenversuche mit Originalprodukt durchgeführt. Dabei werden verschiedene Heiz- und Kühlkurven im Versuch abgefahren und so ein Löslichkeitsdiagramm erstellt. Dieses ist nicht nur Basis für die verfahrenstechnische Auslegung und den eigentlichen Umbau, sondern auch äußerst wichtige Information für den späteren Betrieb der Anlage und eine damit einhergehende hohe Produktqualität. In den Versuchen wird der Bedarf nach einem möglichst schermeeren Rührsystem, welches die Kristalle auf die gewünschte Größe wachsen lässt und für eine möglichst optimale Partikelgrößenverteilung sorgt, validiert und bestätigt. Auch die Ausbringung der Restmenge bzw. das Rühren bei niedrigen Füllständen wird dabei thematisiert und zeigt sich letztlich weniger dramatisch, als zu Beginn vermutet.

Versuch bestätigt Simulation

Nachdem Versuche und CFD Simulation sich gegenseitig bestätigen und sogar zwei mögliche Lösungen verfahrenstechnisch in Frage kommen, gilt es nun diese mechanisch zu verifizieren. Dabei werden die Ergebnisse auf den Produktionsmaßstab skaliert und auf Basis dessen eine mechanische Auslegung durchgeführt. Hierbei wird das Rührwerk nach aktuellen Kriterien mechanisch neu validiert, um etwaige mechanische Schwachstellen zu identifizieren bzw. mechanische Überlastung der Komponenten zu vermeiden. Dabei werden alle Komponenten des Rührwerks in Betracht gezogen:

Im ersten Schritt wird die benötigte Motorleistung berechnet und geprüft, um eine Überlast des Motors ausschließen zu können. Anschließend werden die Getriebekräfte ermittelt. Das Ekato Standardrührwerksdesign enthält eine starre Kupplung zwischen Antriebseinheit (Motor und Getriebe) und Wellenstrang. Dies bedeutet,

dass das Getriebe als Festlager fungiert und sowohl radiale wie auch axiale Kräfte aufnimmt. Der Anbieter verfügt über genaue Berechnungsmethoden und hat entsprechend spezifische Anforderungen an seine Getriebelieferanten. Im Fall eines Umbaus mit neuen Rührorganen werden die Kräfte immer berechnet und mit den ursprünglichen abgeglichen bzw. dem Getriebe-lieferanten zur Validierung weitergereicht.

Die zweite Lagerstelle befindet sich in der Dichtung. Manche Rührwerke haben auch ein separates Lagerschild verbaut, welches alternativ zur Dichtung das Lager trägt. In jedem Fall wird das verbaute Radiallager ebenfalls hinsichtlich der auftretenden Kräfte sowie Lagerlebensdauer berechnet und geprüft.

Gleiches gilt für die Rührwelle. Sie ist das Herzstück des Rührwerkes und verbindet den Antrieb mit den Rührflügeln. Auf Basis der berechneten Rührorgankräfte wird die Wellensicherheit überprüft. So wird sichergestellt, dass der Tausch der Rührorgane ohne Beeinträchtigungen vollzogen werden kann. Gleichzeitig wird die kritische Drehzahl berechnet. Diese muss einen ausreichenden Abstand zur Betriebsdrehzahl aufweisen, um ein Aufschwingen der Rührwelle zu vermeiden. Diese Überprüfung ist besonders wichtig, wenn das Gewicht am Wellenstrang verändert wird (z.B. durch neue schwerere oder leichtere Rührorgane oder veränderte Rührorganpositionen). Beim Einbau kann die kritische Drehzahl ohne großen Aufwand gemessen werden, um das Ergebnis der Rechnung zu validieren. Neue Rührwerke werden standardmäßig beim Probe-lauf im Prüffeld vermessen.

Das vorgestellte Beispiel geht davon aus, dass neue Rührorgane geliefert werden. Deren Blechstärken werden neu berechnet und die Rührorgane entsprechend stabil gebaut. Oftmals werden kann es jedoch ausreichen die Drehzahl mittels eines Frequenzumrichters zu verändern. In solch einem Fall ist es wichtig, die Blechstärken der bestehenden Rührorgane zu prüfen. Oftmals sind sich die Anlagenbetreiber nicht bewusst, welche Auswirkungen eine Änderung der Drehzahl auf das Rührwerk-Behälter-System haben.

Mit jeder mechanischen Auslegung berechnet Ekato automatisch die Lasten auf den Rührwerksstützen sowie die Einbauten im Behälter (z.B. Stromstörer, Zu- und Ableitungrohre etc.). Ändern sich die Kräfte oder aber auch Gewicht, Drehzahl oder Anzahl der Rührflügel, sollte das Behältersystem geprüft werden. Je nach Anwendungsfall gibt es verschiedene Möglichkeiten. Zur Überprüfung der Festigkeit wird die Betriebsfestigkeitsanalyse verwendet. Mögliche Resonanzprobleme können über eine Modalanalyse bewertet und ausgeschlossen werden. Beide Methoden funktionieren unter Verwendung von FEA-Berechnungssimulationen.

Gesicherte Entscheidungsgrundlage herstellen

Die Ergebnisse aus den verfahrenstechnischen Versuchen und der mechanischen Validierung werden in einem Bericht zusammengefasst und dem Kunden als Entscheidungsgrundlage zur Verfügung gestellt. Dabei werden die Belastungen des Ist- und des Zukunftsszenarios qualitativ miteinander verglichen. Parallel wird ein entsprechendes Angebot für die Umrüstung ausgearbeitet. Engineering-Bericht und Umbau-Angebot stellen die Entscheidungsgrundlage für die Durchführung des Projektes dar.

Im Beispiel sind beide beschriebenen Varianten ohne weitere Modifikation am Rührwerk möglich. Die Umrüstung kann als „Plug & Play“ durchgeführt werden. Gleichzeitig wird die Dauer des Revisionsstillstandes auf ein Minimum reduziert. Des Weiteren kann der Kunde ohne weitere Veränderungen wieder auf die ursprüngliche Konfiguration zurück wechseln.

So ist das Projekt vollumfänglich abgedeckt und das Rührwerk für die Zukunft weiterhin bestens aufgestellt. Ekato bietet diesen Service sowohl für eigene wie auch für Rührwerke anderer Hersteller an.

Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:
<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202201014>

Die Autoren

Michael Seiter,

Teamleiter Consulting Engineering Modernization, Ekato Rühr- und Mischtechnik

Philipp Löw,

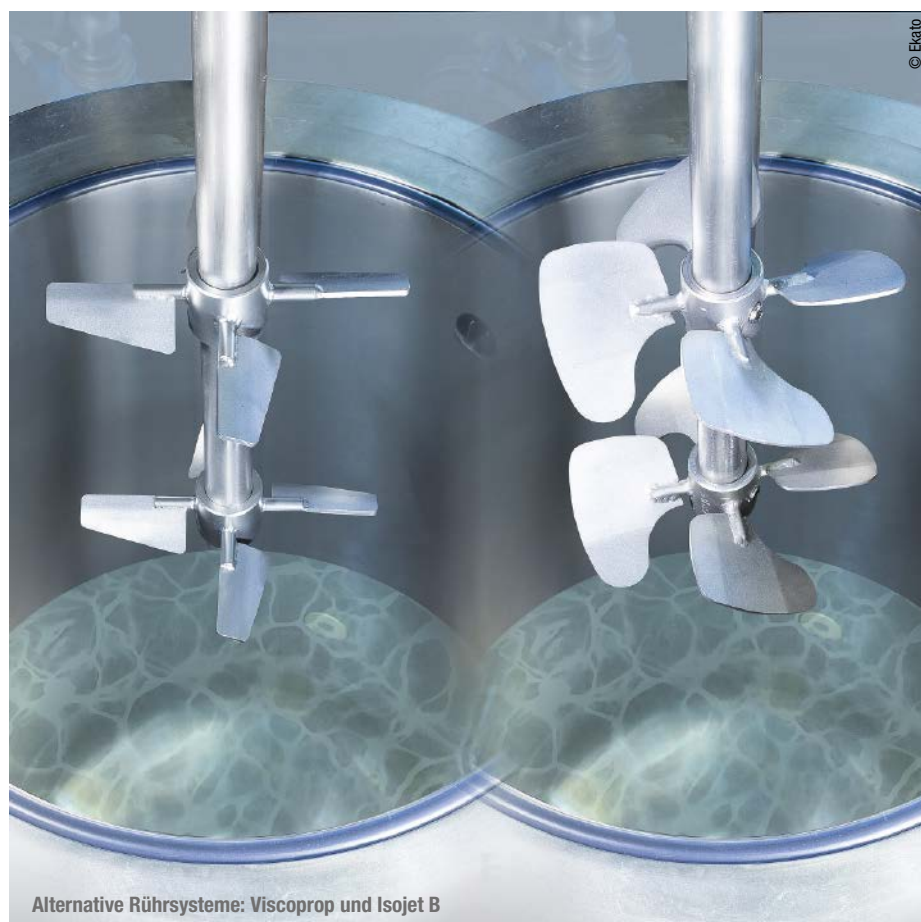
Projektleiter Consulting Engineering Modernization, Ekato Rühr- und Mischtechnik

Literatur

- [1] Quelle: <https://packaging-journal.de/european-bio-plastics-prognostiziert-wachstum-fuer-den-biokunststoffmarkt/> – abgerufen am: 09.08.2022
- [2] Stichwort Succinic Acid, in: Hans Zobelein (Hrsg.): Dictionary of Renewable Resources. 2. Auflage, Wiley-VCH, Weinheim und New York 1996, ISBN: 3-527-30114-3, S. 92.
- [3] Peter Schwarzmann: Thermoformen in der Praxis. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG, 2016, ISBN: 978-3-446-44948-0, S. 115 (eingeschränkte Vorschau in der Google-Buchsuche)
- [4] <https://www.mordorintelligence.com/de/industry-reports/succinic-acid-market>, – abgerufen am: 09.08.2022

Kontakt

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



Alternative Rührsysteme: Viscoprop und Isojet B



© Ewina Gandert, CITplus

Die Nachhaltigkeitsprinzipien sind der Kompass

Nachhaltige Chemie – wo wir stehen und was wir erreichen können

Die Chemie kann einen entscheidenden Beitrag zur mehr Nachhaltigkeit und Ressourceneinsparung leisten. Im Interview mit CITplus erläutert Dr. Andreas Förster, Geschäftsführer der Dechema, welche Maßnahmen vonseiten der Industrie und der Gesellschaft möglich und notwendig sind. Dabei ist der Weg das Ziel, immer besser zu werden und die Nachhaltigkeitsprinzipien als Kompass einzusetzen.

CITplus: Herr Dr. Förster, wir widmen uns heute dem Thema Nachhaltigkeit. Was bedeutet Nachhaltigkeit in der Chemie für Sie und lässt sich das genauer definieren?

Dr. Andreas Förster: Eine exakte Definition von Nachhaltigkeit in der Chemie ist aus meiner Sicht gar nicht möglich, weil die Chemie, ihre Produkte und ihre Anwendung so viele unterschiedliche Facetten haben. Nachhaltigkeit in der Chemie, so sehe ich es zumindest auch für die Dechema, ist eher ein Leitbild, um die Methoden der Chemie mit diesen Nachhaltigkeitsprinzipien in Einklang zu bringen. Aber es gibt natürlich wesentliche Merkmale für nachhaltige Chemie, wie die zwölf Prinzipien von Anastas und Warner. Doch bei nachhaltiger Chemie geht es auch um Transparenz, um ethische und soziale Verantwortung, es geht um den Systemgedanken. Nachhaltigkeit ist ja kein absoluter Wert, sondern ist immer vergleichend. Wir müssen auch über die chemischen Grenzen hinausschauen. So gibt es vielleicht auch Funktionalitäten, die wir eben nicht nur mit chemischen Methoden erreichen können.

Und wenn diese Alternativen nachhaltiger sind als das, was wir mit der Chemie erreichen können, sollten wir uns auch diese anschauen. Chemie muss und kann nicht immer der Löser für alles sein.

Wenn Sie sich die globale Vernetzung anschauen, welche Aktivitäten für mehr Nachhaltigkeit in der Chemie bestehen und welche Meilensteine haben wir schon erreicht? Wie gut ist das Netzwerk oder wo kann da noch weiter ausgebaut werden?

A. Förster: In Deutschland ist die Denkweise der Nachhaltigkeit in der Chemie in die Entscheidungsfindung der Industrie eingeflossen und auch in die Lehre an den Hochschulen. Einige Chemiefirmen wollen bereits deutlich vor dem Jahr 2050 Treibhausgas-neutral werden – und damit deutlich vor den von der EU-Kommission gesetzten Zielen. Global gibt es natürlich deutliche Unterschiede. In Schwellenländern gilt es zunächst, ganz grundlegende Prinzipien anzusetzen wie das Sound Management of Chemi-

cals. Wir sind beispielsweise Partner im Projekt ISC3 (International Sustainable Chemistry Collaborative Center), in dem es unter anderem um nachhaltige Innovationen und Unterstützung von Start-ups in Schwellen- und Entwicklungsländer geht.

Wenn Sie mit Blick auf die chemische Industrie die Anstrengungen zum Klimaschutz betrachten? Ist die chemische Industrie zu träge, um die bereits erreichten Forschungsergebnisse in die Praxis umzusetzen? Braucht es eher mehr oder weniger Regulierung? Woran hapert es, denn wir diskutieren die Themen schon mindestens zehn Jahre?

A. Förster: Die chemische Industrie ist nicht träge. Ich glaube, die chemische Industrie ist zum Teil sogar Vorreiter. Es gibt dazu prominente Beispiele auch hier aus Deutschland: Covestro zum Beispiel will bis 2030 mit ihren Scope 1 und Scope 2 Emissionen klimaneutral werden. Das Thema Regulierung kommt über die CSS, also Chemical Strategy for Sustainability seitens der

Kommission wieder sehr stark in die Diskussion. Natürlich kann Regulierung auch ein Treiber von Innovation sein. Regulierung muss aber immer mit Augenmaß betrieben werden, damit sie die Vielfalt der Produkte und den Zweck nicht konterkariert. Es sollte möglich sein, in Europa nachhaltig zu produzieren und nicht Produkte aufgrund des Verbots von einzelnen Materialien aus dem Markt zu nehmen. Hinsichtlich des Tempos der Transformation ist zu beachten: Die Innovationszyklen in der chemischen Industrie sind sehr lang. Die Investitionen sind immens und wenn wir jetzt etwas anstoßen, dann wird es mindestens zehn Jahre dauern, bevor man die ersten Erfolge sehen kann. Das ist ein kontinuierlicher Prozess, in dem die Nachhaltigkeit stetig gesteigert wird.

2019 wurde die Roadmap Chemie 2050 veröffentlicht. Sind die darin formulierten, vordringlichsten Maßnahmen angesichts der stark steigenden Strompreise überhaupt noch realistisch?

A. Förster: Das ist zurzeit ein großes Problem. Doch durch den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland, in der EU und an anderen Spots weltweit wird der Strompreis wieder sinken. Nichtsdestotrotz sind das ambitionierte Ziele, nicht nur hinsichtlich des Preises, sondern auch des Stromvolumens. Allein für die chemische Industrie brauchen wir annähernd so viel Strom, wie derzeit insgesamt in Deutschland zur Verfügung steht. Eng verknüpft damit ist das Thema Wasserstoffwirtschaft und Zirkularität. Wir brauchen zunächst einmal die Produktion des Wasserstoffs mit Strom aus erneuerbaren Quellen – wir brauchen die Gigawatt-Elektrolyse vor Ort. Dennoch werden wir nicht den gesamten Wasserstoff hier in Deutschland generieren können und auch weiterhin ein Importland bleiben. Als Dechema sind wir an großen Forschungsprojekten wie dem H₂-Giga-Projekt und an den Kopernikus-Projekten beteiligt, aber auch zum Beispiel in TransHyDE, wo es um den Wasserstofftransport geht. Es tut sich sehr viel. Allerdings wird es noch eine Zeit lang brauchen, bevor die Ergebnisse über den Pilot-

und Demonstrationsmaßstab tatsächlich in der Praxis umgesetzt werden können.

In der Roadmap wird ein Investitionsvolumen von 38 Milliarden Euro veranschlagt, um Scope 3 zu erreichen. Sind das Ziel und der Zeithorizont angesichts der steigenden Stromkosten und der sich abzeichnenden Wirtschaftskrise in Gefahr?

A. Förster: Das Ziel darf sich nicht noch weiter nach hinten verschieben. Wir sind darauf angewiesen, dass wir mit den Maßnahmen, die jetzt nicht nur in der chemischen Industrie, sondern auch in anderen Industrien anstehen, Klimaneutralität erreichen. Ansonsten sind die Auswirkungen so dramatisch, dass die Kosten, die Sie zitiert haben, um ein Vielfaches steigen werden. Die Maßnahmen sind aus meiner Sicht alternativlos. Es gibt jedoch neben der Klimaneutralität noch einen weiteren Grund dafür: Was wir jetzt mit dem russischen Angriffskrieg gegen die Ukraine erleben, führt uns vor Augen, wie abhängig wir von Importen, vor allem von Gasimporten, sind. Daher müssen wir unbedingt auf die Wasserstoffwirtschaft, das heißt auf erneuerbare Energien umsteigen. Zwar werden wir in Deutschland nicht den gesamten Bedarf selbst produzieren können, jedoch mit Staaten, denen wir vertrauen, eine Wasserstoffwirtschaft aufbauen müssen, um langfristig unabhängig von fossilen Importen zu werden.

Ein Teil der Entwicklung zur Klimaneutralität ist die Kreislaufwirtschaft für Polymerwerkstoffe. Welchen Beitrag kann die chemische Industrie dafür leisten? Und welche Aktivitäten unterstützt die Dechema hier?

A. Förster: Zum einen geht es darum, die Sortier- und Recyclingverfahren weiterzuentwickeln. Beim mechanischen Recycling ist man in der Praxis bereits sehr weit gekommen. Beim chemischen Recycling erwarten wir weitere Fortschritte unter anderem in der Katalysatorentwicklung. Die Dechema ist beispielsweise zusammen mit Covestro und anderen Partnern im Projekt Circular Foam aktiv, in dem es um

die Wiederverwertung von Polyurethanschäumen geht. Ein anderes Beispiel ist das enzymatische Recycling. Das ist ein vielversprechender Ansatz, jedoch noch sehr am Anfang der Entwicklung. Ein zweiter große Aspekt für die Kreislaufführung von Polymeren ist, deren chemische Strukturen so zu gestalten, dass die Produkte nur aus diesem einen Monomaterial bestehen. So kann das Recycling vereinfacht werden. In diesem Zusammenhang ist auch die Weiterentwicklung von Additiven gefordert.

Wie schätzen Sie biobasierte Kunststoffe in diesem Zusammenhang ein?

A. Förster: Es ist wichtig, dass keine Anbauflächen genutzt werden, die für die Lebensmittelversorgung notwendig sind. Biobasierte Kunststoffe können einen Beitrag zur Nachhaltigkeit leisten. Doch auf lange Sicht sind Kunststoffe, die auf biologischen Quellen basieren, nicht der größte Hebel, um Klimaneutralität zu erreichen.

Es gibt auch weitere Industrien, in denen die chemische Entwicklung als Enabler fungiert – zum Beispiel in der Mobilität, bei Brennstoffzellen und in der Batterietechnologie. Wie schätzen Sie die Entwicklungsarbeit der chemischen Forschungslandschaft dazu ein und wie kann die Kreislaufführung der Rohstoffe gelingen?

A. Förster: Bei der Batterieproduktion geht es vor allem darum, den verlorenen Boden gegenüber den asiatischen Konkurrenten wieder wettzumachen. Wenn es um Forschung und Entwicklung von Post-Lithium-Batterien geht, sehe ich uns in Deutschland relativ gut aufgestellt. Ähnliches, vielleicht mit leichten Abstrichen, sehe ich auch für das Thema Batterierecycling. Wir müssen jedoch bei der Umsetzung dranbleiben, die Entwicklung in die Praxis bringen und die Produktion hier dann auch halten. Das wird meiner Meinung nach essenziell sein. In der Brennstoffzellenforschung ist Deutschland sehr aktiv und auch Unternehmen wie Daimler arbeiten an Brennstoffzellenbetriebenen Lkw. Und hier in Frankfurt wird es bis Ende dieses Jahres die weltweit größte Flotte im



Schienerverkehr geben – mit 27 Zügen, die mit Wasserstoff fahren. Der Wasserstoff wird dabei im Industriepark Höchst produziert.

Bei batteriebetriebenen Fahrzeugen ist Tesla ein führender Produzent. Um die Produktionsstätte in Brandenburg ist eine große Diskussion hinsichtlich des Wasserbedarfs entstanden. Wasser ist inzwischen auch in Europa ein wertvoller Rohstoff. Welche Rolle spielt Wasser in der Entwicklung einer klimaneutralen Kreislaufwirtschaft?

A. Förster: Der Punkt ist essenziell. Auch für die Wasserstoffproduktion wird Wasser benötigt. Und dort, wo normalerweise viel Sonnenenergie zu generieren ist, ist in der Regel wenig Wasser verfügbar. Wir haben Projekte zusammen mit der GIZ (Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit), in denen wir genau diese Thematik untersuchen. Beispielsweise in afrikanischen Ländern, wo eine Wasserstoffproduktion aufgebaut werden soll. Die zentrale Frage ist, wie kann dort eine vernünftige Wasserversorgung der Anlagen erfolgen, ohne dass die Wasserversorgung der Bevölkerung beeinträchtigt wird? Meerwasser ist nur bedingt eine Alternative, weil die Entsalzung energieintensiv ist.

Ich sehe aber auch das Thema Wassersparen und Wasserrecycling als sehr wichtig an. Die Dechema hat dazu erst vor wenigen Monaten ein Papier veröffentlicht: Industrie Wasser 4.0. Darin geht es um die Digitalisierung der Wassertechnologie. Wie kann die Produktion mit dem

Wassermanagement in einer Anlage so vernetzt werden, dass die Effizienz des Wassereinsatzes maximiert wird, so dass möglichst wenig Abwasser erzeugt und dieses gegebenenfalls im Kreislauf geführt werden kann? Das Thema wird eine zunehmend wichtige Rolle spielen und ist auch auf unserer Agenda sehr weit oben.

Rückblick auf die Achema 2022: Welches Resümee können Sie ziehen, wenn Sie die auf der Achema präsentierten Lösungen und diskutierten Entwicklungsergebnisse zusammenfassen? Haben Sie den Eindruck, dass die Coronakrise und der Angriffskrieg gegen die Ukraine die Prozesse für mehr Nachhaltigkeit eher beschleunigen? Oder bremsen die steigenden Energiekosten, die unzuverlässigen Lieferketten und andere Faktoren die Entwicklung eher?

A. Förster: Erst einmal ist es mir wichtig zu betonen, dass die Achema trotz der schwierigen Umstände erfolgreich verlaufen ist. In vielen Hallen waren die Stände gut besucht und es herrschte reges Treiben auf dem Messegelände.

Auf der diesjährigen Achema waren Technologien zur Effizienzsteigerung und zur Herstellung, zum Transport und zur Umwandlung und Speicherung von regenerativen Energieträgern sehr präsent. Daran sieht man, dass die Achema als Plattform für den Austausch zur Transformation der Prozessindustrie gesehen und genutzt wird. Im Kongressprogramm zum Beispiel stießen vor allem die Wasserstoffthemen

sowie Vorträge zu Nachhaltigkeit, Kreislaufwirtschaft und Digitalisierung auf besonders großes Interesse. Der russische Angriffskrieg und der damit verbundene Anstieg der Energiekosten führen in unserer Branche natürlich zu großer Unsicherheit. Dadurch werden Investitionen in neue Technologien schwieriger. Gleichzeitig führt der Mangel an Gas kurzfristig zu einem erhöhten Einsatz von Kohle und Erdöl und damit zu höheren CO₂-Emissionen. Langfristig kommt aber den regenerativen Energieträgern und CO₂-freien chemischen Rohstoffen eine große Bedeutung zu. Einerseits und vorrangig wegen der Notwendigkeit zur CO₂-Reduktion aber auch wegen der Diversifizierung unserer Energie- und Rohstoffversorgung.

Das Interview führte Dr. Etwina Gandert, Chefredakteurin CITplus.

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

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202201015>

Kontakt

DECHEMA e.V., Frankfurt am Main

Tel. +49 69 7564-0 · www.dechema.de





Kein Widerspruch, sondern Impulsgeber

Chemie, Klimaschutz und nachhaltige Wirtschaft



Dr. Ljuba Woppowa,
VDI-GVC

© comsatmedia/VDI/VCI

Chemie, Klimaschutz und nachhaltige Wirtschaft sind kein Widerspruch, sondern sich gegenseitig bedingende Impulsgeber. Mit dem Green Deal und der Sustainable Chemistry Strategie der Europäischen Union (EU) werden hohe Maßstäbe für die Chemie-Branche gesetzt. Der deutschen chemischen Industrie ist es seit 1990 gelungen, sowohl ihren Energieverbrauch als auch ihren CO₂-Ausstoß zu reduzieren und trotzdem erhebliche Produktionssteigerungen zu erzielen.

Viele Unternehmen haben ehrgeizige Klimaziele formuliert und viele Millionen Euro in die Entwicklung neuer Technologien und die Umstellung auf klimaschonende Produktionsverfahren investiert. Trotzdem reichen die Anstrengungen nicht aus, um das 1,5-Grad-Klimaziel zu erreichen. Im Jahr 2020 war die Chemieindustrie immer noch für 5,5 % des Treibhausgasausstoßes in Deutschland verantwortlich. Das Ziel, bis 2045 klimaneutral zu werden, kann also nur zusammen mit der chemischen Industrie gelingen.

Breite Rohstoffbasis

Der Wunsch, die Rohstoffbasis der Chemie möglichst breit aufzustellen, einen optimalen und im besten Fall flexiblen Mix aus fossilen,

regenerativen und anorganischen Rohstoffen zu finden, ist fast so alt wie die chemische Industrie an sich. Vielleicht ist genau jetzt der richtige Zeitpunkt, dieses Ziel umzusetzen, weil wir die Technologien dazu schon in der Hand haben: Alternative Rohstoffe wie Biomasse, CO₂, grüner Wasserstoff sowie recycelte Wertstoffe können Erdöl komplett ersetzen.

Viele organische Grundchemikalien wie Olefine, Aromaten, Methanol, aber auch anorganische Grundchemikalien wie Ammoniak, werden nach wie vor aus klimarelevantem Erdöl oder Erdgas gewonnen. Hier liegt ein wichtiger Hebel, um die dabei entstehenden Emissionen durch den Einsatz alternativer Rohstoffe nachhaltig zu senken.

Nicht alles, aber vieles ist möglich: Sogenannte Plattformchemikalien sind aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellte Grundchemikalien, die sich als Synthesebausteine für zahlreiche weitere Chemikalien eignen. Wichtige Beispiele für Plattformchemikalien sind z.B. Ethanol, Glycerin, Glucose, Furfural und Aceton. Sie werden zu höherwertigen Chemikalien und Endprodukten weiterverarbeitet und sind eine Zwischenstufe bei der stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe. Als solche sind sie eng mit dem Konzept der Bioraffinerie und der grünen Chemie verknüpft. Bereits 2016 hat der VDI die Richtlinie VDI 6310 Blatt 1 publiziert, die Bioraffineriekonzepte klassifiziert und eine standardisierte Basis zur Charakterisierung von Bio-

Nachhaltigkeit im VDI – ausgewählte Aktivitäten

VDI-Richtlinien

- *Power-to-X* – www.vdi.de/4635
- *Energiemanagement* – www.vdi.de/4602
- *Erdwärmennutzung; Wärmepumpen* – www.vdi.de/4640
- *Energiesysteme; Kraft-Wärme-Kopplung* – www.vdi.de/4608
- *Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen* – www.vdi.de/2067
- *Energieflexible Fabrik* – www.vdi.de/5207
- *Energieeffizienz verfahrenstechnischer Anlagen* – www.vdi.de/2774
- *Modulare Anlagen* – www.vdi.de/2776
- *Recyclingorientierte Produktentwicklung* – www.vdi.de/2243
- *Recycling elektrischer und elektronischer Geräte* – www.vdi.de/2343
- *Ressourceneffizienz; Ressourcenschonung* – www.vdi.de/4800
- *Emissionsminderung; Biogasanlagen* – www.vdi.de/3475
- *Bioökonomie und Bioraffinerie* – www.vdi.de/6310 – www.vdi.de/6311

VDI-Initiativen

- *VDI Round Table Circular Economy* – www.vdi.de/vdi-round-table-circular-economy
- *VCI/VDI-Plattform Chemistry4Climate* – www.chemistry4climate.de
- *VDI-Nachwuchswettbewerbe*
- *chemPLANT 2022: Phosphor-Recycling* – www.vdi.de/chemplant
- *Bionic Award* – www.vdi.de/bionic-award

VDI-Publikationen

- *Circular Economy für Kunststoffe neu denken – Wie die Transformation zur zirkulären Wertschöpfung gelingen kann*
- *Power-to-X-Technologien für die Sektorenkopplung*
- *H₂-Readiness stationärer Verbrennungsmotoren*
- *Deutsche Normungsroadmap Energiespeicher, Version 2*
- *Ökonomischer, ökologischer und systemischer Wert von netzgekoppelten Energiespeichern*
- *Klimafreundliche Nutzfahrzeuge*
- *Modulare Anlagen*
- *Bioökonomie*

VDI-Podcast „Technik auf's Ohr“

- Folge 107 – Biodiesel, Pflanzenöl und Co.: Alternative Kraftstoffe in Landmaschinen*
- Folge 106 – Ganzheitliche Mobilitäts- und Verkehrswende: Was es für den grundlegenden Wandel braucht*
- Folge 104 – Wie energieflexible Fabriken zum Gelingen der Energiewende beitragen*
- Folge 103 – Klimaretterin KI? Was künstliche Intelligenz zum Klimaschutz beitragen kann*
- Folge 100 – Smart Energy: Sektorkopplung im ländlichen Raum*
- Folge 92 – Waldökosysteme in Deutschland: Wie kann es unseren Wäldern besser gehen?*
- Folge 86 – Bioökonomie – Wie können wir die Umwelt verändern?*
- Folge 63 – Biotechnologie: Mehr als ein Hoffnungsträger in Corona-Zeiten*



raffinerien hinsichtlich technischer, ökologischer, ökonomischer und sozialer Kriterien formuliert.

Kreislaufwirtschaft ist schon lange in aller Munde – jetzt ist es an der Zeit, diese in aller Breite Anwendung zu bringen. Es kann nicht sein, dass angesichts zunehmenden Rohstoff- und Energiemangels wertvolle und mit hohem Energieaufwand produzierte Materialien nicht wiederverwendet werden. Die technischen Möglichkeiten sind größtenteils vorhanden, aber die politisch-ökonomischen Randbedingungen müssen geschaffen werden, wie das Green Paper „Circular Economy für Kunststoffe neu denken – Wie die Transformation zur zirkulären Wertschöpfung gelingen kann“ des VDI Round Table am Beispiel der Kunststoffe verdeutlicht.

Regenerative Energien

Regenerative Energien werden inzwischen mit zunehmend höherem Wirkungsgrad erzeugt. Die wenigsten Fachleute hätten vor 20 Jahren geglaubt, dass ein regenerativer Energiemix von aktuell 50 % in Deutschland möglich sein könnte. Hier sind wir unseren Nachbarländern – Frankreich liegt z.B. bei ca. 20 % – viele Schritte voraus, aber es geht noch mehr und die Chemie leistet dazu wichtige Beiträge.

Für die chemische Industrie ist die Defossilisierung eine große Herausforderung, die mit einem großen Bedarf an Energie, insbesondere erneuerbarem Strom einhergeht. Trotzdem hat gerade die Chemie als energieintensive Industrie das Potenzial, einen besonders hohen Beitrag zu leisten. Initiativen wie z.B. die Plattform Chemistry4Climate von VCI und VDI bringen Fachleute unterschiedlichster Branchen und Forschungsdisziplinen zusammen, um die Transformation zur Klimaneutralität der Chemie zu realisieren. Derzeit werden gemeinsam C4C-Thesepapiere zur „Kreislaufwirtschaft und Rohstoffversorgung der Zukunft“ sowie zur „Energieversorgung und Infrastruktur der Zukunft“ erarbeitet – begleitet von Expertinnen und Experten der Regulatorik. Denn eines ist klar: Die Energiewende ist ein Zusammenspiel aller Kräfte, bei der der Politik eine zentrale Rolle zukommt.

Und auch der Einzelhaushalt ist nicht zu vernachlässigen. Vielleicht liegt die (energetische) Zukunft auch in einem verstärkt autonomen Einzelhaushalt, in der eine flächendeckende hocheffiziente Solar- und/oder Geothermie kombiniert mit Wärmepumpen und optimierten Speichermedien einen Großteil der benötigten privaten (Wärme-)Energie erzeugt, speichert oder auch einspeist. Aber auch dieser autonome Ansatz

muss gesellschaftlich und politisch gewollt und ggf. gefördert sein.

Nachhaltige Produkte

Nicht zu vergessen sind die Produkte der chemischen Industrie, die eine zentrale Bedeutung für die Energiewende haben und die Basis für die Effizienzsteigerungen im regenerativen Energiesektor sind. Langfaserverstärkte Thermoplaste für hochbelastete Strukturbauteile oder gewebte Rovings für Rotorblätter von Windenergieanlagen sowie Perowskit/Organik-Tandemzellen als Solarzellen der nächsten Generation sind nur wenige plakative Beispiele für die Hightech-Materialien der chemischen Industrie.

Eine offene Wunde ist und bleibt das Speicher- und Transportproblem. Hier muss sich die Chemie an die eigene Nase fassen und die schmerzlichen Lehren daraus ziehen, dass die Forschung zur Elektrochemie und damit die Batterieforschung jahrzehntelang vernachlässigt wurde. Ausgeforscht hieß es damals – welcher nachlässiger Trugschluss. So bedrohlich der akute Gas- und Energiemangel sowohl für die Industrie als auch für die vielen Einzelverbraucher ist, so birgt jede krisenbedingte Mangelsituation immer auch ein hohes Innovationspotenzial und

eine Rückbesinnung auf wichtiges Know-how – auch der Thermodynamik, denn ohne Berücksichtigung ihres ersten Hauptsatzes klappt die Energiewende nicht!

Biökonomie: Vom Nischenthema zum politischen Mainstream

In den letzten Jahren hat sich das Konzept der Bioökonomie weltweit von einem Nischenthema zum politischen Mainstream entwickelt. Zahlreiche Länder haben Bioökonomiestrategien veröffentlicht. Die EU-Kommission hebt hervor, dass die Bioökonomie ein Schlüssel für eine klimaneutrale Wirtschaft ist und zu allen Dimensionen und Zielen des „European Green Deal“ beitragen kann.

Das Konzept der Bioökonomie ist in zahlreichen wirtschaftlichen Sektoren und Branchen relevant, von Automobil über Bau und Chemie bis hin zur Textilindustrie. Die Bioökonomie bietet Chancen für nachhaltige Innovationen, die durch technologische Fortschritte in der Biotechnologie und den benachbarten Bereichen ermöglicht werden. Der Bioökonomierat der Bundesregierung, dessen Geschäftsstelle das VDI Technologiezentrum seit Juni 2021 im Auftrag des BMBF führt, verweist hier auf die Verknüpfung neuer biologischer Verfahren und Erkenntnisse mit Ent-

wicklungen in der Agrarwissenschaft und der Informations-, Medizin- oder Fertigungstechnik. Ganz entscheidend werden Innovationen in der Landwirtschaft sein, die eine ressourceneffiziente, ökologische Produktion sicherstellen muss. Ingenieurexpertise ist in allen Bereichen gefragt, nicht zuletzt bei der Übertragung der vielen Prozesse, die sich bereits im Pilotmaßstab bewährt haben, in die industrielle Produktion (Scale-up).

Ein Wandel des heutigen Wirtschaftssystems zu einer Ökonomie, die in Wertstoffkreisläufen und mit erneuerbaren Energien und nachwachsenden Rohstoffen agiert, ist langfristig notwendig. Die Bioökonomie soll eine am natürlichen Stoffkreislauf orientierte, nachhaltige und biobasierte Wirtschaft sein, deren Angebot die Welt ausreichend und gesund ernährt und die Menschen mit hochwertigen Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen versorgt. Das ist die Zielvision für einen solchen Wandel, der mit vielen Chancen für die Ingenieurbranchen verbunden ist, unter anderem durch die Entwicklung und den Export innovativer nachhaltiger Technologien. Die Bioökonomie ist dabei nicht nur ein zentraler Stützpfiler in den Transformationsprozessen der Chemie, sondern kann sich zum Rettungsanker entwickeln, der Klimaschutz und nachhaltige Produktion optimal vereint.

Aktivitäten im VDI

Der VDI unterstützt die Transformationsprozesse der Chemie- und der Energiebranche sowie die Entwicklung einer nachhaltigen Bioökonomie durch zahlreiche Aktivitäten in seinen 12 VDI-Fachgesellschaften sowie den VDI-Töchtern VDI Technologiezentrum, VDI Zentrum Ressourceneffizienz und VDI/VDE Innovation + Technik. Gemeinsames Anliegen ist es, den technologischen Fortschritt zu unterstützen und mit Innovationen die Lebensbedingungen der Menschen zu verbessern – im Einklang mit Natur und Umwelt.

Die Autorin

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

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

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202201016>

Kontakt

VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (GVC)

Dr. Ljuba Woppowa · Tel.: +49 211 6214 - 266
gvc@vdi.de · www.vdi.de/gvc

**Lockern
Lösen
Entleeren
Abreinigen**



Findeva[®]
Quality in vibrators

Findeva AG, Pneumatische Vibratoren für die Industrie

Loostrasse 2, CH-8461 Oerlingen, Schweiz. Tel. +41 (0)52 319 25 61

Mail: info@findeva.com. Deutschland: www.aldak.de. Mail: alsbach@aldak.de

www.findeva.com

Gebündelte Kräfte für mehr Nachhaltigkeit

Chemiestudierende setzen sich ein für mehr Nachhaltigkeit innerhalb des JCF und darüber hinaus



Die Aussagen des IPCC-Berichts sind klar: Die Zeit zu handeln ist jetzt! Um die maximale Erderwärmung von 1,5 °C nicht zu überschreiten, muss noch viel getan werden und zwar so schnell wie möglich. Wir jungen Chemikerinnen und Chemiker spielen hierbei eine zentrale Rolle. Unsere Zukunft ist in Gefahr, aber gleichzeitig sind wir durch unsere Ausbildung auch in der Lage, die Probleme zu erkennen, nach Lösungen zu suchen und damit möglicherweise die Welt der Chemie in Industrie und Akademia zu revolutionieren.



Das Team vom JungChemikerForum der GDCh.

Innerhalb des JungChemikerForums (JCF) der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) spiegelt sich genau dieser Gedanke wider. Im Jahr 2020 wurde das Team Nachhaltigkeit gegründet und ist seitdem zum größten Team des JCF gewachsen. Die Teammitglieder kommen aus ganz Deutschland und sie eint der Gedanke an mehr Nachhaltigkeit in verschiedenen Bereichen unseres Lebens. In den letzten zwei Jahren konnte das Team bereits einige Projekte mit Wirkung auf das JCF und darüber hinaus realisieren. In diesem Artikel fassen wir die größten Projekte des JCF Team Nachhaltigkeit zusammen und zeigen, was wir als junge Chemikerinnen und Chemiker bewerkstelligen können.

Leitfaden für nachhaltige Kommunikation

Eine der ersten Aufgaben des Teams Nachhaltigkeit bestand in der Selbstreflexion. Wo sind wir schon nachhaltig? Und viel wichtiger: Wo sehen wir Probleme und Verbesserungspotenzial? Das Ergebnis war eher ernüchternd. An vielen Stellen handelten wir nicht nachhaltig. Das Team erstellte einen allgemeingültigen Leitfaden, aufgeteilt in drei Kategorien: Werbung, Veranstaltungen und Kommunikation. Darin rät das JCF dazu, Printmedien zu reduzieren und stattdessen lieber auf online-Bewerbung und regionale Kanäle der

Universitäten oder lokale Zeitungen, Plakate und Radio zu setzen. Im Bereich der Veranstaltungen weist der Leitfaden in erster Linie darauf hin, dass Müll z.B. durch Einweggeschirr vermieden und ein bestmögliches Recycling ermöglicht werden soll. Bei der Wahl der Vortragenden sollte zudem auf eine nachhaltige An- und Abreise geachtet werden und Vortragende aus der näheren Umgebung priorisiert werden.

Nachhaltigkeitskommunikation ist wohl der herausforderndste Teil des Leitfadens. Der Leitfaden nennt hier bspw. die Organisation von Nachhaltigkeits-Info-Tagen in Schulen in Kombination mit nachhaltigen Experimenten. Außerdem wurde das Format des Leitfadens für die Nutzung in Social-Media angepasst. In Zusammenarbeit mit dem European Young Chemists' Network (EYCN) der European Chemical Society (EuChemS) sowie dem International Younger Chemists Network (IYCN) und einigen nationalen jungen Chemienetzwerken wurden zusätzlich über 20 Übersetzungen des Leitfadens angefertigt.

Als nachhaltiges Werbemittel nutzt das JCF ein Biomasse-Synthese-Starterkit, eine Blumen-samenmischung für bienenfreundliche Blumen, auf dessen Verpackung über das Bienensterben informiert wird.

Umfrage Nachhaltigkeit in Bildung

Um sich einen Überblick über die Relevanz von Nachhaltigkeitsaspekten in der chemischen Ausbildung im internationalen Vergleich zu verschaffen, haben wir im Jahr 2020 Jungchemikerinnen und -chemiker im Rahmen einer globalen Umfrage zum Thema Nachhaltigkeit in der Bildung befragt. Ein bedeutender Anteil der Befragten stammte aus Europa, maßgeblich aus Deutschland. Die Zufriedenheit Chemiestudierender mit der Thematisierung der Nachhaltigkeit in der Lehre stellte sich hierbei im Allgemeinen als befriedigend heraus, jedoch wünschte sich die Mehrheit einen stärkeren Fokus auf nachhaltige Themen in der universitären Lehre. Insbesondere fühlt sich ein signifikanter Anteil der Jungchemikerinnen und -chemiker während ihrer universitären Ausbildung nicht ausreichend auf zukünftige berufliche Herausforderungen in der Industrie vorbereitet. Die Nachhaltigkeitsstrategie von Unternehmen ist für die Befragten ein entscheidender Faktor hinsichtlich der Berufswahl, wobei fast alle Befragten Wert auf ehrliche nachhaltige Strukturen legen. Darüber hinaus gibt eine bedeutende Mehrheit an, sich selbst für mehr Nachhaltigkeit einsetzen zu wollen.

Insgesamt wird international ein stärkerer Fokus auf Nachhaltigkeitsthemen in der universitären

1. Adequacy of Sustainable Chemistry in Education

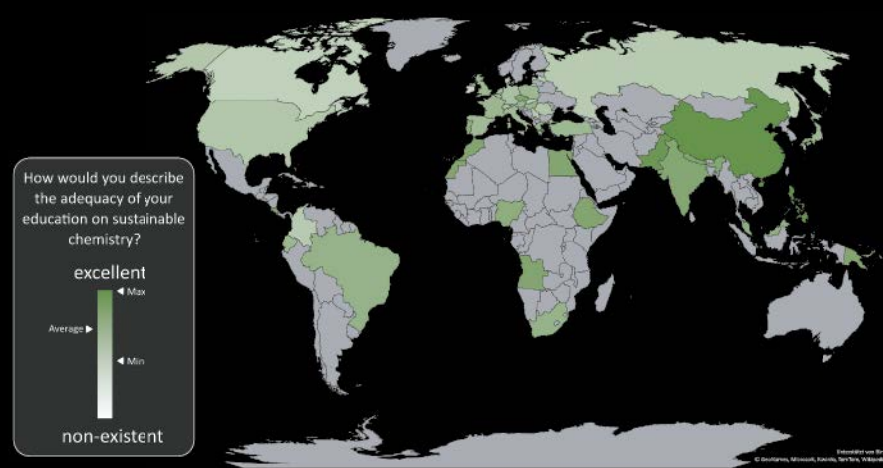


Fig. 6 – Mean values for countries around the world.
Check Fig. 7 if countries are representative (more than 5 participants per country).

average grade International: **C+** Germany: **D**

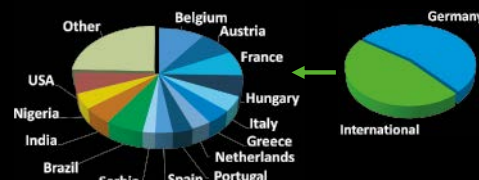


Fig. 7 – Countries with more than 5 respondents.

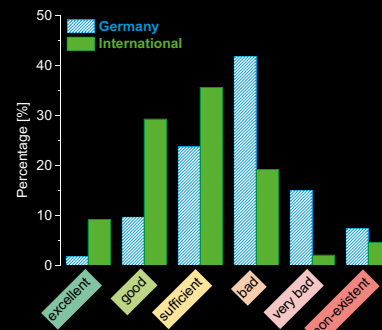


Fig. 8 – Individual opinions: Educational adequacy?

Umfrageergebnisse des ISC3

Ausbildung sowie eine bessere Vorbereitung Chemiestudierender auf den Berufseinstieg in der nachhaltigen chemischen Industrie gefordert.

Verbindungen zu Industrie

Bei der Gestaltung einer nachhaltigen Zukunft wird der chemischen Industrie eine zentrale Rolle zuteil. Als Schlüsselindustrie ist der Chemiesektor Zulieferer für viele andere Industriezweige, sodass besonders die nachhaltige Nutzung von Rohstoffen und die Entwicklung umweltschonender Produktionsprozesse hier beginnen muss. Daher setzt sich das Team Nachhaltigkeit dafür ein, die Sicht junger Chemikerinnen und Chemiker auf die Chemie von morgen zu kommunizieren und arbeitet mit Unternehmen zusammen, um über nachhaltige Entwicklungen in der Industrie zu informieren.

In einer Umfrage die in Zusammenarbeit mit dem ISC3 und weiteren Organisationen^[1] durchgeführt wurde hat das Team die Erwartungen junger Chemikerinnen und Chemiker aus Europa, Marokko, Nepal, den Philippinen, Taiwan, Südafrika, Nigeria, Singapur, Ecuador, Argentinien, Kanada, Malaysia, Brasilien, Indien, Bangladesch und den USA gesammelt. Dabei wurden die Teilnehmenden gefragt, welche Rolle und Verantwortung der chemische Sektor übernehmen soll, welche Produkte und Prozesse für eine nachhaltige Zukunft erforderlich werden, was in der chemischen Forschung und Ausbildung geändert werden muss und wie Industrie und Politik die Umsetzung der Erwartungen der jüngeren Generation unterstützen können? Die Auswertungen dieser Umfrage wurde von den Teammitgliedern Emiel Dobbelaar und Janine Richter als White Paper in Pure and Applied Chemistry ver-

öffentlicht.^[2] Insgesamt formulierten die Befragten eindeutig die Forderung nach forschungsbasierten Lösungen in Bereichen wie zirkulärer Wirtschaft, biobasierten Produkten und energieeffizienter Produktion. Jedoch fühlten sich viele aufgrund ihrer Ausbildung nicht ausreichend vorbereitet, um einen wichtigen Beitrag zur Lösung dieser Herausforderungen zu leisten. Daraus leitet sich eine große Nachfrage nach einer stärkeren Gewichtung von nachhaltiger Chemie in Schul- und Universitäts-Curricula ab. Des Weiteren müssen angesichts der Komplexität und globalen Skala von Problemen wie Klimawandel und Umweltverschmutzung Lösungen ebenfalls global ansetzen. Durch eine enge Zusammenarbeit zwischen der Industrie, Gesetzgebung und Gesellschaft sollen effektive und gemeinschaftliche Lösungen erarbeitet werden, die zugleich ein größeres Maß an Transparenz schaffen und das Vertrauen in die chemische Industrie steigern.

Um eine Plattform für Diskussionen mit Industrievertretern zu bieten und Jungchemikerinnen und -chemiker zu informieren, wie die Industrie schon heute den Wandel hin zu einem nachhaltigeren Ressourcenmanagement und umweltschonenden Produktionsprozessen anstrebt, ist das Team Nachhaltigkeit an der Organisation der JCF-Vortragsreihe Sustainability in Industry beteiligt. Bei den Online-Events werden Innovationen und Strategien aus Unternehmen präsentiert und anschließend zur Diskussion mit den Teilnehmenden gestellt. Viele junge Chemikerinnen und Chemiker haben sich zusammengeschlossen, um sich für ein Thema einzusetzen, das unseren Alltag zunehmend bestimmt – die Nachhaltigkeit. Wir sind überzeugt, dass die Relevanz von nachhaltigen Entwicklungen

vor dem Hintergrund globaler Herausforderungen durch den Klimawandel in der Zukunft stark steigen wird. Daher sind wir umso motivierter, auch weiterhin gemeinsam unseren Beitrag zu leisten! Unsere Arbeit können Sie auf unserer Homepage oder Instagram-Seite verfolgen.

Quellen

[1] International Younger Chemists Network (IYCN) associated with the International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), European Young Chemists' Network (EYCN) of the European Chemical Society (EuChemS), JungChemikerForum (JCF) of the German Chemical Society (GDCh), Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), Umweltbundesamt (UBA).

[2] E. Dobbelaar, J. Richter, Pure Appl. Chem. 2022, 94, 1.

Die Autoren

Chris Heintz, Doktorand, Theoretische und Physikalische Chemie, Bergische Universität Wuppertal

Felix Katzenburg, Doktorand, Organisch-Chemisches Institut, Westfälische Wilhelms-Universität Münster

Larissa Kurth, Masterstudentin Biochemie, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg

Hannah Kortman, Masterstudentin, Max-Planck-Institut für Kolloide und Grenzflächen, Potsdam

Alena Neudert, Masterstudentin, Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:
<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202201017>

Kontakt

Gesellschaft Deutscher Chemiker e. V., Frankfurt
JCF Team Nachhaltigkeit · nachhaltigkeit@jcf.io

Chemikalien aus klimaschädlichem CO₂

Elektrobiokatalytische CO₂-Fixierung ersetzt fossile Rohstoffe



© Fraunhofer/Marc Müller

Einem Team aus Wissenschaftlern des Fraunhofer IGB ist es im Max-Planck-Kooperationsprojekt eBioCO₂n gelungen, CO₂ in einer auf dem Transfer von Elektronen basierenden Enzymkaskade zu fixieren und in einen festen Ausgangsstoff für die chemische Industrie umzuwandeln. Das Verfahren zur elektrobiokatalytischen CO₂-Fixierung gilt als vielversprechend.

Erdöl ist aktuell immer noch einer der wichtigsten Rohstoffe – nicht nur als Energieträger, sondern auch als Ausgangsmaterial für die chemische Industrie. An verschiedenen Alternativen für fossile Quellen wird daher intensiv geforscht. Nachwachsende Rohstoffe sind eine Möglichkeit, aber nicht die einzige alternative Rohstoffbasis, um die Verfügbarkeit von grünen Syntheseprodukten in den nächsten Jahren abdecken zu können. Eine nachhaltige Ergänzung hierzu im Sinne einer kreislauforientierten Kohlenstoffwirtschaft ist die Möglichkeit, CO₂ gezielt und unter milden Reaktionsbedingungen zu fixieren.

Abscheidung aus der Luft für weniger CO₂-Emissionen

Einem Forscherteam am Straubinger Institutsteil des Fraunhofer-Instituts für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB ist es nun gemeinsam mit Kolleginnen und Kollegen des Max-Planck-Instituts für terrestrische Mikrobiologie in Marburg und der TU München erstmals gelungen, CO₂ elektrobiokatalytisch in wertvolle Substanzen für die chemische Industrie umzuwandeln. Durch Kombination verschiedener Ansätze aus Bioelektrochemie, Enzymbiologie und synthetischer Biologie wurden hierfür spe-



Dr. Michael Richter,
Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB

zielle Bioelektroden entwickelt, um mit Strom aus erneuerbarer Energie Enzyme anzutreiben, die in einer gekoppelten Reaktion ähnlich der Photosynthese feste organische Moleküle aus dem Treibhausgas herstellen.

Ziel ist es, damit CO₂ direkt aus der Luft abzuscheiden: „Das Verfahren könnte dann nicht nur

dazu beitragen, dass die Industrie auf fossile Rohstoffe verzichten kann, sondern durch die CO₂-Reduktion die Klimawende außerdem aktiv vorantreiben“, erklärt Dr. Michael Richter, Leiter des Innovationsfelds Bioinspirierte Chemie am Fraunhofer IGB. „Zunächst ging es uns jedoch darum zu zeigen, dass unsere Idee überhaupt funktioniert, eine solch komplexe biokatalytische Multienzym-Reaktion auf diese Art mit Strom anzutreiben.“ Für den Prozess werden Enzymreaktionen kombiniert: eine für Bereitstellung und Regeneration des Cofaktors, eine für die CO₂-Fixierung.

Hydrogel transportiert Elektronen für CO₂-fixierende Enzyme

Die Forschenden haben sich vom Stoffwechsel der Mikroorganismen inspirieren lassen und ein strombasiertes Verfahren für die CO₂-Fixierung entwickelt. Hauptakteure sind CO₂-fixierende Enzyme, die von den Kollegen Dr. David Adam und Prof. Tobias Erb, Direktor am MPI in Marburg, entwickelt wurden. Eine Herausforderung bestand nun darin, die CO₂-fixierenden Enzyme kontinuierlich mit den für die Reduktion von CO₂ benötigten Elektronen zu versorgen, die regenerativer Strom liefern kann. Dies gelang durch Einbetten der Enzyme in ein redoxaktives Hydrogel, wodurch sie elektrochemisch so

angetrieben werden können, dass sie Kohlenstoffdioxid an ein Substrat binden und damit in einen wertvollen Zwischenstoff umwandeln. „Das Verfahren ist ein sehr effizienter Reaktionsweg, eine reduktive Carboxylierung, die sehr ökonomisch und sauber abläuft, weil man keine weiteren Substanzen im System braucht – lediglich Kohlenstoffdioxid, Substrat und Elektronen, bevorzugt aus erneuerbaren Quellen“, erläutert Dr. Leonardo Castañeda-Losada, der in seiner Doktorarbeit auf dem Gebiet der Elektrobiokatalyse forschte und nun am Fraunhofer IGB gemeinsam mit Dr. Melanie Iwanow und Dr. Steffen Roth im Projekt arbeitet.

Die an der TU München am Lehrstuhl von Prof. Nicolas Plumeré eigens entwickelten Hydrogele, in denen die Enzyme ihre Arbeit verrichten, sind so modifiziert, dass sie Elektronen gut leiten und den Biomolekülen gleichzeitig optimale Arbeitsbedingungen bieten. „So können wir nicht nur Monolagen an Enzymen einsetzen, sondern dies auch dreidimensional um ein Vielfaches erweitern, da die Elektronen im Gel an jeden Ort geleitet werden. Das sind gute Voraussetzungen für eine zukünftige Skalierung des Verfahrens für die chemische Industrie“, verdeutlicht Prof. Volker Sieber, der am Straubinger Institutsteil des Fraunhofer IGB schon lange Strategien zur CO₂-Speicherung verfolgt.

Cofaktoren werden gleichzeitig permanent regeneriert

Der völlig neue Ansatz der Wissenschaftler beruht aber nicht nur auf der Tatsache, dass eine enzymatische Reaktionssequenz erfolgreich mit Strom angetrieben werden kann, sondern beinhaltet auch ein weiteres äußerst innovatives Modul: Damit die Reaktionen wie gewünscht ablaufen und am Ende eine möglichst hohe Produktausbeute steht, braucht es in dem Fall eine kontinuierliche Zufuhr an „Doping“ fürs Enzym: die passenden und funktionalen Cofaktoren. Diese kleinen, organischen Moleküle werden im Lauf jeder einzelnen Reaktion verbraucht und müssen regeneriert werden, um wieder einsatzfähig zu sein. Sie in großen Mengen neu bereitzustellen, ist sehr teuer und damit für die Industrie unwirtschaftlich. Deshalb haben die eBioCO₂-n-Experten eine Möglichkeit gefunden, um sie mithilfe von Strom innerhalb des gleichen Reaktionssystems in den Hydrogelen wieder erneuern zu können – theoretisch unendlich lange. „Eigentlich müsste man nur ein einziges Mal Cofaktor ins System geben, und dieser würde dann immer wieder automatisch regeneriert. Aber in der Praxis funktioniert das nur annähernd so gut, weil der Cofaktor nicht unendlich lange stabil bleibt – aber durchaus schon sehr lange“, sagt Richter.



JUMO flowTRANS US W01 und W02

www.jumo.net

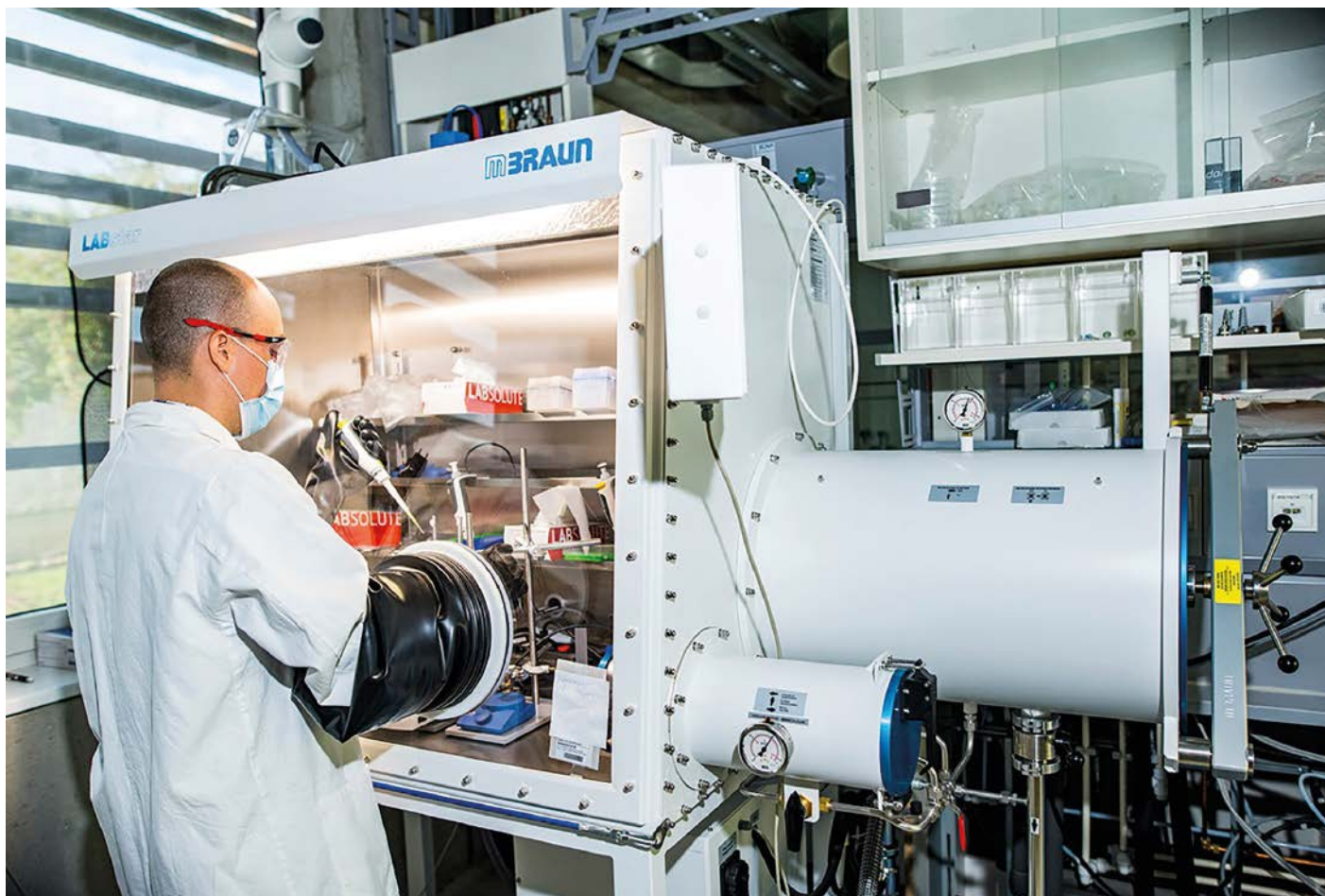
Ultraschall-Durchflussmessgeräte für Flüssigkeiten

Produkte der JUMO flowTRANS US W Serie sind hochpräzise Ultraschall-Durchflussmessgeräte für leitfähige und nichtleitfähige Medien. Sie können flexibel in den unterschiedlichsten Prozessen eingesetzt werden und sind auch resistent gegen korrosive Medien. Zusätzlich zur reinen Durchflussmessung stehen Varianten mit einem Drucksensor, Bluetooth und IO-Link zu Verfügung.

- hohe Prozesssicherheit durch präzise Messung
- flexibler Einsatz in unterschiedlichen Prozessen
- Einsparung von Wartungskosten durch verschleißarmen Aufbau ohne bewegliche Teile
- unkomplizierte Integration in bestehende Anlagen
- Einsatz bei korrosiven Medien dank metallfreiem Aufbau

Besuchen Sie uns am
26. Oktober 2022 in Bochum





In der Glovebox wird die Funktionalität der Enzyme elektrochemisch unter Ausschluss von Luft gemessen.

Für den bioelektrokatalytischen Recyclingprozess der Cofaktoren steht den Forschenden sogar ein ganzer Werkzeugkasten an unterschiedlichen Enzymen zur Verfügung, die sie aus verschiedenen Organismen aufgespürt haben. So ist das Spektrum dieser Biomoleküle für weitere Arbeiten je nach Anwendung modular erweitert und als Plattformsystem verwendbar. „Man kann aus bioinformatischen Datenbanken praktisch beliebig Enzyme auswählen, diese biotechnologisch herstellen und in die Hydrogele einbauen“, sagt Richter. „So wäre die Herstellung verschiedener biobasierter Feinchemikalien denkbar, die man bei entsprechendem Ausbau über weitere Enzymkaskaden praktisch nach Bedarf diversifizieren könnte.“ Hier bringt insbesondere das Marburger MPI seine Expertise ein. Gelingt dies in einer entsprechenden Skalierung, könnte die Plattforttechnologie ein zukunftssträchtiges Geschäftsmodell für die chemische Industrie werden.

Plattformsystem soll beliebig erweiter- und skalierbar werden

Mithilfe der bioinspirierten CO₂-Fixierung aus dem Labor konnte man am Fraunhofer IGB ein Coenzym-A-Derivat carboxylieren, ein für viele Stoffwechselvorgänge in Lebewesen wichti-

ges Biomolekül. „Hierbei handelt es sich um das bislang anspruchsvollste Molekül, an das auf biokatalytischem Weg CO₂ fixiert werden konnte“, so Richter. „Das ist bei weitem nicht selbstverständlich, eine so große und strukturell anspruchsvolle Substanz mit dieser Technologie zu modifizieren.“ Nun steht für die Projektmitarbeitenden die letzte Herausforderung an: zu beweisen, dass ihre Idee zuverlässig und skalierbar funktioniert sowie modular erweitert werden kann. Am IGB ist man jedoch optimistisch, vor allem auch vor dem Hintergrund eines gut funktionierenden interdisziplinären Teams, wie der Wissenschaftler betont. In Folgeprojekten sollen dann auch möglichst schnell Industriepartner mit einbezogen werden.

Weitere Informationen zum Projekt

Das Projekt wird unter dem Titel eBioCO₂n – Stromgetriebene CO₂-Konversion durch synthetische Enzymkaskaden zur Herstellung von Spezialchemikalien geführt und im Rahmen des Fraunhofer-Max-Planck-Kooperationsprogramms von Januar 2019 bis Dezember 2022 gefördert.

Teile der Arbeiten wurden zudem über das ERC Starting Grant Redox SHields (715900) und

das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie im Rahmen des Projekts „Zentrum für Energiespeicherung“ finanziert.

Der Autor

Dr. Michael Richter, Leiter Innovationsfeld Bioinspirierte Chemie, Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB

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

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202201018>

Kontakt

Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB, Straubing
Tel.: +49 711 970-4401
info@igb.fraunhofer.de
www.igb.fraunhofer.de/



Recyclingtechnologien für Kunststoffabfälle

Neue Konferenz und Studie lichten den Informationsdschungel

Fortschrittliche Recyclingtechnologien entwickeln sich in rasantem Tempo, wobei ständig neue Akteure auf dem Markt auftauchen, von Start-ups bis hin zu Chemie гигант. Neue Anlagen werden gebaut oder hochskaliert, neue Kapazitäten werden erreicht, und neue Partnerschaften werden geschlossen. Auf der zweitägigen Advanced Recycling Conference (ARC) in Köln können Teilnehmende sich einen Überblick über verschiedene Themen und Aspekte von Kunststoffrecycling verschaffen.

Die ambitionierten Recyclingziele der EU, die (Selbst-)Verpflichtungen der chemischen Industrie und der Markenhersteller sowie die Anforderungen der Kunden üben einen enormen Entwicklungsdruck auf den Recyclingsektor aus. Einem großen Anteil nicht recycelter Abfallströme stehen die Nachfrage und die Suche nach erneuerbaren Rohstoffen für Chemikalien und Materialien gegenüber. Dies führt zu Diskussionen darüber, welche Technologien für welchen Abfallstrom am besten geeignet sind und wie die Umweltauswirkungen zu bewerten sind.

Recyclingtechnologien, Politik und Umweltauswirkungen

Das Debüt der zweitägigen Advanced Recycling Conference (ARC) in Köln sowie die kürzlich veröffentlichte Studie – Mapping of advanced recycling technologies for plastics waste – zielen darauf ab, die Informationsflut zu bewältigen, indem sie einen Überblick und vertieften Einblick in alle verfügbaren Recyclingtechnologien für verschiedene Kunststoffabfallströme sowie politische Themen und Umweltauswirkungen bieten.

Die Konferenz vom 14. bis 15. November 2022 in Köln bietet alle fortschrittlichen Recyclinglösungen und damit zusammenhängende Themen erstmalig auf einer Veranstaltung. Es umfasst unter anderem Technologien wie Extrusion, Auflösung (Dissolution), Solvolyse, Enzymolyse, Pyrolyse, thermische Depolymerisation, Gasifizierung und Verbrennung mit Carbon Capture and Utilisation (CCU). Beitragende werden die Möglichkeit haben, ihre jüngsten Entwicklungen einem breiten und relevanten Publikum vorzustellen.

Die Themenfelder:

- Märkte und Politik
- Kreislaufwirtschaft und Ökologie von Kunststoffen
- Physikalisches Recycling
- Biochemisches Recycling
- Chemisches Recycling
- Thermochemisches Recycling
- Andere fortschrittliche Recyclingtechnologien
- Carbon Capture and Utilisation (CCU)
- Aufbereitung, Vor- und Nachbehandlungstechnologien

Studie über fortschrittliche Recyclingverfahren

Die kürzlich veröffentlichte Studie „Mapping of advanced recycling technologies for plastics waste“ stellt 103 Technologien vor, die am Markt verfügbar sind oder in Kürze verfügbar sein werden. Die meisten der ermittelten Technologien stammen aus Europa, allen voran den Niederlanden und Deutschland, gefolgt von Nordamerika, Asien und Australien. Ebenso werden erste Anbieter von Nachbearbeitungs- und Veredelungstechnologien vorgestellt, die besonders bei der Umwandlung von sekundären Wertstoffen in Chemikalien, Werkstoffe und Brennstoffe eine wichtige Rolle spielen. Die Studie umfasst verschiedene Technologien in unterschiedlichen Größenordnungen, darunter Gasifizierung, Pyrolyse, Solvolyse, Auflösung (Dissolution) und Enzymolyse. Alle Technologien und die Unternehmen werden umfassend vorgestellt. Darüber hinaus beschreibt die Studie technische Details, die Eignung verfügbarer Technologien für bestimmte Polymere und Abfallfraktionen sowie die Umsetzung bereits bestehender Pilot-, Demonstrations- und sogar (semi-)kommerzieller Anlagen. Zudem werden alle jüngsten Entwicklungen sowie Partnerschaften und Joint Ventures systematisch beschrieben. Die Studie umfasst 200 Seiten und ist ab sofort ab 2.500 EUR unter www.renewable-carbon.eu/publications erhältlich.

Mit den adressierten Themen bietet die Konferenz eine neue Plattform für Technologieanbieter, verbundene Industrien, Abfallwirtschaftsunternehmen, Kunststoffhersteller, Marken und Investoren sowie für politische Entscheidungsträger und Wissenschaftler, die in dem vielseitigen und interdisziplinären Bereich des Recyclings tätig sind. Indem sie alle relevanten Themen und Experten zusammenbringt, bietet die Veranstaltung Vernetzungsmöglichkeiten und einen Rahmen für neue Partnerschaften, Ideen, Ansätze und Wertschöpfungsketten.

Der Autor

Dr. Lars Krause, Senior Expert Technology & Markets, Carbon Economy, Chemical Recycling, Nova-Institut

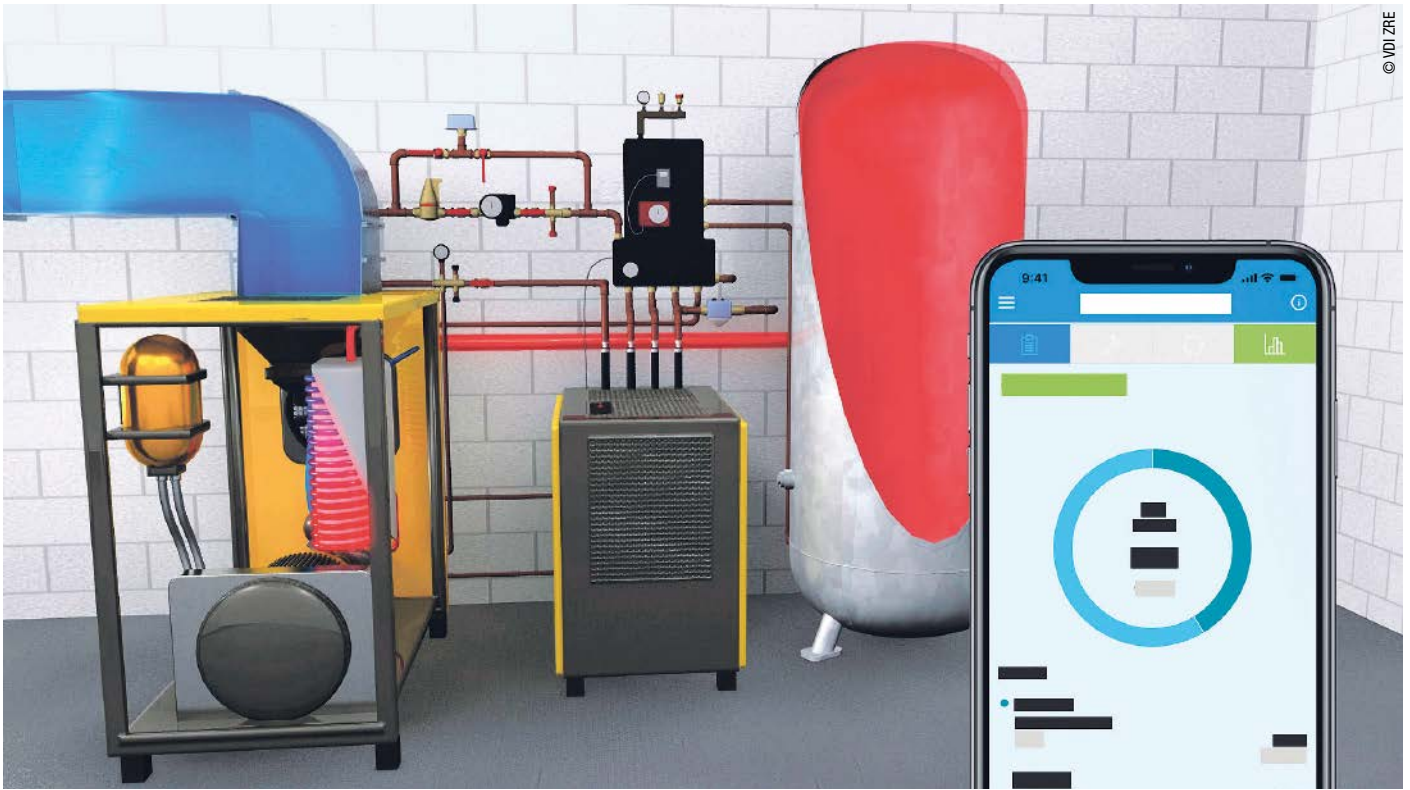
Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202201019>

Kontakt

nova-Institut GmbH

Dominik Vogt · Tel.: +49 2233-48 - 1449
dominik.vogt@nova-institut.de
www.advanced-recycling.eu



Effizienzpotenziale nutzen

Ressourceneffizienz durch Digitalisierung in Chemieanlagen

Wie kann der Verbrauch von Energie und Material bei der Herstellung chemischer Produkte weiter gesenkt werden? Einsparpotenziale lassen sich entlang des gesamten Herstellungsprozesses durch den Einsatz von Digitalisierungstechnologien identifizieren und umsetzen. Ziele können eine bessere Prozessstabilität oder vorausschauende Wartung sein.

Die Herstellung von Chemikalien und anderen Produkten der chemischen Industrie ist sehr material- und energieintensiv. So ist das Potenzial zur Steigerung der Ressourceneffizienz in der Produktion sehr hoch. Seit je her wurden die stoffwandelnden Prozesse der chemischen Industrie mit dem Ziel optimiert, Material- und Energiekosten zu reduzieren. Positiver Nebeneffekt: Eingesetzte Energie- und Materialmengen wurden dabei in großen Mengen eingespart. Um weiteres Verbesserungspotenzial bestehender und zukünftiger Prozesse und Verfahren zu nutzen, bietet sich die Anwendung von Digitalisierungstechnologien an.

Energie und Material kann durch den Einsatz von Digitalisierungstechnologien entlang des gesamten Produktionsprozesses eingespart werden: Von der Entwicklung, der Planung und Optimierung von Produktionsverfahren über den Produktionsbetrieb bis hin zum Unterhalt der Infrastruktur. Die Ziele bei der Optimierung von Herstellungsverfahren durch den Einsatz digitaler Technologien sind unterschiedlich: So soll bspw.

die Prozessstabilität erhöht werden, um möglichst wenig Ausschuss zu produzieren und Prozesse am optimalen Betriebspunkt zu fahren. Oder es ist eine vorausschauende Wartung gewünscht, um Ausfälle von Infrastrukturanlagen und -maschinen zu reduzieren. Im Folgenden werden einige Ansatzpunkte zur Steigerung der Ressourceneffizienz durch digitale Technologien vorgestellt.

Intelligentes Engineering und Prozess-/Anlagenverbesserung

Beim Planen, Auslegen und Inbetriebnehmen (Engineering) von Prozessen und Anlagen haben sich Ingenieure von Anfang an moderner digitaler Hilfsmittel wie Simulationsprogramme und Modellierungssoftware bedient, sobald diese verfügbar waren. Im Zuge der industriellen Digitalisierung der letzten Jahre hat die Anzahl dieser digitalen Hilfsmittel sowie ihre Funktionalitäten erheblich zugenommen. Werden diese eingesetzt, erhöhen sich die Anlagenstabilität und -sicherheit deutlich, was zu einer Steigerung der Energie- und Materialeffizienz führt.

Ein digitaler Zwilling der Anlage ermöglicht bspw. bereits während der Planungsphase alle Prozessabläufe sowie sämtliche zum Einsatz kommenden Apparate und Maschinen auszuwählen und zu simulieren. Prozesse lassen sich so gestalten, dass Energie- und Materialverbrauch bzgl. der eingesetzten Anlagenkomponenten sowie während der Betriebsphase minimiert werden. Ein weiteres Beispiel ist die virtuelle Inbetriebnahme: Anhand eines Simulationsmodells wird die projektierte Anlage inklusive des Automatisierungssystems vor der eigentlichen Anlageninbetriebnahme getestet. Fehler werden bereits im Vorfeld identifiziert, Anlagenausfälle und Fehlchargen während des Hochfahrens der Anlage dadurch reduziert.

In der prozessorientierten Industrie gehören regelmäßige Prozess- und Anlagenverbesserungen zum Produktionsalltag. Im Zuge der industriellen Digitalisierung wurden bestehende Hilfsmittel für eine Optimierung deutlich verbessert und leistungsfähiger bzw. es wurden gänzlich neue Hilfsmittel entwickelt, bspw. können Prozessverbesserungen

rungen durch den Einsatz von Systemen basierend auf künstlicher Intelligenz (KI) wie Maschine Learning noch zielgenauer mit einer höheren Einsparung an Energie- und Materialmenge erzielt werden. Grundlage hierfür ist, eine solide Datengrundlage zu erfassen und bereitzustellen.

Intelligente Instandhaltung der Anlage

Eine Produktionsanlage und die angegliederten Infrastrukturelemente instand zu halten, trägt wesentlich zur Verlängerung der Anlagenlebensdauer bei. Dabei sind die vorausschauende Wartung (Predictive Maintenance) und situative Instandhaltung entscheidende Elemente für die Steigerung der Ressourceneffizienz. Denn wird die Anlage bedarfsgerecht instandgesetzt, kann der Ausfall eines Elements und der in der Regel einhergehende Energie- und Materialverlust verhindert werden. Im Zuge der voranschreitenden Digitalisierung wurden diverse Hilfsmittel wie Sensoren und Software für eine vorausschauende intelligente Anlageninstandhaltung entwickelt.

So werden bspw. durch eine Zustandsüberwachung (Condition Monitoring) von Maschinen und Anlagen anhand von Sensoren Messdaten erhoben, die direkt oder indirekt Aussagen über den aktuellen Zustand geben können. Dadurch werden folgende Vorteile, die zur Steigerung der Ressourceneffizienz beitragen, erzielt: Überwachung von Betriebszuständen sowie eine optimale Ausnutzung der Anlagenleistungsfähigkeit und der gesamten technischen Lebensdauer der zugehörigen Apparate, Maschinen und Bauteile.

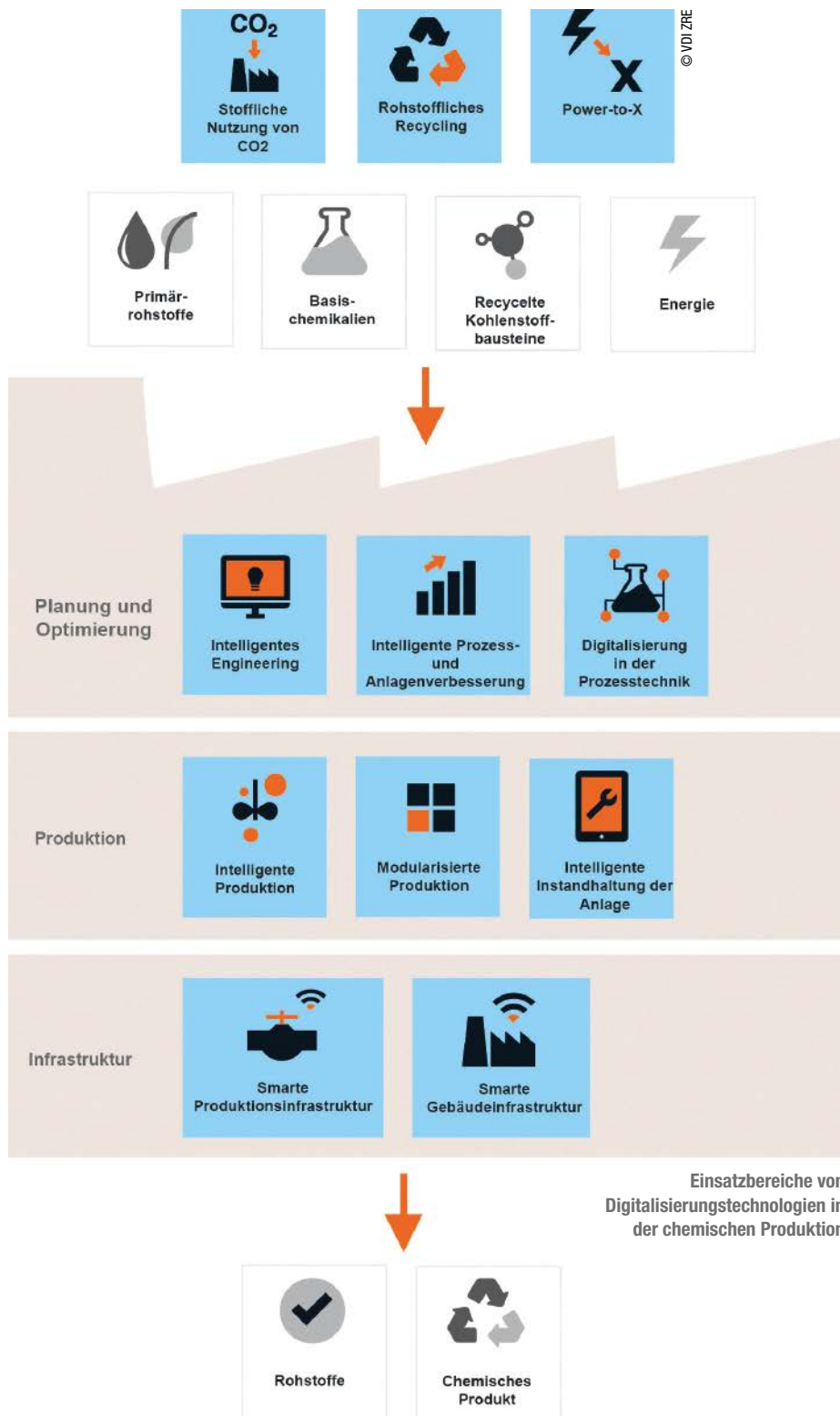
Mittels der Daten aus dem Condition Monitoring und durch Anwendung von Methoden der Predictive Maintenance können Ausfallwahrscheinlichkeiten für ein bestimmtes Bauteil berechnet werden. Dadurch werden Fehlchargen durch spontane Ausfälle von Apparaten und Maschinen vermieden – somit die Prozesssicherheit gesteigert und Stillstandzeiten minimiert.

Smarte Produktionsinfrastruktur

Eine digitalisierte Infrastruktur enthält bspw. Steuer- und Regelungssysteme, die sehr zielgenau eine bedarfsgerechte Bereitstellung von Energie- und Stoffströmen ermöglichen. Darüber hinaus lassen sich durch digitalisierte Prozesse Daten sammeln und verarbeiten, um daraus einen optimierten Betriebsablauf abzuleiten. Eine smarte Produktionsinfrastruktur ist ein großer Hebel, um Energie- und Materialmengen in der chemischen Produktion zu reduzieren. Zum Beispiel lassen sich durch smarte Ventile ohne großen Aufwand Daten zu Prozessparametern sammeln, mit denen zeitnah Rückschlüsse auf den Prozesszustand möglich sind.

Unterstützung für mehr Ressourceneffizienz

Kostenlose Instrumente zur Unterstützung der Entwicklung und Optimierung von chemischen Produktionsverfahren stellt das VDI ZRE online



zur Verfügung: Das Arbeitsmittel „Ressourceneffiziente Chemieanlage 4.0“ enthält Digitalisierungstechnologien und Anwendungsbeispiele zur Steigerung der Ressourceneffizienz in der Produktion. Das Tool ist unter www.ressource-deutschland.de/chemieanlage abrufbar. Des Weiteren können Forschungs- und Entwicklungsprojekte im Innovationsradar der VDI ZRE Webseite www.ressource-deutschland.de/instrumente/innovationsradar für einen Einblick in weitere Entwicklungen recherchiert werden. Diese Angebote erstellt das VDI ZRE im Auftrag des Bundesumweltministeriums.

Die Autorin

Katja Saulich, Wissenschaftliche Mitarbeiterin, VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (VDI ZRE), Berlin

Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:
<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202201020>

Kontakt

VDI Zentrum Ressourceneffizienz
 GmbH (VDI ZRE), Berlin
saulich@vdi.de · www.ressource-deutschland.de

Dekarbonisierung der Luftfahrt

PtX-Technologien und -Anlagen für eine CO₂-neutrale Zukunft des Luftverkehrs



Das im 3-D-Druck gefertigte Modell der HyKero-Anlage.

© EDL



Dr. Michael Haid,
EDL Anlagenbau
Gesellschaft

Dem Einsatz von nachhaltigen Flugkraftstoffen kommt eine immer größere Bedeutung bei der Dekarbonisierung der Luftfahrtindustrie zu, denn auf absehbare Zeit wird es keine großflächig umsetzbaren Alternativen zu flüssigen Kraftstoffen geben. Wie kann eine Dekarbonisierung des Luftfahrtsektors dennoch gelingen? Die EDL Anlagenbau Gesellschaft aus Leipzig hat für diese herausfordernde Aufgabe eine neue, industriell einsetzbare PtL-Anlagentechnologie entwickelt.

Der deutsche Luftverkehr hat Nachhaltigkeitsziele definiert, die u.a. eine schrittweise Substitution von Jet A-1 durch Beimischung von Sustainable Aviation Fuel (SAF) bis 2030 sowie Klimaneutralität bis 2050 durch 100 % SAF-Nutzung und neue Antriebstechnologien (elektrischer oder wasserstoffbasierter Antrieb) vorsehen. Des Weiteren erhöht sich die Nachfrage nach SAF durch die Einführung einer verpflichtenden Beimischungsquote für SAF in Jet A-1. Auch spielen verstärkte Kundenforderungen nach einem emissionsfreien Luftfrachttransport eine wesentliche Rolle.

Als Technologieunternehmen und Systemintegrator in Kombination mit jahrzehntelangen Erfahrungen im Anlagenbau hat EDL eine neue, industriell einsetzbare PtL-Anlagentechnologie (HyKero) entwickelt, die weitestgehend auf industriell erprobten Einzeltechnologien (TRL9)

beruht. Die HyKero (aus dem Englischen hydrogen und kerosene)-Technologie ermöglicht eine CO₂-emissionsfreie Produktion von strombasiertem Sustainable Aviation Fuel, auch als eSAF oder PtL-Kerosin bezeichnet, grünem Wasserstoff sowie weiteren Produkten und erlaubt eine Minderungsquote an Treibhausgasemissionen für das hergestellte PtL-Kerosin von über 70 % gegenüber konventionellem Kerosin.

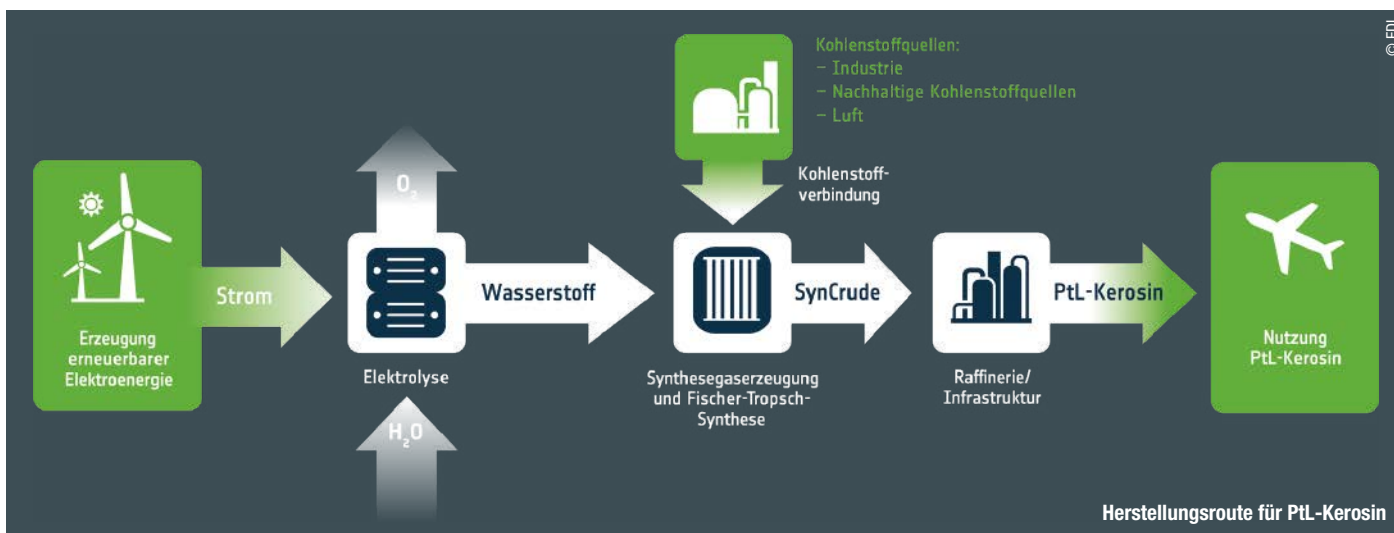
Das HyKero-Projekt

Mit dem HyKero-Projekt, eines der ausgewählten IPCEI-Projekte (IPCEI = Important Projects of Common European Interest), hat EDL einen Gesamtprozess auf Basis von TRL9 Technologien entwickelt, der bereits heute die kommerzielle Herstellung von PtL-Kerosin erlaubt.

Die HyKero-Anlage wird die weltweit größte industrielle Anlage sein und in Böhlen-Lippen-

dorf, südlich von Leipzig errichtet werden. Der Anlagenstandort bietet ideale Infrastrukturbedingungen und liegt zudem unweit des Flughafens Leipzig-Halle.

Der für den Prozess benötigte grüne Wasserstoff wird mit einer 110 MW Elektrolyseanlage aus Wasser und erneuerbarem Strom erzeugt. In weiteren Prozessschritten wird aus grünem Wasserstoff, nachhaltigem Kohlenstoff und Kohlendioxid ein Synthesegas erzeugt, das mittels Fischer-Tropsch-Synthese und nachfolgendem Hydrocracking zu PtL-Kerosin weiterverarbeitet wird. Die Anlage befindet sich bereits in Planung, das erste grüne Kerosin soll 2026 verfügbar sein. Mit der initialen Produktionsmenge von 50.000 t/a an PtL-Kerosin kann EDL die in Deutschland benötigte Gesamtmenge an PtL-Kerosin zu einem Großteil abdecken.



Anlage mit CO₂-neutralem Fußabdruck

Die innovative Anlagenkonzeption ermöglicht einen ökobilanziell emissionsfreien Anlagenbetrieb, da Prozessgase und anfallende Nebenprodukte innerhalb der Anlage vollständig genutzt werden. Somit wird ein CO₂-neutraler Fußabdruck der HyKero-Anlage gewährleistet.

Qualitätsmerkmale der Anlage wie industrielle Betriebssicherheit, eine hohe CO₂-Effizienz, volle Skalierbarkeit und standardgerechte, qualitativ hochwertige SAF-Produkte werden nicht zuletzt durch die Integration von Verfahren weltweit führender Systempartner in die EDL-Technologien erreicht.

Das PtL-Kerosin wird mit allen notwendigen Additiven ausgerüstet, um als nachhaltiger „Drop-in“-Flugturbinenkraftstoff dem Jet A1 nach ASTM (American Society for Testing and Materials) 1655 beigemischt zu werden.

Weitere wesentliche Vorteile des erzeugten PtL-Kerosins, sind:

- volle Standardkonformität nach ASTM D7566 (FT SPK Jet A1)

- Drop-in-Fähigkeit des Kraftstoffs
- CO₂-emissionsfreie Produktion
- Wasserverbrauch praktisch Null
- volle Kompatibilität zu bestehender Logistik- und Betankungsinfrastruktur.

HyKero im LHyVE-Verbund

Das LHyVE-Verbundvorhaben (LHyVE = Leipzig Hydrogen Value Chain für Europe) mit den Partnern EDL, L-Gruppe, Ontras und VNG verfolgt den Aufbau einer geschlossenen regionalen Wasserstoff-Wertschöpfungskette in Mitteldeutschland für klimaneutrale Produktion, Transport, Verteilung und Nutzung von grünem Wasserstoff. Die EDL ist mit dem HyKero-Vorhaben Teil dieser wasserstoffbasierten Infrastrukturkette, die die Versorgung der Luftfahrt mit PtL-Kerosin und Wasserstoff, aber auch die Versorgung von Prozessindustrien mit grünen chemischen Vorprodukten und Produkten zum Ziel hat. Grüne Prozesswärme soll die kommunale Wärmeversorgung auf nachhaltige Weise

unterstützen. Mit dem HyKero-Projekt wird der Einstieg in die Umsetzung eines CO₂-freien Luftverkehrs möglich und stellt somit eine nachhaltige Alternative zur Nutzung fossiler Kraftstoffe und einen wichtigen Baustein auf dem Weg zur Dekarbonisierung unserer Wirtschaft dar.

Der Autor

Dr. Michael Haid,
CEO, EDL Anlagenbau Gesellschaft

Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:
<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202201021>

Kontakt
EDL Anlagenbau Gesellschaft mbH, Leipzig
Tel.: +49 341 4664 - 400
gf@edl.poerner.de · www.edl.poerner.de

Serie CSG-2, DSG-2, FSG-2

OILFREE.AIR – nachhaltig robust für hygienisch sensible Prozesse

- **Leistungsstark:** Volumenströme von bis zu 51 m³/min
- **Super Premium Efficiency:** Energiesparende IE4 Motoren
- **Bereit für Industrie 4.0:** Steuerung SIGMA CONTROL 2
- **Innovativ:** i.HOC-Rotationstrockner (Option) für Drucktaupunkte bis zu -30 °C
- **Wasserkühlung:** Optionale Wärmetauscher für besonders niedrige Druckluftaustrittstemperaturen
- **Energiesparend:** Wärmerückgewinnung für Warmwasser bis zu 90 °C

Bei einem ungeplanten Druckluftengpass hat KAESER mit **CONTAIN-AIR** eine anschlussfertige **Komplettlösung** parat – ganz egal, ob bei einem Kompressoraustritt, zur Überbrückung von Wartungs- und Reparaturzeiten oder temporär höherem Druckluftbedarf.



OILFREE.AIR

www.kaeser.com



Grünes Kerosin

Neue Katalysatoren für nachhaltige Flugzeugtreibstoffe



Dr. Dirk Schär,
Sasol Germany

Grüner Wasserstoff ist ein bedeutender Baustein in der Dekarbonisierung insbesondere des Luftfahrtsektors. Sieben deutsche und südafrikanische Partner planen nun, gemeinsam an der Weiterentwicklung von Fischer-Tropsch-Katalysatoren für die effiziente und nachhaltige Produktion von nachhaltigen Flugzeugtreibstoffen zu arbeiten. Das Vorhaben Care-O-Sene (Catalyst Research for Sustainable Kerosene) ist auf drei Jahre angelegt und hat die massentaugliche Kommerzialisierung nachhaltiger Kerosinprodukte ab 2025 zum Ziel.

Globale Klimaschutzbemühungen und regulatorische Vorgaben – unter anderem vorgegebene Beimischungsquoten der EU – treiben die Nachfrage nach nachhaltigem Kerosin. Hier soll Care-O-Sene einen entscheidenden Beitrag in der Entwicklung nachhaltiger Flugtreibstoffe (Sustainable Aviation Fuels, SAF) leisten. Zu den Partnern des Vorhabens gehören Sasol South Africa und Sasol Germany, das Helmholtz-Zentrum Berlin, das Fraunhofer IKTS, das Karlsruher Institut für Technologie (KIT), das Department of Chemical Engineering der University of Cape Town und Ineratec.

Knappe Güter optimal nutzen

Mit allein 2,14 Mio. t CO₂-Ausstoß für innerdeutsche Flüge (2019) ist der Flugsektor einer der großen Treibhausgasverursacher. Gleichzeitig wird die Luftfahrt auch langfristig auf Kerosin als Energiequelle angewiesen sein. Darum kommt den Sustainable Aviation Fuels (SAF) als Alternative eine besondere Bedeutung zu: Sie gelten als zukunftsweisend für die nachhaltige und dekarbonisierte Luftfahrt. SAF kann man auf unterschiedlichen Wegen herstellen, wobei derzeit primär natürlich basierte SAF eingesetzt werden – sogenannte HEFA (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids) – die aber u.a. wegen der Konkurrenz

zur Lebensmittelproduktion in begrenztem Maße zur Verfügung stehen. Alternative synthetische SAF basieren nicht auf fossilen Brennstoffen, sondern etwa auf regenerativ erzeugtem Strom und Kohlendioxid. Dreh- und Angelpunkt der Care-O-Sene Forschung soll entsprechend sein, Katalysatoren zu entwickeln und zu optimieren, die für die Herstellung von SAF benötigt werden.

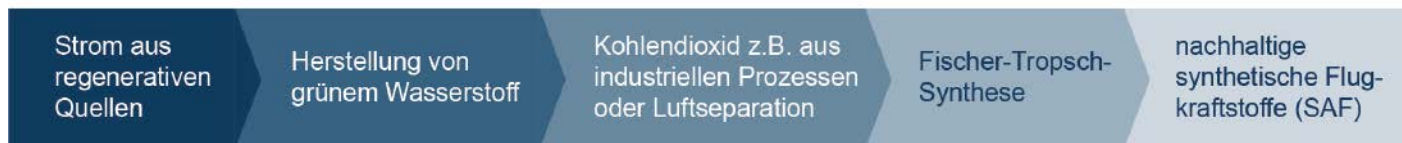
Zurzeit können synthetische SAF die weltweite Kerosinnachfrage noch nicht ausreichend decken. Gründe dafür sind etwa die Verfügbarkeit von grünem Strom und Wasserstoff, passende Marktbedingungen und entsprechende Anlagen für die Herstellung im industriellen Maßstab. Da grüner Strom und Wasserstoff absehbar verhältnismäßig knappe Güter sein werden, ist eine möglichst ertragreiche Nutzung dieser Rohstoffe unabdingbar. Care-O-Sene hat daher den Anspruch, die Prozessausbeute des Fischer-Tropsch (FT) Schrittes dank neuer Katalysatoren von 50 bis 70 % auf bis über 80 % zu erhöhen und so bei gleichem Ressourceneinsatz deutlich mehr nachhaltigen Kraftstoff zu deutlich geringeren Kosten produzieren zu können. So können trotz hohem Transportbedarf die Klimaauswirkungen der Luftfahrt maßgeblich reduziert und Klimaschutzziele eingehalten werden.

Bekannte Katalysatoren optimieren und neue Potenziale ergründen

Der Power-to-Liquids (PtL)-Ansatz, der Energie in flüssige Energieträger umwandelt, macht nachhaltige Flugzeugtreibstoffe zugänglich. Eine der dafür genutzten Technologien ist die Fischer-Tropsch-Synthese, bei der Fischer-Tropsch-Katalysatoren zum Einsatz kommen. Im ersten Schritt werden hierfür Wasser und Strom aus regenerativen Quellen verwendet, um daraus grünen Wasserstoff herzustellen. In einem weiteren Schritt erfolgt dann die FT-Synthese, die den zuvor gewonnenen grünen Wasserstoff mit Kohlenmonoxid – welches aus Kohlendioxid aus unterschiedlichen Quellen (z.B. aus industriellen (nicht vermeidbarer Kohlendioxid) oder biogenen Prozessen oder Luftseparation) gewonnen wurde – zu Kohlenwasserstoff umwandelt. Dieser dient dann als Grundlage für nachhaltige, synthetische Kraftstoffe.

Ein wichtiges Teilziel des Vorhabens liegt in der Optimierung bestehender Katalysatoren, die schon jetzt für die Produktion von SAF verwendet werden. Im Vergleich zum derzeitigen Stand der Technik, sollen die weiterentwickelten Katalysatoren erhebliche Verbesserungen bei der Kerosinausbeute zeigen. Zum einen würden SAF

Power to Liquids-Verfahren: Produktion von Sustainable Aviation Fuels (SAF)



© Sasol Germany

Neue Dünnschichtkatalysatoren sollen die Ausbeute der Fischer-Tropsch-Synthese von Kerosin erhöhen und den Bedarf an seltenen Metallen für konventionelle Katalysatoren reduzieren.

ökologisch und wirtschaftlich attraktiver werden, da dadurch die Energieausbeute des eingesetzten grünen Stroms deutlich erhöht wird, zum anderen würde die Menge des benötigten Katalysators und dadurch auch die der verwendeten Metalle – einschließlich Metalle der Seltenen Erden – reduziert werden.

Zudem wollen die Care-O-Sene-Partner an der Entwicklung von neuartigen Dünnschicht-Katalysatoren forschen. Bei einem Dünnschicht-Katalysator werden auf einem beliebig geformten Substrat katalytisch aktive Materialien in äußerst dünnen Schichten aufgetragen. Dies erlaubt das Design neuartiger, optimierter Reaktoren. Das Potenzial von Dünnschicht-Katalysatoren für die FT-Synthese ist bislang weitgehend unbekannt und unerforscht. Es ist daher auch ein Ziel von Care-O-Sene den Stand der Technik deutlich voranzutreiben.

Um diese Ziele zu erreichen, sind fünf Arbeitspakete vorgesehen:

- **Paket 1:** Im ersten Paket sollen Synthesemethoden für FT-Katalysatoren weiterentwickelt, diese Katalysatoren im Labormaßstab hergestellt und (u.a. mittels Mikroreaktorversuchen) getestet werden. Parallel ist die Forschung am Potenzial von Dünnschicht-Katalysatoren geplant. Insofern die grundlegenden Studien vielversprechend sind, können diese Katalysatoren den Stand der Technik hinsichtlich Träger-

material, Herstellungszeitraum und Energiebedarf neu definieren.

- **Paket 2:** Das zweite Paket beabsichtigt die strukturelle Charakterisierung von Katalysator-Materialien, um so die Katalysatorentwicklung und -testung in den Paketen 1 und 3 zu unterstützen.
- **Paket 3:** Das dritte Arbeitspaket zielt auf die Herstellung größerer Mengen geeigneter Katalysator-Kandidaten, wobei dabei auch erste Produktionserfahrungen gewonnen werden sollen. Mit diesem Material sollen dann Tests in größerem Maßstab (Pilotierung) durchgeführt werden.
- **Paket 4:** Im vierten Schritt ist die Wirkungsanalyse geplant. Neben einer Life-Cycle-Analyse der neuen Katalysatoren, soll hier der Fokus auf dem Verständnis des Gesamtnutzens, den der verbesserte Katalysator auf die Produktion von nachhaltigen Flugkraftstoffen haben könnte, liegen.
- **Paket 5:** Das fünfte Arbeitspaket sieht schließlich die projektinterne Abstimmung und externe Kommunikation sowie den internationalen Austausch zwischen Südafrika und Deutschland vor.

Globale Zusammenarbeit für nachhaltige Luftfahrt

Bei jedem dieser Paketschritte plant Care-O-Sene, Kompetenzen zu bündeln und verschiedene deutsche und südafrikanische Unterneh-

men und Institute an einen Tisch zu bringen, um gemeinsam daran zu arbeiten, fossile Brennstoffe in Sektoren wie der Luftfahrt vollständig zu ersetzen. Neue, langfristige, strategische Kooperationspartnerschaften sollen aufgebaut werden, die auch zukünftig eine wichtige Rolle bei der Entwicklung von Projekten im Bereich der Nutzung von grünem Wasserstoff spielen können. Deutschland ist gut positioniert, um im Rahmen von strategischen Allianzen eine führende Rolle bei der Herstellung und Verwendung von SAF und bei der Transformation der Luftfahrt einzunehmen. Durch Care-O-Sene kann dabei erstmalig im Rahmen der nationalen Wasserstoffstrategie ein weltweites Problem in einer internationalen Zusammenarbeit angegangen werden.

Der Autor

Dr. Dirk Schär,
Lead Technical Marketing Catalyst, Sasol Germany

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

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202201022>

Kontakt

Sasol Germany GmbH, Hamburg
info@de.sasol.com · www.sasolgermany.de

www.ProcessSensing.com

PST
PROCESS SENSING
TECHNOLOGIES

Michell | Dew Point Instruments

Aii | Oxygen Sensors

Rotronic | Humidity Instruments

Rotronic | Monitoring System

LDetek | Trace Impurity Analyzers

Dynamant | Gas Safety Sensors

Ntrion | Oxygen Analyzers

SST | Oxygen Sensors



MICHELL
Instruments

Analytical Industries Inc

rotronic
MEASUREMENT SOLUTIONS

LDetek

DYNAMANT
INFRARED GAS SENSORS

NTRON
Gas Measurement

SST



Die Formel der grünen Batterie

Welche Faktoren die Nachhaltigkeit innovativer Speichersysteme prägen



Dr. Jan Diekmann,
Customcells

Moderne Lithium-Ionen-Batteriezellen elektrifizieren den Alltag. Doch wie ist es um die Nachhaltigkeit der Technologie selbst bestellt? Eine grüne Batterie ist mehr als nur der Materialmix. Sie ist vielmehr das Ergebnis aus dem Zusammenspiel der verwendeten Materialien und der Effizienz zugehöriger Herstellungsprozesse. Auch ist es eine Frage von Zelldesign und -chemie, die zum jeweils spezifischen Anforderungsprofil passen müssen.

Der Anspruch an moderne Batteriezellen ist groß: Die Lithium-Ionen-Technologie ist die Kraftquelle der Energiewende. Aus zahlreichen Anwendungen ist sie schon heute nicht mehr wegzudenken. Ob auf der Straße, auf dem Wasser oder künftig auch vermehrt in der Luft – das komplexe Zusammenspiel von Kathoden, Anoden und weiteren Komponenten ermöglicht neue Formen der Mobilität. Auch in der Industrie und in der Medizin ist die Lithium-Ionen-Technologie Wegebereiter eines ökologischen Wandels.

Angesichts dessen rückt jedoch auch die Nachhaltigkeit der Batteriezelle selbst zunehmend in den Fokus. Fest steht: Die grüne Batterie ist weitaus mehr als ein intelligenter Mix aus besonders nachhaltigen Materialien. Vielmehr bedeutet Nachhaltigkeit in der Batterieentwicklung und -herstellung, dass die Zelle zu ihrem jeweiligen Anwendungsfall passen muss. Der Einsatz nachhaltiger Materialien und eine dazu effiziente Prozesstechnik sind weitere wesentli-

che Faktoren in dem Zusammenspiel, das eine grüne Batterie ausmacht.

Eine Frage des Anwendungsfalles

Dass die anwendungsspezifische Gestaltung der Batteriezellen nun so eine große Rolle spielt, wird beim Blick auf konkrete Anwendungsbeispiele verständlich. Die Batteriezelle für eine Unterwasserdrohne, also ein Autonomous Underwater Vehicle (UAV), muss tiefe Temperaturen und einen hohen Druck aushalten können. Obendrein muss sie eine möglichst hohe Energiedichte aufweisen, um den oftmals begrenzten Platzverhältnissen gerecht zu werden. Während das schnelle Aufladen im Straßen- oder Luftverkehr oft wichtig ist, spielt es hier seltener eine Rolle.

Nicht nur in der E-Mobilität gibt es individuelle Anforderungen an die Zellen, sondern auch im Bereich der sogenannten Power-Tools. Eine Batteriezelle, die nicht optimal zu ihren Anforderungen passt, schafft bspw. weniger Lade-

zyklen und strapaziert das Design. Das Ergebnis kann ein frühzeitiger Verschleiß sein, also eine verkürzte Lebensdauer. Das sollte bereits in der Entwicklung berücksichtigt werden und ist ein wichtiges Argument für den Einsatz anwendungsspezifischer Batteriezellen, da die „One Size Fits All“-Lösung dazu im Vergleich letztlich immer zulasten der Nachhaltigkeit gehen.

Der Lebensweg der verwendeten Materialien

Einen ähnlich differenzierten Blick braucht es bei den verwendeten Materialien. Auch hier ist es wichtig, bei der Frage der Nachhaltigkeit den Lebenszyklus ganzheitlich zu betrachten. Nur ein Blick auf die CO₂-Emissionen bei Gewinnung und Weiterverarbeitung der jeweiligen Materialien greift zu kurz oder führt sogar in die Irre, wenn es um die Beurteilung der Gesamt-Öko-Bilanz einer Technologie geht. Abermals hilft der Blick in die Praxis. Lithium ist bspw. in Südamerikas großen Salzseen gebunden und wird über die Verdunstung unter



Innovation braucht moderne Prozesse. Customcells designt daher nicht nur Batteriezellen, die eine elektrifizierte Zukunft ermöglichen – das Unternehmen entwickelt an den Standorten Itzehoe und Tübingen passenden, effiziente Prozesstechnologien.

Sonneneinstrahlung gewonnen. Die Alternative dazu ist der Abbau von Lithium im Erzbergbau.

Während die erste Variante im Verdacht steht, sich negativ auf die Wasserversorgung der Region auszuwirken, geht die zweite Variante mit einem deutlich höheren Energieverbrauch einher – und dadurch je nach Quelle der Energie auch mit höheren CO₂-Emissionen. Bei anderen Materialien stellt sich hingegen die Frage, wie viel Feuchtigkeit sie während der Produktion von Batteriezellen vertragen können, ohne zu degradieren, und welcher energetische Aufwand notwendig ist, um diese Feuchtigkeit aus der Fertigung zu entfernen. Schließlich sind da noch die Möglichkeiten des Recyclings und Refurbishments im Sinne einer Nachnutzung der Zelle und ihrer Materialien.

Inzwischen spielt der Einsatz recycelter Materialien aufgrund zukünftiger regulatorischer Vorgaben eine zunehmend wichtige Rolle und die Preisentwicklung bei den Rohstoffen sorgt in dem Zusammenhang für eine zusätzliche Dynamik. Der Preis für das lange Zeit essenzielle Cobalt hat sich seit 2019 verdoppelt, jener für Lithium sogar siebenfacht. Je höher die Preise steigen, desto attraktiver ist es, sich um Alternativen zu bemühen.

Mögliche Ansätze für das Recycling von Zellen und Zellmaterialien

Bereits heute sieht die EU feste Quoten für den Einsatz recycelter Materialien in Batterien vor. In Zukunft könnten diese Quoten weiter steigen. Entwickler und Hersteller nachhaltiger Batteriezellen stützen sich dabei auf den Einkauf der entsprechenden Materialien bei Zulieferern. Gleichwohl entscheidet auch das Design wesentlich, inwieweit die Materialien und Komponenten einer Batterie recyclebar sind. Der Ansatz „Design for Recycling“ gewinnt daher an Bedeutung – verbunden mit der Frage, welche Bauarten sich besonders gut recyceln lassen. Auf der Ebene



Customcells reizt die Grenzen der Zellchemie aus. Das ist u.a. durch den Einsatz modernster Technologien möglich. Dazu gehören Automatisierung oder auch im zunehmenden Maße künstliche Intelligenz (KI). Das ermöglicht es unter anderem, noch kompaktere Zellen zu entwickeln.

der Materialien wiederum stellen sich Fragen wie jene nach dem Energieverbrauch des gewählten Kathodenaktivmaterials im Recycling.

Eng verwandt mit dem Recycling einzelner Zellmaterialien und -komponenten ist die Weiterentwicklung der gesamten Zelle über die Erstanwendung hinaus. In vielen besonders kritischen Anwendungsbereichen ist bspw. ein regelmäßiger Austausch von Batterien vorgeschrieben – unabhängig von der Frage, wie weit der Leistungsverlust der verbauten Zellen bis dahin fortgeschritten ist. Solche Second-Life-Ansätze in der Entwicklung von Batteriezellen mitzudenken, kann den Lebenszyklus einer Zelle deutlich verlängern.

Digitalisierung und Nachhaltigkeit gehen Hand in Hand

Parallel mit der Zelle gilt es auch, die jeweils effizienteste Prozesstechnik und Produktionsperipherie zu entwickeln, die sich später im industriellen Einsatz skalieren lassen. In diesem Feld gibt es eine Vielzahl von Stellschrauben, die von der Versorgung mit regenerativer Energie des jeweiligen Produktionsstandortes bis hin zur konkreten Prozessführung reichen. Materialien mit hohem Nickelanteil sind bspw. sehr feuchtigkeitsempfindlich, weshalb die Produktion unter trockenen Bedingungen stattfinden muss. Das gelingt unter anderem durch einen möglichst hohen Grad an Automatisierung. Sind weniger Beschäftigte aktiv an der Herstellung beteiligt, senkt das die Feuchtigkeit im Produktionsprozess und damit den notwendigen Einsatz von Energie für den Betrieb der Trockenräume. Bereits in der Entwicklung der Zelle sind solche Aspekte zu berücksichtigen, da sie durch die Skalierung in der späteren Produktion zu einem besonders großen Hebel für die Gesamt-Öko-Bilanz werden.

Innovative Technologien wie Process Mining in Kombination mit künstlicher Intelligenz helfen

ebenfalls dabei, die Effizienz hier fortwährend zu steigern. Indem bspw. Produktionssysteme in die Lage versetzt werden, eigenständig zu erkennen, welche Prozessparameter die besten Resultate hervorbringen, lässt sich die Qualität einer Produktion kontinuierlich verbessern. Das erhöht einerseits den Throughput und verringert andererseits den Ausschuss. Wie groß die Bedeutung der Prozessoptimierung für die Nachhaltigkeit der Batteriezellen ist, wird besonders deutlich beim Blick auf den durchschnittlichen First-Time-Yield, der bisweilen mit 15 bis 16 % beziffert wird und die Zeit bestimmt, der das Verhältnis der im ersten Produktionsdurchlauf fehlerfrei hergestellten Güter zur Gesamtmenge beschreibt.

Ohnehin ist es möglich, durch das kontinuierliche Erfassen und Auswerten von Daten entlang der gesamten Wertschöpfungskette nicht nur die Produktionsprozesse fortwährend anzupassen, sondern auch das Design und die Chemie der Zelle weiterzuentwickeln. Schließlich muss sich die Nachhaltigkeit einer Zelle immer als Teil eines Gesamtsystems beweisen. Echtzeitdaten zum aktiven Zelleinsatz sind daher unerlässlich, um das nächste Kapitel bei der Entwicklung grüner Batteriezellentechnologie aufzuschlagen.

Der Autor

Dr. Jan Diekmann, Director Technology & Operations, Customcells

Bilder © Markus Schwer/Customcells

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

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202201023>

Kontakt

CUSTOMCELLS GmbH, Itzehoe/Tübingen

Tel.: +49 4821 133 92 - 00

kontakt@customcells.de · www.customcells.de



Multiphysikalische Batteriesimulation

Von der Makro- bis zur Mikroskala



Ed Fontes,
Comsol



Henrik Ekström,
Comsol

Für die Entwicklung neuer – und die Verbesserung etablierter – Batterietechnologien bieten Modellierung und Simulation effiziente und kostengünstige Ansätze. Welcher Ansatz der Richtige ist, hängt davon ab, welcher Aspekt einer Batterie das Ziel der Analyse und Verbesserung ist.

Modellierung und Simulation (M&S), die immer mit experimentellen Untersuchungen kombiniert werden sollten, folgen einem mehrstufigen Prozess: Nach der physikbasierten Modellbildung und Validierung können letztlich Vorhersagen getroffen werden, welche sogar über den ursprünglichen Validierungsbereich hinausgehen. Modelle werden im gesamten F&E Prozesses verwendet, um virtuelle Experimente durchzuführen. Damit sind „Was-wäre-wenn“-Studien möglich, die zu einem tieferen Verständnis des untersuchten Batteriesystems führen und darüber hinaus innovative Ideen fördern. Die Modelle können für Prognosen, Design, Optimierung und Regelung von Batteriesystemen verwendet werden.

Batteriesysteme werden von unterschiedlichen Interessengruppen mit verschiedenen Zielen und Vorhaben untersucht. Bei einem Elektrofahrzeug z.B. können Aspekte wie Energiedichte, Leistungsdichte, Lebensdauer, Kosten und Nachhaltigkeit die technischen Grenzen und die damit verbundenen Ziele für alle Interessengruppen bestimmen. An Universitäten und Forschungsinstituten gibt es vermehrt Forschungsprogramme, die darauf abzielen, alle Aspekte der Batterienutzung grundlegend zu verstehen, darunter Materialforschung zu neuen elektrochemischen Reaktionen, das Design von Batteriezellen und -systemen sowie die Ökobilanzierung, einschließlich des Prozesses der Rohstoffge-

winnung, der Entsorgung und des Recyclings. Batteriehersteller untersuchen ähnliche Themen, allerdings mit einem größeren Fokus auf die Herstellbarkeit, Implementierung und Nutzung. OEM haben in der Regel einen starken Fokus auf die Einbettung von Batterien in ihr Design, aber auch auf die Ökobilanz.

Modellskalen

Je nach Interessengruppe und Vorhaben können M&S-Projekte auf unterschiedlichem Level durchgeführt werden. Dies kann die Modellierung von Prozessen auf unterschiedlichen Skalen beinhalten, von der molekularen Skala über die mikroskopische und die Zellskala bis zur Betrachtung ganzer Akkumodule.

Molekulardynamikmodelle werden von Materialwissenschaftlern, Elektrochemikern und Physikern verwendet, um neue chemische Effekte in Batterien zu erforschen und das Verhalten möglicher neuer Materialien und Reaktionen vorherzusagen, worauf in diesem Artikel nicht weiter eingegangen wird.

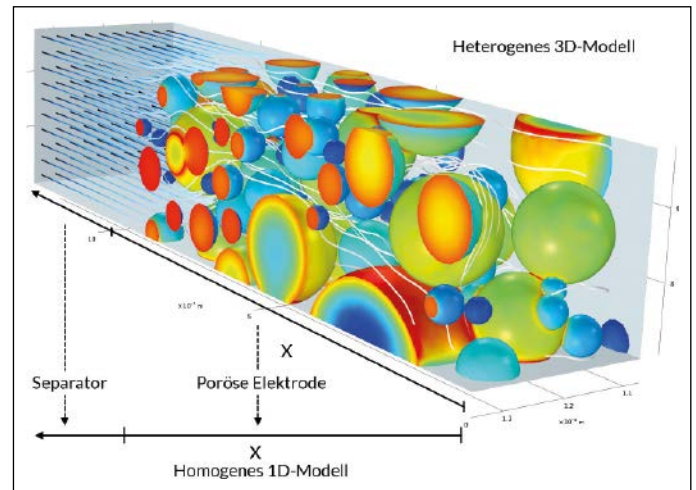
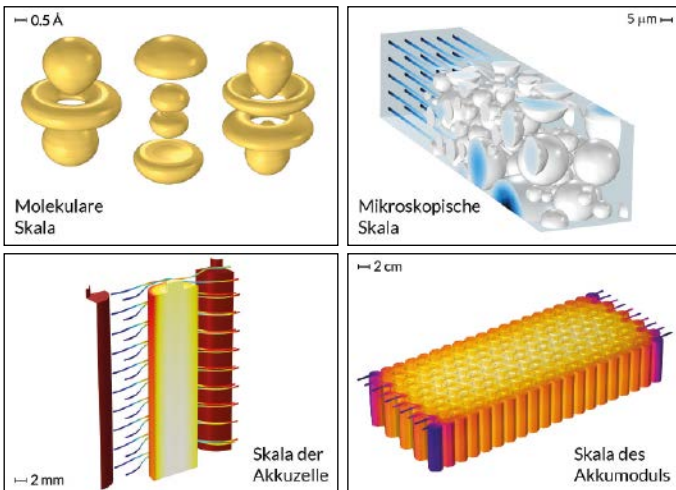
Mikroskala

Die Modellierung einer Batterie auf der mikroskopischen Skala umfasst die Chemie, die physikalischen Eigenschaften und die detaillierte Geometrie der porösen Struktur und des Porenelektrolyts. Die Eingabedaten für die mikroskopische Skala werden nicht selten durch die

molekulare Modellierung geliefert, z.B. Frequenzkonstanten, Elektrodenpotenziale, Transporteigenschaften und andere chemische und physikalische Eigenschaften von Batteriematerialien.

Modelle auf der Mikroskala müssen viele verschiedene Sachverhalte berücksichtigen, z.B. das elektrische Potenzial des elektronischen Leiters (der Elektrode), das ionische Potenzial des Porenelektrolyten sowie des freien Elektrolyten, die Konzentration der ionischen Spezies und der neutralen Spezies, die elektrochemischen und chemischen Reaktionen, die Temperaturverteilung und die mechanischen Verschiebungen aufgrund von thermischer Ausdehnung oder Ausdehnung durch den Transport chemischer Spezies. Mit anderen Worten: An einer genauen Beschreibung eines Batteriematerials sind mehrere physikalische Phänomene beteiligt.

Wesentliche Ergebnisse von Modellierungsprojekten sind Aussagen zu Mechanismen, welche die Leistung und Lebensdauer von Batterien bedingen. Dazu zählen quantitative Vorhersagen zu absoluten Leistungsgrenzen (Energiedichte und Leistungsdichte), zum Einfluss von Material- und Konstruktionsparametern, zur räumlichen und zeitlichen Verteilung von elektrochemischen Reaktionen und Temperaturen sowie zu Risiken für Kurzschlüsse, Ermüdung, vorzeitiges Versagen und die Bildung schädlicher Nebenprodukte. Des Weiteren erlauben Modelle die Bewertung des Gesundheitszustandes einer



Die Modellskalen reichen von Ångström (1e-10 m) bis zur Modulskala (1 m). Hier werden die Größenordnungen beispielhaft mit einer zylindrischen Li-Ionen-Zelle und einem Akkupack aus zylindrischen Zellen dargestellt.

Heterogenes Elektrodenmodell, gewonnen das aus Dünnschliffen einer Lithium-Ionen-Batterieelektrode gewonnen wird. Das heterogene Modell kann anschließend verwendet werden, um Effektivparameter zu berechnen, welche dann in einem homogenisierten 1D-Newman-Modell verwendet werden.

Batterie („state-of-health“, SOH). Leistungsabfall und Ausfall zeigen sich fast immer zuerst an Phänomenen auf der mikroskopischen Skala – lange bevor sich der SOH in der Gesamtleistung einer Zelle bemerkbar macht.

Batteriezellenskala mit Theorie poröser Elektroden

Nach der mikroskopischen Skala erfolgt die Untersuchung auf der Batteriezellenskala. Die porösen Elektroden werden dann als homogenisierte Platten beschrieben, wobei der Porenelektrolyt und die Elektrodenmaterialien im gleichen Punkt im Raum im Modell definiert sind. Die Struktur der Elektrode wird in dem Fall durch Effektivparameter wie Volumenanteil des Poren-

elektrolyts, Volumenanteil der Elektrode und Tortuosität beschrieben. Modelle dieser Art nutzen die sogenannte poröse Elektrodentheorie, die von Newman et.al. entwickelt wurde. Sie bildet die Grundlage für Batteriemodelle auf einer Skala knapp oberhalb der Mikroskala.

In diesem Maßstab untersucht man ähnliche Aspekte wie im Mikromaßstab, allerdings für eine oder mehrere Batteriezellen. Die Modelle liefern Informationen über den Einfluss verschiedener Materialien und Chemikalien auf die Leistung und Lebensdauer, die Porosität und spezifische Oberfläche der Elektroden und Materialien, die Dimensionen der Stromkollektoren, Elektroden und des Separators, die mechanischen Belastungen der Batteriezelle durch die

Geometrie und die Ausdehnung während des Entladens und Aufladens, die Auswirkungen des Wärmemanagementsystems und andere Einflussgrößen.

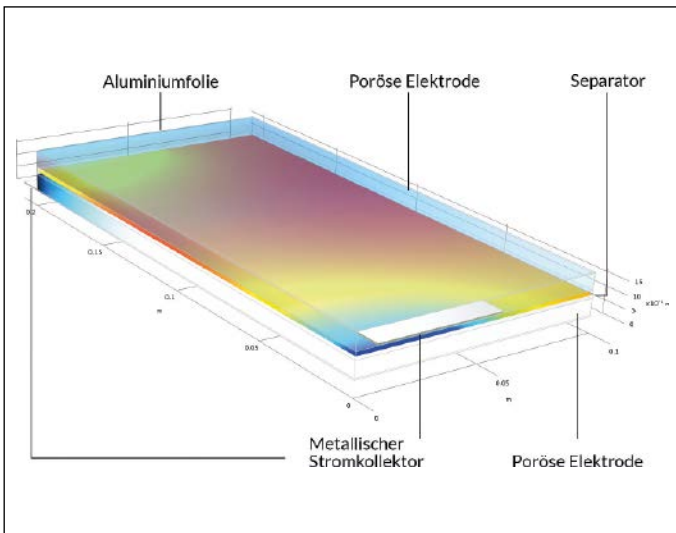
Das Ergebnis von M&S in diesem Maßstab sind quantitative Angaben über Leistung, Leistungsgrenzen und Lebensdauer. Diese lassen sich aus unterschiedlichen Ergebnisgrößen ableiten, wie Strom- und Potenzialverteilung, Temperaturverteilung, Metallabscheidung und Kurzschluss, Ermüdung und Rissbildung in den Elektroden aufgrund von Ausdehnung beim Laden und Entladen sowie Bildung von Nebenprodukten und Auftreten von Nebenreaktionen, die die Lebensdauer verringern. Merkmale und Eigenschaften sowie quantitativen Vorhersagen

LUM

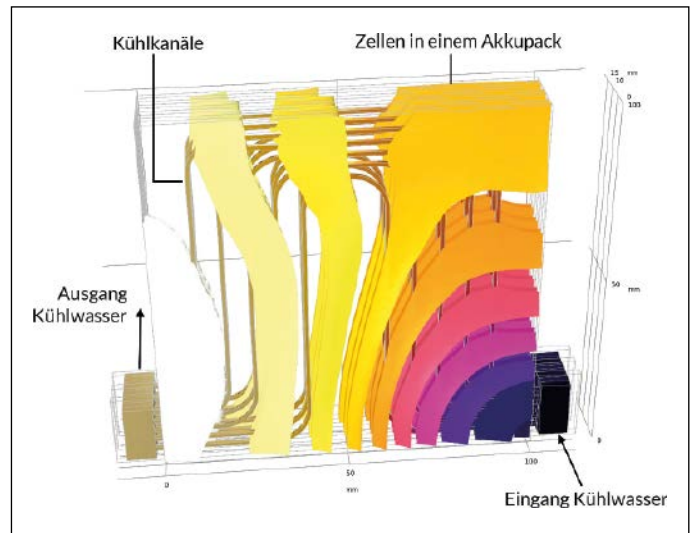
Treffen Sie LUM @ SEPAWA 2022
 >>> Stand D623 <<<

Beschleunigen Sie die Entwicklung Ihrer Kosmetik- & HPC-Formulierungen, reduzieren Sie Zeit & Kosten in der Stabilitätstestung & verstehen Sie umfassend die Partikeleigenschaften von Rohstoffen

www.lum-gmbh.de



Typisches High-Fidelity-Modell im Maßstab der Batteriezelle: Dargestellt ist die Stromdichteverteilung in der Mitte des Separators, ermittelt mit einem 3D-Newman-Modell einer Lithium-Ionen-Batterie-Pouch-Zelle.



Schnitt durch einen Akkupack, bestehend aus Lithium-Ionen-Planarzellen mit eingearbeiteten Kühlkanälen.

dieser Modelle können anhand der detaillierten mikroskopischen Modelle weiter validiert werden. Die Batteriezellenmodelle können mit den detaillierten mikroskopischen Eigenschaften der Batterie gekoppelt werden.

Modulskala

Akkumodule oder Akkupacks können aus Dutzenden bis Hunderten von Batteriezellen bestehen. Aktuell ist es noch nicht möglich, jede Batteriezelle mit der Theorie der porösen Elektroden in 3D zu modellieren. Stattdessen werden vereinfachte 0D- und 1D-Modelle für das elektrochemische Verhalten der einzelnen Zellen verwendet, welche an detaillierten Zellenmodellen validiert wurden und auf diese zurück gekoppelt werden können. Typische Ergebnisse solcher Modelle sind die räumlichen und zeitlichen Verteilungen von Temperatur, Stromdichte und Potenzial zwischen den einzelnen Zellen, deren Auswirkungen auf Ladung und Entladung, die mechanische Ausdehnung der verschiedenen Zellen sowie die Integrität des Moduls.

Darüber hinaus kann das Wärmemanagementsystem mit Kühl- und Heizkanälen in der Zelle, sowie konstruktive Details des externen Stromleitungssystems simuliert werden. Dies erlaubt schließlich das Design von Frühwarnsystemen, die den Ausfall von Batteriezellen und das thermische Durchgehen in einem Batteriesystem anzeigen können.

Fazit

Der Grad der Komplexität eines Batteriesystems hängt von dem Zweck des Batteriesystems selbst ab. Mikroskopische Modelle sind sehr anspruchsvoll und zielen auf ein detailliertes Verständnis des Herzstücks der Batterie ab. Ein Modell, das für die Steuerung eines Akkupacks als Teil eines Elektrofahrzeugantriebsstrangs verwendet wird, kann und darf nicht denselben Grad an Komplexität aufweisen. Stattdessen kann es sich um vereinfachte Modelle handeln, die die Physik des Batteriesystems nur näherungsweise beschreiben.

Multiphysikalische Modellierung und Simulation bieten eine geschlossene Kette zur qualitativen und quantitativen Validierung eines Batteriesystems von seinen Eigenschaften auf der Makroskala bis zum Herzstück der Batterie auf der Mikroskala.

Die Autoren

Ed Fontes, CTO, Comsol
Henrik Ekström,
 Technology Manager Electrochemistry, Comsol

Bilder © Comsol

Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:
<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202201024>

Kontakt
Comsol Multiphysics GmbH, Göttingen
 Tel.: +49 551 99721 - 0
 info@comsol.de · www.comsol.de

Filterkerzen mit Recyclinganteil

Wolftechnik bietet eine neue Tiefenfilterkerze zur Abtrennung von Feststoffen aus Flüssigkeiten vor. Das Besondere ist ihr Recyclinganteil von 20%. Trotzdem weist die WFMBR-Melt-Blow-Kerze identische technische Spezifikationen wie das Vorgängermodell auf. Die Filterkerze mit vier Filterstufen aus Polypropylen (PP) sichert durch ihren inneren Aufbau lange Standzeiten, eine hohe Schmutzaufnahmekapazität und einen geringen Differenzdruck. Der WTSRF-EHEDG, ein für den Chargenbetrieb in Pharma, Biotec und Lebensmittelindustrie ausgelegter selbstreinigender Filter im Hygienic Design, wurde jüngst mit einem neuen Magnetrührwerk ausgestattet,



das den bisherigen Elektroantrieb ersetzt, und ist nun Ex-Schutz geeignet. Spülen genügt bei diesem nach den Richtlinien der European Hygienic Engineering and Design Group (EHEDG) konstruierten Filter, die Bauteile müssen nicht zerlegt werden, um Produkte

in gleichbleibender Qualität und angemessener Haltbarkeit herzustellen. Kombiniert mit der Smarten Filterbox des Herstellers entsteht eine digital vernetzte „Filtration 4.0“. Die Box eignet sich auch für Bestandsanlagen mit den unterschiedlichsten Filtersystemen.

Kontakt
Wolftechnik Filtersysteme GmbH & Co. KG, Weil der Stadt
 Tel.: +49 7033 7014 - 26
 info@wolftechnik.de · www.wolftechnik.de

Den CO₂-Fußabdruck bilanzieren

Um den CO₂-Fußabdruck einer Produktionsstätte oder Anlage reduzieren zu können, müssen Einsparpotenziale bei den CO₂-Emissionen ermittelt werden. Dafür ist es notwendig, verantwortliche Prozesse zu identifizieren und zu analysieren. Envirochemie bietet Unternehmen die Erstellung der individuellen CO₂-Bilanzierung der wasserrechtlichen Anlagen an. Zu untersuchende Anlagenbestandteile oder Prozesse werden ausgewählt, die entsprechenden Daten recherchiert und ausgewertet. Auf dieser Basis werden die individuelle CO₂-Bilanz und Optimierungspotenziale ermittelt. Dabei werden technologische Alternativen, wie bspw. eine Wasserwiederverwendung oder das Wasserrecycling bewertet, die außerdem den Wasserfußabdruck senken, Alternativen zur

Schlamm Entsorgung aufgezeigt und Optionen zur Betriebskostensenkung identifiziert. Auch bei der Umsetzung der Optimierungspotenziale bietet der Systemanbieter für Wassertechnik seine Expertise an. Neben der Verfahrensauswahl hat auch der Betrieb der Anlage einen wesentlichen Einfluss auf den CO₂-Fußabdruck. Im Rahmen einer Betriebsführung kann die Leistung der Anlage bezüglich Effizienz, Energie, Verfügbarkeit deutlich verbessert werden.

Kontakt

EnviroChemie GmbH, Rossdorf
Tel.: +49 6154 6998-0
info@envirochemie.com
www.envirochemie.com

Kompensatoren für H₂-Anwendungen

Überall, wo in der Prozesstechnik, in Chemie- und Petrochemie, Stahl- und Aluminiumwerken Wasserstoff genutzt wird, kommt es auf eine besonders hohe Dichtheit der Anlagenteile an. Dichtungsspezialist Frenzelit bietet speziell entwickelte Gewebekompensatoren an, die Schutzgasatmosphären mit beigemengtem Wasserstoff sicher abdichten. Bei einem Wasserstoffanteil über 15 % stehen z.B. zur Abdichtung einer Stickstoff-Wasserstoff-Schutzgasatmosphäre Doppelkompensatoren zur Verfügung, die aus einem inneren Metall- oder Gewebekompensator und einem äußeren Gewe-



bekompensator bestehen. Der Innenkompensator schirmt den H₂-Anteil ab. Zwischen den Kompensatoren herrscht ein leichter Überdruck, um Sauerstoff aus dem System herauszuhalten. Der Innenraum zwischen den zwei Kompensatoren wird mit Stickstoff gespült. Sollte durch eine Leckage Stickstoff

Wasserstoff effizient verdichten

Bereits heute kommt Wasserstoff in vielen industriellen Prozessen zum Einsatz – Tendenz steigend. Als kleinstes und leichtestes Molekül weist gasförmiger Wasserstoff eine besonders niedrige Energiedichte pro Volumeneinheit auf und nimmt damit besonders viel Volumen ein. Für die Verdichtung haben sich nach dem Verdrängungsprinzip arbeitende Schraubenkompressoren bereits bewährt. Aerzen bietet Verdichtungs-Lösungen für die Wasserstoffwirtschaft an. Dazu zählt ein neuer ölfreier Schraubenverdichter, der Wasserstoff besonders effizient und wirtschaftlich verdichtet und wenig Raum beansprucht. Weitere Produktneheiten stammen aus den Bereichen der Prozessgasverdichtung und Prozessluftherzeugung der Chemie- und Verfahrenstechnik. Neben besonderen



ATEX-Ausführungen runden die neuen IoT-Dienstleistungen zur Effizienzoptimierung, zum Life Monitoring oder Predictive Maintenance das Angebot ab.

Kontakt

Aerzen Maschinenfabrik GmbH, Aerzen
Tel.: +49 05154/81 - 0
info@aerzen.com · www.aerzen.com

setzt, die Bleche in ein Zinkbad befördert und gleichzeitig einen Austritt der Schutzgasatmosphäre verhindert. Snout Bellows sind komplexe Gewebekompensatoren, die aus bis zu zwölf Gewebelagen bestehen, unter anderem Isolier- und Dichtlagen. Spezielle Fügeverfahren sorgen für die nötige Dichtheit der Kompensatoren.

Kontakt

Frenzelit GmbH, Bad Berneck
Tel.: +49 9273 72 - 275
stefan.puchtlter@frenzelit.com
www.frenzelit.com

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





Der Standort Insheim nutzt Geothermie zur Lithiumgewinnung.

Ein klimafreundlicher Batterierohstoff

Nutzung geothermischer Energie für die Lithiumgewinnung

Das deutsche Unternehmen Vulcan Energie Ressourcen verbindet im Oberrheingraben die Erschließung geothermischer Energie mit einer direkten Lithiumextraktion. Das Ergebnis: klimaneutrale Wärme und Kälte für die Region und CO₂-freies Lithium für die deutsche und europäische Batterieindustrie.

Das Verfahren, das Vulcan anwenden wird, ist bekannt und erprobt. Die Umsetzung im industriellen Maßstab allerdings eine Innovation. Im Interview mit Vulcan-Geschäftsführer, Dr. Horst Kreuter und mit Dr. Thomas Aicher, Chief Chemical Engineer, hat CITplus über die Pläne gesprochen.

CITplus: Herr Dr. Kreuter, die von Ihnen genutzte Technologie der direkten Lithiumextraktion wird in der Mining-Industrie bereits seit Jahren erfolgreich eingesetzt. Die Kombination mit geothermischer Energie ist jedoch eine Innovation und das Reservoir im Oberrheingraben ist eine Hoffnung für die europäische Batterieindustrie. Welches Potenzial schlummert hier?

Dr. Horst Kreuter: Die Potenziale sind umfassend und weitreichend. Richten wir den Blick auf die Mengen an Lithium, die gefördert werden können: Insgesamt lässt sich davon ausgehen, dass das im Thermalwasser gelöste Lithium ein theoretisches Produktionspotenzial für mehrere hundert Millionen Elektromobile besitzt. Allein Vulcan plant ab 2025 jährlich 40.000 Tonnen Lithiumhydroxid zu fördern, eine Menge, die für eine Million E-Fahrzeuge jährlich ausreicht. Betrachten



Dr. Horst Kreuter,
Geschäftsführer, Vulcan



Dr. Thomas Aicher,
Chief Chemical Engineer, Vulcan



Das produzierte Lithiumhydroxid hat eine hohe Reinheit und erfüllt sämtliche Marktkriterien.

wir das Potenzial, das man durch den Einsatz von Tiefengeothermie heben kann, sprechen wir hier von rund einem Viertel des deutschen Wärmebedarfs. In Zeiten einer Energiekrise, ausbleibenden Gaslieferungen und der Notwendigkeit, den Anteil der Erneuerbaren im Strom- und Wärmesektor massiv zu erhöhen, sind dies Potenziale, die nicht vernachlässigt werden dürfen.

Vor dem Hintergrund manifestierter Rohstoffabhängigkeiten, der wachsenden Batterieindustrie und ihrer Bedeutung für die Wirtschaftsstandorte Deutschland und Europa: Welchen Beitrag kann klimaneutrales Lithium aus Deutschland leisten?

H. Kreuter: Die politische Positionierung gegenüber einer fossil-freien Mobilität und die damit verbundenen Zulassungszahlen von Elektroautos haben unmittelbar zu einer gesteigerten Nachfrage nach Lithium geführt. Die umweltschädlichen Aspekte der Abbaumethoden in Südamerika, Australien und China wurden durch die gesteigerte Nachfrage noch verstärkt. Die Unterbrechung internationaler Lieferketten durch die Coronapandemie hat zudem verdeutlicht, dass die deutsche und europäische Automobilindustrie vom Import von Lithium abhängig ist. Diese Importabhängigkeit von heutigen Lithium-Förderländern und die Marktmacht verschiedenster Unternehmen, sowie eine steigende Relevanz des europäischen Batteriemarktes machen es unerlässlich, dass Europa auf eine kurze Liefer- und Wertschöpfungskette setzt. Durch die Gewinnung von klimaneutralem Lithium, in einer der Schlüsselregionen der deutschen Automobilindustrie, können die Abhängigkeit von internationalen Lieferketten und die Emissionen der Produktion verringert werden.



Der schnellste Weg zur perfekten Elektrodenmischung

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

[eirich.de](https://www.eirich.de)





Am Ende des Prozesses wird das Thermalwasser wieder in den Untergrund zurückgeführt, der Einsatz von Chemikalien im Extraktionsprozess ist ausgeschlossen.

Herr Dr. Aicher, welchen Prozess muss das Thermalwasser durchlaufen, um das gelöste Lithium letztlich als greifbares und hochqualitatives Material für die Batterieindustrie nutzen zu können?

Dr. Thoams Aicher: Kurz und knapp gesagt: Die Thermalwässer des Oberrheingrabens weisen eine hohe Lithiumkonzentration auf. Über einen physikalischen Sorptionsprozess wird Lithiumchlorid an der Oberfläche des Sorbens angelagert und dann in einem zweiten Schritt mit klarem Wasser desorbiert. Im Detail ist das etwas komplizierter: Nachdem wir die Wärmeenergie des Thermalwassers für die Energieproduktion im Geothermiekraftwerk genutzt haben, fließt das „abgekühlte“ Thermalwasser mit Temperaturen zwischen 60 °C bis 90 °C in die nachgeschaltete direkte Lithiumextraktion. Nachdem wir das Thermalwasser auf Umgebungsdruck entspannt haben, beginnt der eigentliche Extraktionsprozess. Hierfür leiten wir das Thermalwasser durch eine Festbettschüttung des Sorbens, bestehend aus Partikeln mit einer Größe im Bereich von einem halben Millimeter. Bei diesem Prozess wird das gelöste Lithiumchlorid am Sorptionsmaterial gebunden. Ist das Sorptionsmaterial gesättigt, spülen wir es mit Wasser. Das Endprodukt ist eine Lithiumchlorid-Lösung, die anschließend in weiteren Prozessschritten gereinigt und für den Transport aufkonzentriert wird. Am Standort in Frankfurt Höchst wird unsere hochkonzentrierte Lithiumchlorid-Lösung mittels Chlor-Alkali-Elektrolyse in Lithiumhydroxid umgewandelt und in einem letzten Schritt eingedampft und getrocknet.

Der Begriff „direkte Lithiumextraktion“, der in der Literatur häufig verwendet wird, umfasst viele verschiedene Extraktionsverfahren –

darunter die Flüssig-Extraktionen, elektrochemische Methoden, Membrantechnologien und die von Ihnen genutzten anorganischen Sorbentia. Welche Extraktionsmethode ist aus Ihrer Sicht am sinnvollsten?

T.Aicher: Jedes der von Ihnen angesprochenen Verfahren hat seine Vor- und Nachteile. Die einen nutzen große Mengen an Chemikalien, die anderen benötigen viel Frischwasser, wiederum andere sind für eine Hochskalierung des Prozesses weniger geeignet.

Da wir mit Thermalwasser arbeiten, das am Ende des Prozesses wieder in den Untergrund zurückgeführt wird, schließen wir den Einsatz von Chemikalien im Extraktionsprozess aus. Sicherlich ist auch der Einsatz elektrochemischer Methoden sinnvoll, allerdings besitzen all diese Verfahren noch nicht die technische Reife, die erforderlich ist, damit wir in wenigen Jahren im industriellen Maßstab Lithium produzieren können.

Die von uns verwendete direkte Lithiumgewinnung mittels Sorption zählt zu den am meisten erforschten Methoden und wird bereits seit über zwei Jahrzehnten im industriellen Maßstab in Südamerika eingesetzt.

Sind die gegenläufigen Schlüsselparameter „Extraktionseffizienz“ und „übertägige Fluidverweilzeit“ optimierbar und können Sie dieses Design in den Anlagenprozess der geplanten Demonstrationsanlage integrieren?

T.Aicher: Wir haben in den letzten eineinhalb Jahren unterschiedliche Sorptionsmittel in unserer Pilotanlage über Tausende von Beladungs- und Regenerationszyklen mit Thermalwasser bestens erforscht. Hier haben wir ausgesprochen gute Ergebnisse erzielt, mit Extraktionseffizienzen von über 95 % bei Fluidverweilzeiten von

unter einer halben Stunde. Das bislang produzierte Lithiumhydroxid hat eine hohe Reinheit und erfüllt sämtliche Marktkriterien. Insgesamt haben wir mit den Ergebnissen unserer Pilotanlage enorme Fortschritte erzielt und lassen die Ergebnisse unmittelbar in das Design der Demonstrationsanlage einfließen.

Wie beurteilen Sie das Potenzial zum Hochskalieren aller Anlagenkomponenten für das Design der industriellen Anlagen?

T.Aicher: Die Hochskalierung in den industriellen Maßstab war eine der grundlegenden Aufgaben bei der Anlagenplanung, um die Wirtschaftlichkeit unseres Projekts einzuschätzen. Unsere Pilotanlage läuft nun seit über eineinhalb Jahren Tag und Nacht und liefert dadurch wertvolle Daten zur verfahrenstechnischen Auslegung unserer industriellen Anlage. Diese Daten bilden eine solide Grundlage für die Hochskalierung der einzelnen Anlagenkomponenten. Darüber hinaus haben wir durch den Dauerbetrieb unserer Pilotanlage auch viel zum Langzeitverhalten des Prozesses gelernt.

Das Interview führte Dr. Etwina Gandert, Chefredakteurin CITplus.

Bilder © Vulcan

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

■ <https://dx.doi.org/10.1002/citp.202201026>

Kontakt

Vulcan Energie Ressourcen GmbH, Karlsruhe

Tel.: +49 721 4807 02 00

kontakt@v-er.eu · www.v-er.eu

Venturi für kleinste Massendurchflüsse

Die neuen Kompakt-Venturis von Systec Controls mit multivariablen Messumformer zur Massendurchflussberechnung sind insbesondere zur Messung komprimierter Gase wie Druckluft und zur Brennstoff-Luftregelung konzipiert. Die Modelle mit Öffnungsdurchmessern von 14 x 8 x 14 mm, 14 x 6 x 14 mm bzw. 14 x 4 x 14 mm erweitern den Messbereich der bisherigen Venturi-Baureihe nach unten. So lassen sich z.B. atmosphärische Erdgas/Luft-Messungen zur Regelung von Verbrennungsprozessen bereits ab 0,3 kg/h realisieren. Ein zweites Beispiel ist die Messung von Druckluft bei 8 bar bereits ab 1,5 kg/h. Alle Modelle sind mit einem Display zur Anzeige von Volumenstrom, Massenstrom, absoluter Temperatur und Druck ausgestattet. Die größte Einschraub-Venturi deckt Messbereiche bis über 900 kg/h ab und hat ein Anschlussgewinde R1 1/2 Zoll. Für noch größere Leitungen und Messbereiche kommt die Delta-flowC Einstecksonde zum Einsatz. Damit stehen Messsysteme bei prak-



tisch unbegrenzten Nennweiten und Messbereichen zur Verfügung. Diese Venturi misst nicht nur den Durchfluss, sondern auch den Prozessdruck und die Temperatur. Damit ist eine Druck-/Temperatur-Kompensation integriert und der korrekte Massendurchfluss unterschiedlichster Gase wird fortwährend berechnet.

Kontakt
systec Controls Mess- und Regeltechnik GmbH, Puchheim
 Tel.: +49 89 809 06 - 0
 info@systec-controls.de
 www.systec-controls.de

Gleitringdichtung mit Statusüberwachung

Dünnschichtverdampfer, Kurzwegverdampfer und Dünnschichttrockner sind rotierende Maschinen, die in der thermischen Trennung vielfach eingesetzt werden. Typische Anwendungen sind unter anderem die Rückgewinnung von Katalysatoren, die Anreicherung von Omega-3-Fettsäuren, die Trocknung von Klärschlamm und die Verdampfung von Monomeren aus Polymeren bis hin zu sehr niedrigen Konzentrationen. Ein Rotor verteilt das Ausgangsprodukt auf die Innenfläche der beheizten Wand – als dünnen Film, aus dem die flüchtigen Stoffe teilweise verdampfen. Das Speisematerial wird getrocknet oder thermisch getrennt. Die Apparate werden häufig unter Vakuum betrieben, um die Verdampfungstemperatur zu senken. Um den Lufteintritt aus der Umgebung zu minimieren, muss die Antriebswelle mit einer Gleitringdichtung abgedichtet werden. Deren Dichtheit ist einer der kritischen Faktoren für die Aufrechterhaltung des Vakuums und des gesamten Prozesses. Deshalb entwickelten Buss-SMS-Canzler, ein führendes Unternehmen in der Dünnschichttechnologie, Metax Kupplungs- und Dichtungstechnik, ein Konstrukteur und Hersteller von Gleitringdichtungen, und BestSens, ein Spezialist mit eigener Sensortechnologie, gemeinsam



eine Gleitringdichtung mit integrierter Statusüberwachung. Die Überwachung liefert Daten über den Betrieb der Gleitringdichtung, die als Grundlage für eine zielgerichtete Instandhaltung dienen. Auf Basis der Statusüberwachung lässt sich zudem ein einfaches Warnsystem einrichten und die Statusinformationen können z.B. an ein Mobiltelefon übermittelt werden. All diese Funktionen machen Betrieb der Gleitringdichtung sicherer und minimieren die Ausfallzeiten eines SMS-Dünnschichtverdampfers. Bestehende Anlagen können mit der neuen Technologie nachgerüstet werden, um eine kontinuierliche Produktivität zu gewährleisten.

Kontakt
Buss-SMS-Canzler GmbH, Butzbach
 Tel.: +49 6033 85 - 0
 info@sms-vt.com · www.sms-vt.com

Peristaltisch Dosieren. OHNE Schlauch. Längere Lebensdauer.

Qdos® Conveying Wave Technology™

Chemikaliendosierung neu gedacht – mit dem Plus an Lebensdauer

Alle Vorteile der peristaltischen Förderung, jedoch mit 3-mal längerer Betriebslebensdauer

info.de@wmfts.com | +49 2183 4204 0

wmfts.com

Die Wasserstofffarbpalette

Grüner Wasserstoff als Schlüssel für eine erfolgreiche Energiewende

Er ist das kleinste und leichteste chemische Element, aber einer der größten Hoffnungsträger auf dem Weg in Richtung Klimaneutralität: Wasserstoff (H_2). Welche Hindernisse stehen einer Wasserstoffwirtschaft im Wege? Und was bedeuten die vielen Farben – von grün über blau bis türkis?

Wasserstoff hat eine Menge Vorzüge: Er kann sowohl als Energieträger als auch als Grundstoff verwendet werden. Er ist geruchslos und ungiftig, besitzt – auf die Masse bezogen – eine hohe Energiedichte, lässt sich gut transportieren und speichern – und bei seiner Verbrennung entsteht statt CO_2 nur Wasserdampf. All das macht ihn zum Hoffnungsträger für die klimaneutrale Transformation. Doch diesen vielen Vorteilen steht ein großer Nachteil entgegen: H_2 in Reinform kommt in der Natur kaum vor. Das bedeutet, er muss unter Energieeinsatz aus chemischen Verbindungen gewonnen werden. Die Verfahren, mit denen diese Gewinnung erfolgt, werden durch Farben gekennzeichnet.

Grün, blau, türkis, gelb, grau, violett – die Wasserstofffarbpalette und ihre Bedeutung

Grüner Wasserstoff

Über eines sind sich Wissenschaftler und -innen, Unternehmen, Politikerinnen und Politiker einig: In absehbarer Zukunft darf es im H_2 -Farbkasten nur noch eine Farbe geben: Grün. Denn grüner Wasserstoff wird mithilfe erneuerbarer Energien – und damit CO_2 -neutral – hergestellt. Künftig sollen große Elektrolyseanlagen mithilfe von erneuerbarem Strom Wasser (H_2O) in seine Bestandteile Wasserstoff (H_2) und Sauerstoff (O_2) aufspalten. Der Wasserstoff wird dann über Pipelines weitergeleitet, um Industrieanlagen oder den Mobilitätssektor (ÖPNV, Güterverkehr, Schiffs- oder Flugverkehr) mit Energie zu versorgen oder um stofflich genutzt zu werden.

Insbesondere für die Industrie birgt Wasserstoff große Potenziale. Industrieunternehmen stehen dabei aktuell vor der Herausforderung, ihre Anlagen für die Verwendung von Wasserstoff als Rohstoff oder Energieträger umzurüsten. Doch „grüner“ erneuerbarer Strom zur Erzeugung von Wasserstoff steht noch nicht in ausreichender Menge zur Verfügung. Außerdem müssen in großem Rahmen Elektrolyseanlagen gebaut werden.

Derzeit wird neben der etablierten alkalischen Elektrolyse mehr und mehr auch die PEM-Elektrolyse in den großskaligen Einsatz gebracht. Sie eignet sich besonders gut für den Betrieb mit Strom aus erneuerbaren Energie-

quellen. Im Juli 2021 ging auf dem Gelände der Shell Rheinland Raffinerie im nordrhein-westfälischen Wesseling bei Köln Europas größte PEM-Wasserstoff-Elektrolyseanlage in Betrieb. Doch von einer flächendeckenden Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff ist Deutschland noch weit entfernt. Da die Unternehmen nicht mit der Umrüstung ihrer Anlagen auf Wasserstoffeinsatz warten können, ist derzeit davon auszugehen, dass für eine gewisse Zeit Übergangstechnologien zur H_2 -Erzeugung genutzt werden müssen.

Grauer Wasserstoff

Aktuell wird ein Großteil des benötigten Wasserstoffs durch die sog. Dampfreformierung von Erdgas gewonnen. Dabei entsteht jedoch als Nebenprodukt das klimaschädliche Kohlenstoffdioxid (CO_2). Daher ist diese „graue“ Technologie im Sinne der Klimaneutralität keine zukunfts-trächtige Option.

Blauer Wasserstoff

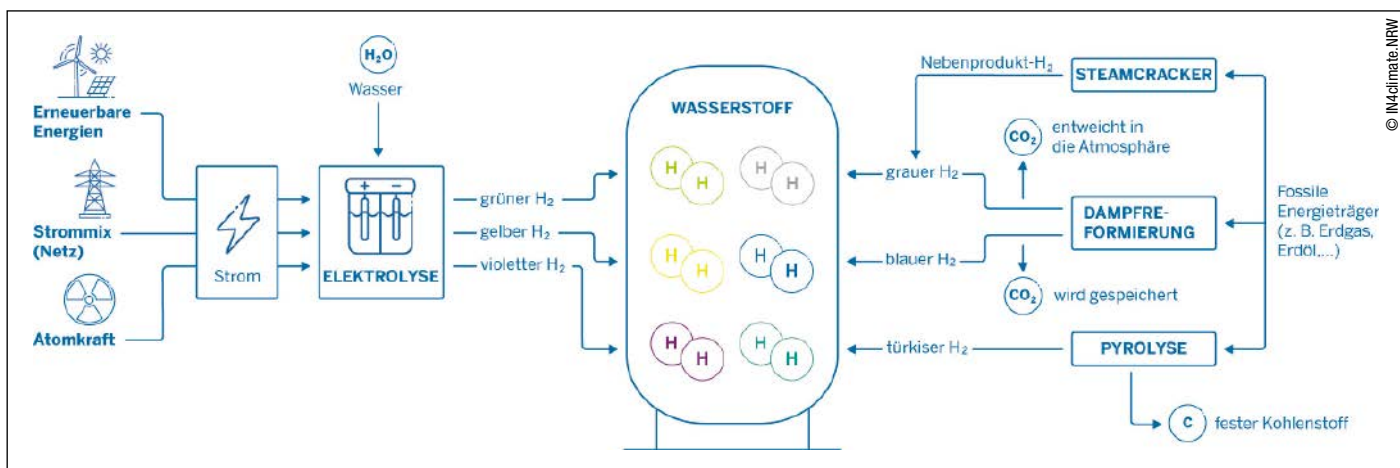
Ebenfalls auf Dampfreformierung von Erdgas beruht die Erzeugung von blauem Wasserstoff. Dabei wird jedoch das CO_2 abgeschieden und langfristig gespeichert. Dieses Verfahren nennt man „Carbon Capture and Storage“ (CCS). Alternativ dazu kann das CO_2 auch in anderen Industriezweigen als Grundstoff dienen („Carbon Capture and Utilization“ – CCU).

Türkiser Wasserstoff

Erdgas ist auch die Basis für türkisen Wasserstoff. Allerdings kommt statt der Dampfreformierung die Pyrolyse zur Anwendung. Bei diesem Verfahren wird, vereinfacht gesagt, das im Erdgas enthaltene Methan unter Abwesenheit von Sauerstoff erhitzt. Dabei entsteht statt CO_2 fester Kohlenstoff, der problemlos gespeichert oder vielfältig genutzt werden kann. Allerdings kann diese Technologie (noch) nicht großskalig umgesetzt werden.

Violetter und gelber Wasserstoff

Wie beim grünen Wasserstoff wird auch bei diesen beiden Varianten H_2 durch Wasserelektrolyse mithilfe von Strom hergestellt. Beim gelben Was-



Die Quellen und Farben des Wasserstoffs.

Wasserstoff geschieht dieses durch einen Strommix, beim violetten^[1] ausschließlich durch Atomstrom. Da Deutschland bis Ende 2022 vollständig aus der Atomverstromung aussteigt, hat dieses Verfahren für die inländische H₂-Erzeugung keine Relevanz.

Weitere Wasserstofffarben

Neben den sechs genannten kommen aktuell immer noch neue Wasserstofffarben in die Diskussion – wie brauner aus der Vergasung von Kohle oder weißer als Nebenprodukt aus Chemieanlagen. Hierzulande hat möglicherweise oranger Wasserstoff Zukunftspotenzial. Er wird aus Biomasse oder übergangsweise mit Strom aus Müllheizkraftwerken gewonnen. Die immer weiterwachsende Anzahl von Wasserstofffarben, führt jedoch auch zu einer geringeren Trennschärfe zwischen den einzelnen Bezeichnungen. Für die Beurteilung im Sinne des Klimaschutzes sollte daher immer genau betrachtet werden, ob der entsprechende Erzeugungspfad auf fossile oder erneuerbare Energien setzt, ob Treibhausgase entstehen und wie mit diesen umgegangen wird.

Speicherung und Transport von Wasserstoff

Einmal hergestellt, muss der Wasserstoff bis zu seiner Verwendung gespeichert werden. Dazu gibt es mehrere Möglichkeiten: Entweder wird er in seiner Reinform unter Druck als Gas gelagert. Alternativ dazu kann er durch Kühlung auf mindestens -253 °C verflüssigt werden. Dann hat er eine höhere Dichte und benötigt weniger Speicherraum, wodurch der höhere Energieaufwand für die Kühlung zum Teil relativiert wird. Als Speicherräume eignen sich Kavernen – natürliche oder künstlich geschaffene unterirdische Hohlräume – oder Röhrenspeicher, die jedoch deutlich kleinere Mengen fassen. Soll Wasserstoff zum breit eingesetzten Energieträger werden, müssen in absehbarer Zeit Speicherstätten mit hohen Kapazitäten geschaffen werden.

Gleiches gilt für die Transportnetze. Neben neuen H₂-Pipelines kann auch das bestehende Gasnetz, das im Zuge der verringerten Erdgasnutzung nicht mehr gebraucht wird, genutzt werden. Zusätzlich ist auch der Transport auf Schienen, Straßen oder Schiffahrtswegen möglich – unter Hochdruck, in flüssiger oder chemisch gebundener Form.

All diese Herausforderungen bei der Herstellung, der Speicherung und dem Transport zeigen, wie komplex und aufwändig die Verwendung von Wasserstoff als Energieträger ist. Daher soll Wasserstoff ausschließlich dort eingesetzt werden, wo elektrische Anwendungen an ihre Grenzen stoßen. Das bedeutet: vorrangig in industriellen Prozessen. Weiterhin kommt der Einsatz im Flug- und Schiffsverkehr sowie bei Schwerlasttransporten an Land in Frage. In der energieintensiven Grundstoffindustrie wird Klimaneutralität z.B. nicht ohne die direkte und indirekte Nutzung von Wasserstoff möglich sein.

Der Autor

Dr. Stefan Herrig, Projektmanager Industrie und Produktion, NRW.Energy4Climate

^[1] Violett ist die gebräuchlichste Farbkennzeichnung für Wasserstoff, der mit Atomstrom hergestellt wird. In manchen Quellen wird dieser auch als gelber oder roter Wasserstoff bezeichnet.

Kontakt

NRW.Energy4Climate,
Zweigniederlassung Gelsenkirchen
Sandra Norton · Tel.: +49 209 408599 - 24
sandra.norton@energy4climate.nrw
www.energy4climate.nrw

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

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202201028>

DICHTUNGSTECHNIK
PREMIUM-QUALITÄT SEIT 1867

COG SETZT ZEICHEN:
Brillante Ringe für alle Herausforderungen.

Präzisions-O-Ringe für unterschiedlichste Industriebereiche und höchste Ansprüche.

Zu einem brillanten Jubiläum gratulieren wir dem ganzen Team der CIT Plus!

www.COG.de



Die Wasserstoffparkstationen verfügen über ein integriertes Begasungssystem (gasförmigen Stickstoff oder trockene Luft). Ein Festfrieren der Betankungskupplung während der Betankung wird damit sicher verhindert.

Wasserstofffahrzeuge sicher betanken

Emissionsfreies Fahren mit Wasserstoffantrieb

Wichtige Voraussetzung für die Verkehrswende sind alternative Antriebstechniken, die auf regenerativen Energieträgern basieren. Vor allem die Elektromobilität erfährt einen deutlichen Zuwachs und mit ihr die Brennstoffzellentechnologie, für die Wasserstoff benötigt wird. Dazu braucht es auch geeignete Betankungssysteme, die sicher und einfach handhabbar sind.

Inzwischen sind verschiedene sogenannte alternative Treibstoffe verfügbar und immer mehr Hersteller entwickeln neue Antriebskonzepte. Neben Flüssiggas und Erdgas oder Elektro- und Hybridfahrzeugen sorgen insbesondere wasserstoffbasierte Technologien für mehr Nachhaltigkeit in der Mobilität. Trotz anfänglich starker Orientierung in Richtung rein batterieelektrischer Elektromobilität, stieg zuletzt gerade die Nachfrage nach Fahrzeugen mit Brennstoffzelle auf Basis der Wasserstofftechnologie. Anders als Diesel und Benziner emittieren Fuel Cell bzw. Brennstoffzellenfahrzeuge (FCEVs) lediglich reinen Wasserdampf und keine Schadstoffe. Im Vergleich zu den Absatzzahlen bei anderen Antrieben ist der Marktanteil von Wasserstofffahrzeugen derzeit noch gering. Doch 2021 erlebten die Fahrzeuge einen ersten Boom: Gegenüber dem Vorjahr stieg die Nachfrage um satte 84 %, wie Daten von JATO Dynamics deutlich machen.

Grundlagen des Wasserstoffantriebs

Üblich bei modernen FCEVs ist, dass der Wasserstoff zur Stromerzeugung in einer Brennstoffzelle verwendet wird, um eine Pufferbatterie zu speisen oder um direkt einen Elektromotor anzutreiben. Der Wirkungsgrad ist deutlich höher als bei früheren Ansätzen, den Wasserstoff einfach direkt im Ottomotor zu verbrennen. Da der Strom direkt im Fahrzeug erzeugt wird, benötigen Brennstoffzellenautos im Unterschied zu E-Autos nur eine kleine Pufferbatterie, die als Zwischenspeicher fungiert. In der Regel wird Wasserstoff in einem im Auto verbauten Druckbehälter gespeichert und kann an H₂-Tankstellen mit einem Druck von bis zu 700 bar und bei einer Medientemperatur von -40 °C binnen weniger Minuten getankt werden. Nutzfahrzeuge (Busse/Lkw) mit großen Wasserstoffspeichern verwenden hingegen in der Regel Wasserstoffsysteme mit einem Druck von nur 350 bar.

Ausbau der Infrastruktur mit H₂-Betankungssystemen notwendig

Bis dato hat Südkorea für Wasserstoffautos den größten Markt. Grund dafür ist eine schon früh begonnene, breit angelegte Nutzung dieser Technologie und insbesondere heute die dadurch entstandene, gut ausgebaute Infrastruktur an H₂-Tankstellen. Inzwischen entwickeln aber nicht nur asiatische Hersteller neue Fahrzeugmodelle mit Wasserstoffantrieb. Europäische Hersteller ziehen nach: Während Daimler und Volvo Trucks bei ihren Lkw auf den H₂-Antrieb setzen, plant BMW für 2022 den Bau von 100 Wasserstofftestfahrzeugen, die auf dem BMW X5 basieren. Und Audi, die Tochtergesellschaft des Volkswagenkonzerns, arbeitet aktuell mit über 100 Mitarbeitern an der Wasserstoffforschung.

Um die Nachfrage nach FCEVs anzukurbeln, ist nicht etwa eine größere Auswahl an Fahrzeugmodellen ausschlaggebend. Vielmehr ist es neben hohen Anschaffungspreisen vor allem die fehlende Infrastruktur, die für das verhaltene Interesse am H₂-PKW sorgt. In Deutschland sind derzeit nur 96 Wasserstofftankstellen in Betrieb. Dabei ist die Betankung mit gasförmigem Wasserstoff schnell und sicher möglich. Im Vergleich zu E-Ladestationen dauert der Tankprozess nur kurze Zeit.

Das Unternehmen Walther-Präzision bietet dazu ein modernes H₂-Betankungssystem an, das für die Betankung von Fahrzeugen geeignet ist, bei denen Wasserstoff als Energieträger genutzt wird, seien es Pkw, Lkw, Busse oder Gabelstapler. Dabei ist das Hochdruckbetankungssystem so konstruiert, dass bei geringstem Druckabfall eine sehr hohe Durchflussmenge in den Fahrzeugtank überströmt.

Das Betankungssystem setzt sich aus einer Betankungs- und Nottrennkupplung sowie einer dazu passenden Parkstation zusammen. Es ist für einen Betriebsdruck bis zu 875 bar (700-bar-Technik) oder 350 bar ausgelegt und eignet sich für die



Zum H₂-Betankungssystem gehört eine Nottrennkupplung, die, falls sich das betankte Fahrzeug ohne Abkuppeln von der Betankungsstelle entfernt, zuverlässig eine Beschädigung der Tankanlage und unkontrolliertes Austreten von H₂ verhindert. ►

Ultrakaltbetankung bei -40 °C. Die doppelte Verschlusstechnik und ein spezielles druckaktives Verriegelungssystem sorgen für ein hohes Maß an Sicherheit bei der H₂-Betankung. Das heißt, es ist sichergestellt, dass die Kupplung vor dem Öffnen des Ventils geschlossen ist und verhindert wird, dass die Betankungskupplung unter Druck entkuppelt. Die Nottrennkupplung sorgt zudem dafür, dass kein Wasserstoff austritt und Gefahren vermieden werden, wenn sich ein Fahrzeug während des Tankprozesses von der Zapfstelle entfernt. In diesem Fall wird die Notentriegelung zerstörungsfrei durchgeführt und der H₂-Fluss automatisch gestoppt. Durch einfache und sichere Wiederherstellung der Nottrennverbindung ist das Betankungssystem ohne großen Serviceaufwand schnell erneut betriebsbereit. Darüber hinaus verfügt die zur Betankungskupplung passende Parkstation über ein integriertes Begasungssystem, sodass ein Einfrieren bei mehreren Betankungen in kurzer Folge verhindert wird. Dank einer integrierten Positionsabfrage wird auch eine Fehlbedienung ausgeschlossen.

Wasserstoff-Technologie spielt eine Schlüsselrolle

Es ist bereits absehbar, dass die Nachfrage nach emissionsfreien Fahrzeugen weiter steigen wird. Die EU-Kommission verschärft die Emissionsnormen und sieht vor, dass ab 2035 nur noch emissionsfreie Fahrzeuge neu zugelassen werden, wie Kommissionspräsidentin Ursula von der Leyen im Juli 2022 erklärte. Zwingende Voraussetzung dafür ist der Ausbau eines entsprechenden Infrastrukturnetzes an H₂-Tankstellen, idealerweise mit grünem Wasserstoff. Gefordertes Ziel ist unter anderem, dass alle 150 km eine H₂-Tankstelle zur Verfügung steht. Wesentlicher Bestandteil der geplanten Mobilitätswende sind neben den Fahrzeugen selbst, demnach auch entsprechende Tankstellennetze mit sicheren Komponenten, die ein schnelles, einfaches und sicheres Betanken mit Wasserstoff ermöglichen.

Bilder © Walther Präzision

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

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202201029>

Kontakt

WALTHER-PRÄZISION GmbH, Haan

Tel.: +49 2129 567 - 0 · www.walther-precision.de



RÜHRTECHNISCHE LÖSUNGEN FÜR CHEMISCHES PLASTIK RECYCLING

- Maßgeschneiderte Reaktorkonzepte
- EKATO PARAVISC & PARASEG für anspruchsvolle Rühraufgaben
- Optimierte Rührsysteme für Up- und Downstream-Prozesse
- CFD & FEM Expertise
- Zuverlässiges Scale-up auf Produktionsgröße
- Gemeinsame Entwicklungsvereinbarungen für neue Prozesse



2022
19-26 October
Düsseldorf
Germany

BESUCHEN SIE UNS!
Halle 11
Stand A65

EKATO Rühr- und Mischtechnik GmbH

+49 (0) 7622 29-0 | info@ekato.com

www.ekato.com



Skalenübergreifende Prozessentwicklungsmethodik

**Eine Methodik zur simulationsbasierten Bewertung
von modularisierten Anlagenalternativen**

**Carina Glanemann-
Heitkämper,**
Inosim Consulting



Die zunehmende Globalisierung und die damit verbundenen immer schnelleren Änderungen am Markt stellt die chemische, biochemische und pharmazeutische Industrie vor immer größere Herausforderungen. Besonders in der Fein- und Spezialchemie ist wegen ihrer kleinen Produktionsvolumina eine schnelle Reaktion auf Marktänderungen notwendig. Hier ist deshalb der Einsatz von modularen Bausteinen, sogenannten PEAs (Process Equipment Assembly), die als besonders flexibel gelten, von Vorteil.

Damit die Flexibilität solcher Anlagen ausgenutzt werden kann, müssen auch neue Prozessentwicklungsmethoden geschaffen werden, die es den Anlagenplanern und Anlagenplanerinnen erlauben, auf Basis eines zur Verfügung stehenden PEA-Parks die beste Anlagenalternative auszuwählen^[1].

Für die effiziente Planung solcher modularisierten Anlagen wurde innerhalb des Forschungsprojektes SkaMPI (skalenübergreifende Methodik zur Planung und Entwicklung ressourceneffizienter Prozesse) des ENPRO2-Vorhabens eine Auswahlmethodik entwickelt. Diese macht es möglich, mit Hilfe der in der Industrie etablierten Prozesssimulationssoftware Inosim verschiedene Anlagenalternativen automatisiert anhand eines

multikriteriellen Bewertungssystems quantitativ zu bewerten und die Ergebnisse den Anlagenplanern und -planerinnen für die finale Entscheidung tabellarisch zur Verfügung zu stellen.

Generische Abbildung verschiedener Prozessstrukturen

Zur Umsetzung der Methodik wurde zunächst eine generische Prozessstruktur in der Simulationssoftware abgebildet. Diese wird dazu genutzt, um durch unterschiedliche Parametrisierung verschiedene Prozesse abbilden zu können. Die generische Prozessstruktur beinhaltet Platzhalter für das Prozessequipment, die sogenannten MainFEAs (Hauptfunktionseinheit der PEAs). Zusätzlich werden generische Puf-

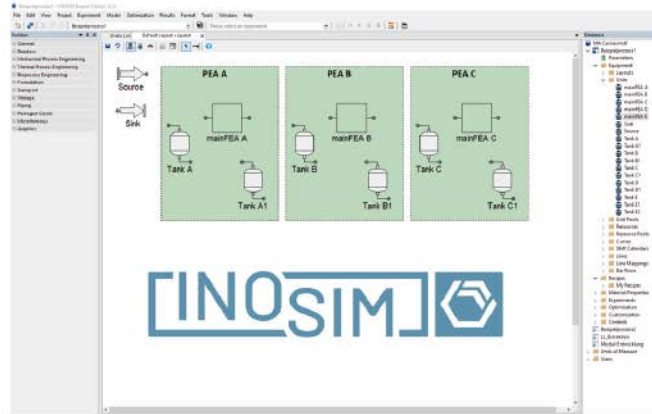
fertanks abgebildet, die zwischen die MainFEAs geschaltet werden können. Diese Struktur ist beliebig verschalt- und erweiterbar.

Parametrisierung via Excel

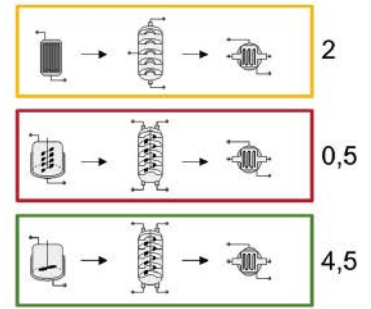
Zur Definition des Prozesses und der Anlagenalternativen wird die in Inosim integrierte Excel-Schnittstelle genutzt. Die Daten, die für die Simulation und Bewertung der Anlagenalternativen benötigt werden, kommen in dieser Methode aus drei Quellen. Das Blockfließbild gibt vor, wie die PEAs miteinander verschaltet sind und wie die Prozessströme zwischen diesen definiert sind. Diese Daten bestimmen also, wie die Platzhalter für die PEAs in der generischen Prozessstruktur verschaltet sind. Mit Hilfe der

	PEA A	PEA B	PEA C	PEA D	PEA E	Counter
1						
2	Operation 1	Operation 2	Operation 3	Operation 4	Operation 5	
3	In-Feed Material	Tank A	Tank B	Tank C	Tank D	Tank E
4	In-Feed Unit	2000	Contant	Contant	Contant	Contant
5	In-Feed Amount					0,0121
6	In-solvent Material	Material 2	Material 3	Material 4	Material 5	
7	In-solvent Unit	solvent	solvent	solvent	solvent	0,0333
8	Out Unit	Tank B	Tank C	Tank D	Tank E	Tank E1
9	Out Amount	calc	calc	calc	calc	calc
10	Out Unit	Tank A1	Tank B1	Tank C1	Tank D1	Tank E1
11	Out amount	calc	calc	calc	calc	calc
12	Minimum Yield of Product					

Daten in INOSIM-Excel Schnittstelle



Bewertung von Prozessalternativen



Workflow für die simulationsbasierte Bewertung von Anlagenalternativen in dem Prozesssimulator Inosim.

sogenannten Matching-Matrix^[1] ist es möglich, anhand von technischen und bewertenden Kriterien verschiedene Apparatetechnologien für einen Prozessschritt einzustufen. Diese Matrix ist spezifisch für eine Grundoperation, z.B. für die Extraktion. Verschiedene Technologien werden dann daraufhin bewertet, ob sie für das definierte Problem geeignet sind. Dafür werden verschiedene sowohl technische Kriterien, wie z.B. das verwendete Stoffsystem, als auch bewertende Kriterien, wie etwa die Kosten, in Betracht gezogen. Mit Hilfe dieser Kriterien erhält man also eine Auswahl an Apparatetechnologien für einen Prozessschritt. Aus dieser Auswahl ergeben sich mehrere Anlagenalternativen, die in dieser Methode miteinander verglichen werden. Als dritte Quelle werden die Design- und Betriebsparameter der PEAs genutzt, die sich zum Beispiel aus einem vorhandenen PEA-Park ergeben können.

Bewertung von Anlagenalternativen

Aus den Daten wird dann in dem Prozesssimulator mit Hilfe von Shortcut-Modellen eine automatisierte Simulation und Bewertung der sich aus der Matching-Matrix und dem PEA-Park ergebenden Alternativen simuliert und anschließend anhand von verschiedenen Kriterien bewertet. Diese basieren auf den Kriterien, die auch schon in der Matching-Matrix für Einzelapparate genutzt werden, und werden auf den gesamten Prozess übertragen. Dazu zählen die Kosten für Equipments, Energie und Personal, aber auch Qualitätskriterien und Kapazitätsgrenzen. Als Ergebnis

erhält der Anlagenplaner dann eine tabellarische Auswertung für jede Anlagenalternative, in der sowohl die verschiedenen Kriterien einzeln als auch eine Gesamtbewertung ausgegeben werden. Zusätzlich kann eine individuelle Gewichtung von Bewertungskriterien vorgenommen werden.

Unsichere Prozessparameter

Neben der einfachen Bewertung der Alternativen ist es mit der Methodik auch möglich, den Einfluss von unsicheren Input-Parametern auf die Bewertung der Alternative zu ermitteln. So wird, besonders am Anfang der Prozessentwicklung, die Auswirkung von nicht genau bekannten Parametern auf die Gesamtbewertung bestimmt. Dabei kann der Anwender eingehenden Größen eine Wahrscheinlichkeitsverteilung zuordnen und diese ebenfalls über die Excel-Schnittstelle parametrisieren. Mit Hilfe von Sensitivitätsanalyse wird dann der Einfluss der Parameter auf die Bewertung festgestellt und es wird ermittelt, ob eine Unsicherheit in den Parametern dazu führen kann, dass Ziel-KPIs an den Prozess nicht erfüllt werden.

Die Methode wurde mit ihrem gesamten Workflow von der Datensammlung und Bestimmung potenzieller PEAs bis hin zur multikriteriellen Bewertung und der Evaluation der unsicheren Prozessparameter auf industrielle Prozesse angewandt. Der gesamte Workflow ist im Bild dargestellt. Für die betrachteten Prozesse konnten so die am besten geeigneten Apparate für die jeweiligen Prozessschritte ermittelt und das

favorisierte Prozessdesign bestimmt werden. Die im Forschungsprojekt gewonnenen Ergebnisse lassen erwarten, dass die beschriebene Methodik auch in der späteren industriellen Anwendung von modularen Bausteinen zu flexibleren, marktgerechteren Anlagen führen wird.

Das Forschungsprojekt SkaMPi ist Teil des EN-PRO2-Vorhabens und wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie unter dem Förderkennzeichen 03ET1525C gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Referenz

[1] Schindl; Polyakova; Harding; Weinhold; Stenger; Grünewald; Bramsiepe (2021): General approach for technology and Process Equipment Assembly (PEA) selection in process design. In: Chem. Eng. Process. 159, S. 108223. DOI: 10.1016/j.cep.2020.108223.

Die Autorin

Carina Glanemann-Heitkämper,
Projektleitung, Inosim Consulting

Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:
<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202201030>

Kontakt

INOSIM Consulting GmbH, Dortmund
Tel.: +49 231 9700-250
info@inosim.com · www.inosim.com

Optimierung des Brennstoffeinsatzes

Nutzung von alternativen Brennstoffen oder Reststoffen in chemischen Anlagen



Franz-Josef Kipshagen,
Horst Weyer und Partner

Die Energiewende und die aktuelle Energiekrise zwingen Unternehmen dazu, sich mit alternativen Energien auseinanderzusetzen, um unabhängiger von den klassischen Brennstoffen Erdgas, Öl sowie Braun- und Steinkohle zu werden. Die Nutzung von Reststoffen kann für den jeweiligen Betrieb eine echte Alternative sein. Mit der nachfolgenden Checkliste lässt sich abschätzen, ob ein Ausbau der Anlage zur Nutzung von Reststoffen infrage kommt und sich wirtschaftlich rentiert.

Als Betreiber einer Anlage muss man eine stetige und redundante Energieversorgung gewährleisten, damit sensible Produktionsvorgänge nicht durch einen Energieausfall unterbrochen oder unwirtschaftlich werden. Für wärmetechnische oder verfahrenstechnische Prozesse werden dazu herkömmlicherweise gasförmige, flüssige oder feste Brennstoffe verwendet.

Die Energiewende, aber nicht zuletzt auch die geopolitische Lage im Osten Europas, sind ein großer Antrieb für die Wirtschaft sich mit alternativen Energien auseinanderzusetzen und unabhängiger von den klassischen Brennstoffen Erd-

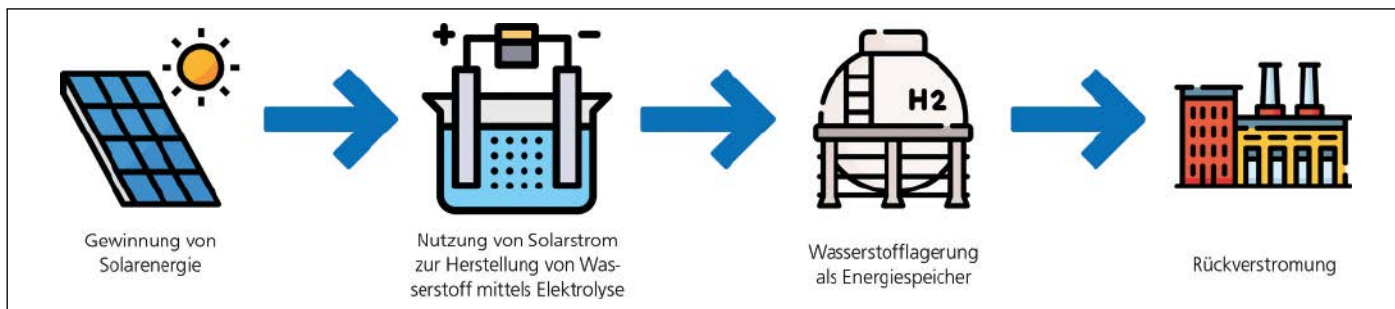
gas, Öl sowie Braun- und Steinkohle zu werden. Hierzu gibt es verschiedene Möglichkeiten, bspw. den Ausbau erneuerbarer Energien mit angeschlossener Wasserstoffherzeugung, um die Energie mittels grünem H₂ lagerfähig zu machen.

Ein weiterer Weg, der kurzfristig umgesetzt werden könnte, besteht darin, die aktuell in der Produktion verwendeten Brennstoffe besser auszunutzen und vorhandene Reststoffe weitestgehend zu verwerten oder Brennstoffe mit biogenen Anteilen einzusetzen, die zu geringeren CO₂-Emissionen führen. Ein erster Schritt dahingehend ist die Prüfung, ob eine Optimierung des bestehen-

den Brennstoffeinsatzes durch die Nutzung von Reststoffen im jeweiligen Betrieb möglich ist, denn dazu sind häufig bauliche Veränderungen in der Anlage notwendig. Um abzuschätzen, ob der Ausbau der Anlage infrage kommt und sich wirtschaftlich rentiert, lassen sich anhand der nachfolgenden Check-Liste die Grundvoraussetzungen für eine Reststoffnutzung prüfen.

Schritt 1: Erfassung Istbestand

- Zusammenstellung der Stoffdaten und maximalen Einsatzmenge pro Stunde je Brennstoff im Normalbetrieb zusam-



Beispielhafter Herstellungsprozess von grünem Wasserstoff

men. (Für den Anfahrbetrieb lohnt sich in der Regel kein Wechsel des Brennstoffes wegen der aufwendigen Überwachung.)

- Verbrennungsschema oder R+I heraus-suchen und auf Aktualität überprüfen
- Verbrennungsrelevante Messgrößen der vorhandenen Anlage auflisten:
 - Messung der Verbrennungsluft vorhanden?
 - Luftstufung Primär- und Sekundärluft vorhanden?
 - Sauerstoffmessungen am Ende des Brennraumes vorhanden?
 - CO-Messungen am Ende des Brennraumes vorhanden?
 - Kontinuierliche Emissionsmessungen am Kamin vorhanden?
 - Aufstellflächen mit Anfahrmöglichkeit von Lkws oder Bahnwaggons für ein Tanklager (gasförmig oder flüssig) vorhanden und/oder
 - Aufstellflächen zum Umschlagen von Feststoffen (staubförmig oder stückig) vorhanden?
 - Platz/Anschlussmöglichkeiten für zusätzliche Einrichtungen im Bereich Brenner vorhanden (gasförmig, flüssig, fest)? (Fotos erstellen oder Zeichnungsaus-schnitte raussuchen)

Schritt 2: Auflistung möglicher Ersatzbrennstoffe

- Welche Ersatzbrennstoffe fallen im eigenen Werk an oder sind in der näheren Umge-bung verfügbar?

- Stoffdatenblätter zu den einzelnen Brenn-stoffen beschaffen

Schritt 3: Machbarkeitsstudie

Nach Zusammenstellung der Unterlagen von Schritt 1 und 2 sollte ein verfahrenstechnisches Ingenieurbüro eingebunden werden. Die techni-sche Machbarkeit wird als Grobkonzept geplant und mit einer überschlagsmäßigen Kostenschät-zung sowie Empfehlung versehen.

Schritt 4: Prüfung der erforderlichen genehmigungsrechtlichen Schritte

Auf Basis der Machbarkeitsstudie wird der Umfang der Anlagenänderung genehmigungs-rechtlich betrachtet. Hierzu kann gegebenenfalls auch schon ein Kontakt zur Aufsichtsbehörde nützlich sein, zwecks Festlegung des erforderlichen Genehmigungsverfahrens. Als Ergebnis wird die Genehmigungsfähigkeit mit den zu erwartenden Auflagen aufgezeigt.

Schritt 5: Detail Engineering und Genehmigungsplanung

Nach Entscheidung zur Realisierung einer Änderung oder Erweiterung der eingesetz-ten Brennstoffe erfolgt die weitere Projektbe-arbeitung mit den entsprechenden Detail- und Genehmigungsplanungen.

Sobald die ersten beiden Schritte der Check-liste abgearbeitet sind, sollte, wie in Schritt 3 beschrieben, ein externes Ingenieurbüro kon-sultiert werden. Im besten Fall wird das Projekt

von der Machbarkeitsstudie über das Basic Engineering, das Genehmigungsmanagement bis hin zum Detail Engineering und der Inbetrieb-nahme begleitet. Durch die dauerhafte Beglei-tung des Projektes müssen keine neuen Dienst-leister einbezogen werden und in der Abwicklung kann immer auf den Projektkenntnisstand der Expertinnen und Experten zurückgegriffen wer-den. Mit der obenstehenden Check-Liste besteht die Möglichkeit, vorab grundsätzliche Themen zu klären und gegebenenfalls alternative Lösun-gen zu finden.

Der Autor

Franz-Josef Kipshagen, Senior Projektgenieur im Bereich Anlagensicherheit, Horst Weyer und Partner

Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:
<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202201031>

Kontakt
horst weyer und partner gmbh, Düren
 Tel.: +49 2421-69091-0
 f.kipshagen@weyer-gruppe.com
 www.weyer-gruppe.com

**WISSEN SIE, WIE SIE
 BEIM TROCKNEN BIS ZU
 75% ENERGIE SPAREN
 KÖNNEN? WIR SCHON.**

+SCHONEND+STAATLICH GEFÖRDERT+PROZESSICHER+ABLUFFTFREI

HARTER GmbH | +49 (0) 83 83 / 92 23-0 | info@harter-gmbh.de | www.harter-gmbh.de





Martin Brüggemann vom GWI probiert die Rezeptsteuerung der einzelnen Gasmischstränge per Touchscreen aus.

Gut abgemischt

Gasmischanlage für reproduzierbare Erdgase aus Reingasen



Alexander Carl Hanf,
L+T Gasetechnik

Gasgemische mit Erdgas sind auf dem Vormarsch. Um Brenner-einstellungen prüfen und testen zu können, sind variable Gasgemische erforderlich. Eine leistungsfähige Gasmischanlage mischt diese reproduzierbar aus Reingasen.

Der Mangel an Erdgas einerseits und die Energiewende andererseits machen eine Transformation des bisherigen Energiesystems unumgänglich. So wird zukünftig vermehrt auf Biogase, grünen Wasserstoff und synthetisches Methan aus Power-to-Gas-Anlagen sowie auf Prozessgase zurückgegriffen und entsprechend werden immer mehr Gasgemische durch Erdgasleitungen transportiert. Insbesondere die Beimischung von Wasserstoff kann dabei herausfordernd sein. Von der Erzeugung über den Transport bis zur Endanwendung – das gesamte Energiesystem muss transformiert werden, um mit den Gasgemischen klarzukommen.

Das Gas- und Wärme-Institut (GWI) betreibt seit Jahrzehnten ein Prüflabor in Essen. Um Hersteller von Brennern, Gasgeräten, Gasfeuerstätten, Gasthermen etc. bei der Transformation fundiert zu unterstützen, nutzt das Institut eine neue Gasmischanlage von LT Gasetechnik, einer

Firma, die seit über 50 Jahren High-tech-Gasmischanlagen herstellt. Mithilfe der Anlage lassen sich Weltmarkt-Erdgasqualitäten aus Reingasen mischen.

Variabel und reproduzierbar

Die neue Gasmischanlage bietet eine maximale Leistung von 600 kW reinem Methan und 600 kW reinem Wasserstoff sowie 300 kW aus Mischgasen. Aus den Reingasen Methan, Propan, Butan, Kohlenstoffdioxid, Stickstoff, Wasserstoff sowie aus Luft erzeugt sie verschiedene Mischgase als Prüf- und Grenzgas. Außerdem können Sondergase manuell beigemischt werden. So lässt sich das G 260-Band nachbilden, aber auch viele andere Gasgemische. Die Anlage kann gleichzeitig bis zu vier verschiedene Gasgemische erzeugen, die in vier Gasgemisch-Behältern zwischengepuffert werden. Über 50 bereits hinterlegte Gasgemisch-Rezepte

vereinfachen die Einstellung. Ein Gaschromatograph überprüft die Qualität und Reproduzierbarkeit der erzeugten Gasgemische.

Die Gasmischanlage wird dynamisch betrieben, d.h. mit kontinuierlich geregelter Zumischung. Die Durchflussmenge und die Zumischung werden über Massendurchflussregler gesteuert und die Ausgangsdruckregelung erfolgt über mechanische Druckminderer in jeden Ausgang. Die vier Stränge sind nicht-redundant mit Gasfiltern, Eingangsdruck-Transmittern, Gasrücktrittsicherungen und entsprechenden Magnetventilen zur Freigabe der jeweiligen Gase ausgestattet.

Weltmarkt-Erdgasqualitäten zum Vorwählen

Die automatisierte Anlage wurde gemäß Druckergeräteschichtlinie ausgeführt und verfügt über die notwendige Dokumentation sowie CE-Kenn-

zeichnung. Sie wurde komplett montiert, getestet und erfolgreich in Betrieb genommen. Sie lässt sich komfortabel über den integrierten Touchscreen mit einfacher (in den Einstellungen veränderbarer) Gas-Rezeptvorwahl bedienen. Rezepte für 20 Weltmarkt-Erdgasqualitäten können vorgewählt werden. Die wichtigsten Daten werden auf dem Touchscreen übersichtlich angezeigt und die Rezepteinstellungen zusätzlich an einen großen Bildschirm übertragen. Sollwerte und Istwerte werden protokolliert und können über die integrierte, gut zugängliche Schnittstelle leicht ausgelesen sowie über Software-Tools separat weiterverarbeitet werden.

Die einmal nach Rezept eingestellte Mischkonzentration des Gasgemisches wird konstant gehalten, unabhängig von der Gasgemischzusammensetzung und auch unabhängig von der tatsächlich (innerhalb der Leistungsgrenzen) entnommenen Gasgemischmengen. Die gaschromatographische Überprüfung der Gemische belegte, dass die garantierte Reproduzierbarkeit von $\pm 0,2$ Vol% (bei Temperaturgleichheit der einzelnen Gase) sicher erreicht wird.



Blick in die Anlage mit Druckreglern, Armaturen und Massendurchflussreglern. Im Hintergrund die Bedieneinheit zur Anlagensteuerung.

Der Autor

Alexander Carl Hanf,

Geschäftsführer, L+T Gasetechnik Klöpper-Waldmann

Bilder: © L+T Gasetechnik Klöpper-Waldmann

Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:
<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202201032>

Kontakt

L+T GASETECHNIK Klöpper-Waldmann GmbH & Co. KG, Dortmund
 Tel.: +49 231 961070-0
 mail@lt-gasetechnik.com · www.lt-gasetechnik.com

NDIR-Sensoren für den Prozess

SmartGas Mikrosensoren bietet Prozessmesstechnik-Sensoren an, die auf der nichtdispersiven Infrarot-Absorptionstechnologie (NDIR) basieren. Die Baureihe Silarex eignet sich für eine Vielzahl komplexer Messungen und lässt sich individuell auf die Anwendung abstimmen. Dank NDIR-Technologie sind sie langzeitstabil, langlebig und wartungsarm. Betriebs- und Wartungskosten sind gering. Die Plattform misst hochpräzise in einem Sensor mit vier optischen Kanälen parallel drei verschiedene Gase oder drei Konzentrationen eines Gases. Die Querempfindlichkeit wird direkt on board verrechnet und der Anwender erhält bereits korrigierte Messwerte für jedes einzelne Gas. Es muss nur ein Sensor kalibriert und gewartet werden und die Entwicklungszeit für das Design-In, die Auswahl geeigneter Sensoren pro Gas und die Testphase werden verkürzt. Für verschiedene Anwendungen sind entsprechend werkskalibrierte Sensoren erhältlich, z.B. für die Biogas-Analyse oder die TOC-Bestimmung in der Was-



seranalytik. Die kompakten und einfach handhabbaren NDIR-Sensoren der Baureihe FlowEvo eignen sich für die Prozesssteuerung und sind in verschiedenen Ausführungen erhältlich. Sie basieren alle auf derselben Hardware- und Software-Plattform, sodass die Sensoren untereinander kombiniert und so komplexe Messungen einfach realisiert werden können.

Kontakt

smartGAS Mikrosensoren GmbH, Heilbronn
 Tel.: +49 7131 797 553-0
 mail@smartgas.eu · www.smartgas.eu

Zehn Jahre wartungsfrei

Der Digox 6.1 H2-S von Dr. Thiedig ist eine Messeinrichtung, die gelösten Wasserstoff und Wasserstoff in der Gasphase bestimmt. Herzstück ist der auf dem Prinzip einer Brennstoffzelle beruhende Sensor mit einer auf ca. zehn Jahre ausgelegten wartungsfreien Betriebszeit. Die Messeinrichtung verfügt über eine eingebaute Selbstdiagnose, die die Funktion des Sensors ohne Unterbrechung des Messbetriebs überwacht. Ausgelegt für Prozessdrücke bis 40 bar kann sie gelösten Wasserstoff bis 10 ppm und in der Gasphase bis 5 Vol.-% messen. Damit eignet sie sich für eine Vielzahl industrieller Anwendungen, wie z.B. in Wasser-Dampf-Kreisläufen, konventionell und nuklear betriebenen Energieerzeugern, in der Chemie und in der Petrochemie.



Kontakt

Dr. Thiedig GmbH & Co KG, Berlin
 Tel.: +49 30-497769-0
 info@thiedig.com · www.thiedig.com

Für eine nachhaltige Produktionswende

Bedarfsorientierte Steuerung von Peripheriesystemen in der Produktion

Tobias Kaufmann,
WZL, RWTH Aachen



Der Bedarf von Ressourcen in der Produktionstechnik kann oftmals nicht vermieden, vielmehr aber deren effizienter Einsatz entlang der Wertschöpfungskette verbessert werden. Dazu fehlt jedoch neben der häufig nicht vorhandenen, aber notwendigen, transparenten Datenlage vor allem der konkret umgesetzte Mehrwert aus Daten für Personal, Wertschöpfung und Umwelt. Große und bis heute meist unentdeckte Potenziale zur Steigerung der Ressourceneffizienz liegen vor allem bei der Betrachtung ganzer Prozessketten vor. Mit dem Verlassen des Bereichs der Optimierung von Einzelprozessen steigt jedoch die Komplexität sowie die zu handhabende Datenmenge und -vielfalt, da kausale Effekte zwischen den Prozessschritten und deren Auswirkung auf die resultierende Qualität und den Gesamtressourcenverbrauch gleichzeitig für eine Vielzahl von Prozessschritten berücksichtigt werden müssen. An diesem Punkt wird die zukünftige Pro-

duktion und Nachhaltigkeit – ein bislang geglaubter Widerspruch wird mit dem Vorhaben zur bedarfsorientierten Steuerung von Peripheriesystemen in der Produktion (BeStPeri) angegangen. Das Projekt liefert einen ganzheitlichen Ansatz zum Prinzip der Circular Economy mit einer hohen Übertragbarkeit aus der Galvanotechnik in die Produktionstechnik.

duktionstechnik durch den Einsatz digitaler Technologien und maschinellem Lernen entscheidend befähigt, die Ressourceneffizienz des Gesamtsystems maßgeblich zu steigern.

Systematische Digitalisierung

Die aktuelle Herausforderung für produzierende Unternehmen besteht demnach einerseits in der systematischen Digitalisierung ihrer Bestandsmaschinen inkl. der Versorgungsperipherie zur Datenerhebung und andererseits in der Integration von digitalen Services zur Generierung eines Datennutzens entlang der Prozesskette, sowohl aus ökologischer als auch ökonomischer Perspektive.

Am Verbundvorhaben beteiligt sind: Ein industrieller Anwender, Datenerzeuger und IT-Experte aus dem ressourcenintensiven Bereich der Galvanotechnik, die B+T Oberflächentechnik (B+T), eine Forschungseinrichtung mit langjähriger Erfahrung im Bereich IoT-Daten – das Werk-

zeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen University – und ein operativ-technischer Experte für die Datenakquise und Entwicklung von Steuerungssystemen, die DITEC Gesellschaft. Somit dient das Vorhaben der aktiven Nutzung von Daten im Anwenderkontext mit dem Fokus auf vorausschauender Wartung, Prozessführung und Ressourcenrückführung entlang der Wertschöpfungskette.

Das Verbundvorhaben BeStPeri liefert einen ganzheitlichen Ansatz zum Prinzip der Circular Economy mit einer bedarfsorientierten Betriebsmittelversorgung und Steuerung der Peripherieanlagen mit einer hohen Übertragbarkeit aus der Galvanotechnik in die Produktionstechnik.

Arbeitsinhalte zur Zielerreichung

Im Vorhaben dienen zwei Galvaniklinien der B+T als Pilot für eine konsistente Datenkette zur industrienahen Identifikation von Ressourcen-



Das Ziel von BeStPeri ist es, produzierende Unternehmen durch den Einsatz von datengetriebenen Methoden zeitnah zu einer Senkung ihrer CO₂-Emissionen zu befähigen, indem notwendige Ressourcen für die Produktion effizienter eingesetzt werden. Der Schlüssel dazu ist die bedarfsgerechte Versorgung der Prozesse. Dafür brauchen wir Transparenz entlang der gesamten Fertigungskette und müssen digitale Software-Services zur Steuerung der Anlagen entwickeln.

Frank Benner, Geschäftsführer der B+T Oberflächentechnik



effizienzpotenzialen. Im Vorhaben werden mit Hilfe von Methoden des maschinellen Lernens Zustandsdaten entlang der gesamten Prozesskette zusammengeführt und darauf aufbauend ökologisch-ökonomisch wertvolle Kennzahlen prognostiziert. Abschließend werden die dazu trainierten Modelle als digitale Services in die Produktion integriert. Der industrielle Einsatz der Services verwirklicht die benötigte Kombination aus Verfügbarkeit und Analyse von Produktionsdaten. Beginnend mit einer explorativen Datenanalyse zur Erkennung von Mustern, Bedarfen und Verschwendungen werden Modelle des maschinellen Lernens darauf trainiert diese Anomalien und Muster verlässlich zu erkennen und vorherzusagen. Der eigentliche Datennutzen zur Steigerung der Ressourceneffizienz erfolgt durch die operativ-technische Rückführung von Handlungsanweisungen und optimierten Steuerungssignalen für die Elektrolytführung, sowie Spüleinheiten, Transportwagen, Druckluftversorgung und Chemikalienzufuhr.

Konkrete Verwertungs- und Nutzungsabsichten

Der Projekterfolg wird anhand der Steigerung der Ressourceneffizienz mittels dynamischer Ressourcenstrombilanzierung, CO₂-Fußabdruck und EcoScore bewertet.

Durch die vervollständigte Datenerfassung in der Produktion bei B+T entsteht eine Datenkette mit über 100 Stationen. Das Vorhaben fördert maßgeblich die unternehmensstrategische Ausrichtung hin zum Einsatz von digitalen Technologien und maschinellem Lernen in der gesamten Produktionskette. Mit der datengetriebenen Analyse und der verankerten Rückführung in die Steuerungssysteme entsteht ein erstmaliger Nutzen der Datenerfassung und somit ein maßgeblicher Beitrag zum Return on Investment. Dieser Nutzen dient gleichzeitig der übergeordneten Senkung des Primärressourcenverbrauchs von Material und Energie: Endmetallisierungsaufwand, Neubeschichtungen sowie Abwasser

bzw. Abfall werden erheblich reduziert. Weiterhin steigt durch die Transparenz in der Produktion die Anlagenproduktivität hinsichtlich Verfügbarkeit und Robustheit. Mit der Etablierung der digitalen Services werden zudem die Durchlaufzeiten verkürzt und damit die Auslastung der Anlagen optimiert. Weiterhin können durch die anlagendifferenzierten Verbräuche in Abhängigkeit von der Auftragslage die Abwasserkapazitäten und Spülbadqualität vorausschauend aktiv gesteuert werden. Darauf aufbauend wird die gesamte Ressourcenbeschaffung an die Produktionsplanung angebunden. Die konsequente Rückführung von ausgeschleppten Chemikalien in die Elektrolyte vor der Vermischung mit anderen Stoffen bewirkt die Reduktion der Verschleppung. Berechnungen zufolge können pro Trommel alleine je 4 bis 6 l Frischwasser eingespart werden. Weiterhin werden indirekte Kosten über die Besteuerung von CO₂-Emissionen eingespart. Wesentliche Kundennutzen durch die Datenerfassung und -verarbeitung sind vor allem die hohen Potenziale auf Seiten der Produktqualität und der Kosteneffizienz. Aus der Möglichkeit der Umplanung der energieintensiven Produktionsprozesse auf Zeiten hoher Verfügbarkeit von regenerativen Energien folgt eine emissionsärmere und kostengünstigere Produktion. Die gesteigerte Transparenz und Datenlage resultieren in einem einfacheren Controlling und Performance-Management im Bereich der Nachhaltigkeit, z.B. zur Erstellung der Nachweise für ISO:50001. Diese und weitere Einsparpotenziale müssen zunächst noch exakt eruiert und validiert werden.

Neben proaktiven Handlungsmaßnahmen wird die Reaktionsgeschwindigkeit in der laufenden Produktion durch die prozessaktuelle Verfügbarkeit von Zuständen und Empfehlungen erheblich gesteigert. Weiterhin gelingen die Absicherung sekundärer Prozesszustandsgrößen, die bedarfsgesteuerte Versorgung mit Betriebsmitteln, die präzise Fehlerlokalisierung in der Produktion und der zielgerichtete Einsatz von vorausschauender Wartung.

Durch das Vorhaben wird es für DiTEC möglich, tief in die Produktions- und Prozesssteuerung inkl. der ressourcenintensiven Betriebsmittelversorgung einzusteigen. Die Erweiterung der Services u.a. mit der Dokumentation der Emissionen und des Ressourcenverbrauchs pro Produkt oder pro Zeiteinheit auf Basis tatsächlicher Verbrauchsdaten kann auf den bei mehr als 800 Anwender installierten und modular aufgebauten ProGAL-Steuerungen aufsetzen. Bei diesen wiederum ist mit Nutzung der Services eine Steigerung der unternehmenseigenen Ressourceneffizienz zu erwarten.

„Eine vergleichbare Entwicklung zur Steuerung der Ressourceneffizienz für die Galvanotechnik ist bisher am Markt nicht bekannt. Die Zusammenarbeit mit einer führenden Forschungseinrichtung im Bereich datengetriebener Methoden in der Produktionstechnik ermöglicht uns ein erweitertes Verständnis, sodass eigene Produkte, wie der Service-Manager, zukunfts-fähig in Richtung digitale Technologien weiterentwickelt werden können,“ sagt Dr.-Ing. Siegfried Kahlich, Geschäftsführer der DiTEC.

Das Vorhaben wird gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz.

Der Autor

Tobias Kaufmann, Gruppenleiter Datenmanagement in der Fertigungstechnik und wissenschaftlicher Mitarbeiter bei Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen

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

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202201033>

Kontakt

Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen University

Cluster Produktionstechnik, Aachen

Tel.: +49 241 80 204 - 12 · www.wzl.rwth-aachen.de



Pepperl+Fuchs entwickelte 1973 den ersten Sicherheitsschaltverstärker, hier ein Modell aus dem Jahr 1983.

Die Anfänge der Normen zur Funktionalen Sicherheit

Grundlage für die IEC/EN 61508

Mit dem Erscheinen der 1. Ausgabe der Reihe IEC/EN 61508 („Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme“) im Jahre 2001 war der offizielle Beginn der Funktionalen Sicherheit gelegt. Doch ihre Anfänge reichen weiter zurück und die Funktionalen Sicherheit ist in den Entwicklungsabteilungen von Pepperl+Fuchs seit fast 50 Jahren verankert.

Am 10. Juli 1976 kam es nördlich von Mailand zu einem Chemieunfall, der als Sevesounfall in die Geschichte einging. Aufgrund einer unkontrollierten Reaktion kam es zu einer Überhitzung in der Anlage. Automatische Kühlsysteme und Warnanlagen waren nicht vorhanden. Über ein Sicherheitsventil trat hochgiftiges Dioxin aus, mit katastrophalen Folgen für Menschen, Tierwelt und Natur: 1.800 ha Land in den umliegenden Gemeinden wurden auf Jahre hinaus vergiftet. In den folgenden Tagen wurden mehr als 3.000 Tierkadaver gefunden, rund 200 Menschen erkrankten an schwerer Chlorakne. Als Folge dieses Unfalls wurde die Verschärfung der Gesetze und Verordnungen zum Schutze von Menschen, Anlagen und Umwelt beschlossen, die letztlich in die IEC/EN 61508 mündeten.

Die IEC/EN 61508 ist eine siebenteilige Normenreihe, die den Rahmen zur Erstellung von Normen im Bereich Funktionale Sicherheit vorgibt. Ausgehend von der IEC/EN 61508 sind mit dieser Reihe weitere Normen verfügbar, die das Thema auf konkrete Anwendungsbereiche, Themenfelder und Produkte einschränken. Tatsächlich wurden aus diesem Werk Sektornormen wie die IEC/EN 61511 (Prozessindustrie), IEC 62061 (Maschinenbau) oder ISO 26262 (Automotive), aber auch konkrete Produktnormen wie die VDMA 4315 für die Sicherheit von Turbomaschinen entwickelt.

Die Normenreihe trifft Festlegungen für den gesamten Lebenszyklus von Anlagen und Gerä-

ten. Die darin enthaltene probabilistische Methodik analysiert zusätzlich die Situationen beim Betrieb einer industriellen Anlage und bewertet daraus resultierende Risiken. Aus dieser Analyse ergibt sich eine Definition der Risikoreduzierung, die erforderlich sind, um Risiken in der betreffenden Anlage auf ein akzeptables Restrisiko zu reduzieren. Die IEC/EN 61508 löst alle früheren Sicherheitsnormen wie z.B. DIN/VDE 19250, DIN/VDE 19251 und DIN/VDE 801 ab

Start in die Funktionale Sicherheit in den 70ern

Bereits in den 60er Jahren gab es Bestrebungen, die Anlagensicherheit zu verbessern. So fordert die VDI/VDE – Richtlinie 2180 „Anlagensicherung mit Mitteln der MSR-Technik“ die Festlegung von Verantwortlichkeiten und Grenzwerten sowie Funktionsprüfungen zur Fehlererkennung und eine Unterscheidung in Fehlerarten.

Vor rund 50 Jahren begann dann die Entwicklung von sicherheitsrelevanten Geräten bei Pepperl+Fuchs. Auslöser dafür war die Nachfrage nach einer sicheren Abschaltung der Hauptbrennstoffzufuhr von Feuerungsanlagen. Dazu wurde 1973 der erste Sicherheitsschaltverstärker entwickelt, bald darauf auch ein Näherungsschalter ebenfalls für Sicherheitsanwendungen. Das dynamische Übertragungsprinzip des Schaltsignals der damaligen Schaltverstärker bilden bis heute die Grundlage für sicherheitstechnische Geräte für SIL-3-Applikationen.



Andreas Grimsehl, Pepperl+Fuchs

Die Sensoren wurden aus Standardsensoren entwickelt, die so erweitert wurden, dass Sensorfehler zu Signalpegel führen welche in die „sichere Richtung“ gehen, also ein „fail safe“ Verhalten darstellen.

Normen die in diesem Zusammenhang eine Rolle spielten waren beispielsweise die DIN 4788 („Gasbrenner; Gasbrenner ohne Gebläse“) oder die VDE 0116 („Elektrische Ausrüstung von Feuerungsanlagen und zugehörige Einrichtungen“).

Seveso-Katastrophe beschleunigt die Entwicklung in den 80ern

Unter dem Eindruck der Katastrophe von Seveso nahm das Thema Funktionale Sicherheit weiter an Fahrt auf und entwickelte sich in die Breite.

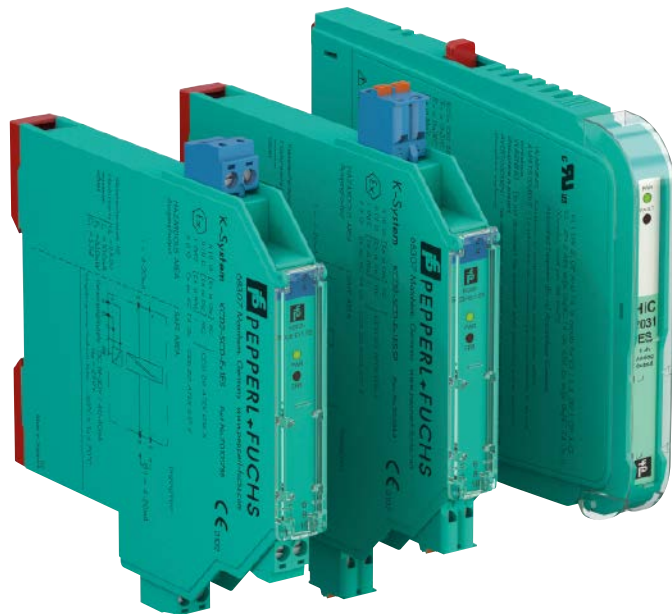
1980 wurde die Störfall-Verordnung (12. BImSchV) erlassen, sie dient der Verhinderung von Störfällen und der Begrenzung von Störfallauswirkungen. Die damit verbundenen Dokumentationspflichten der Betreiber führen weiterer Systematisierung im Bereich von MSR-Einrichtungen.

In der 1986 erschienenen zweiten Auflage der VDI/VDE 2180 (2. Auflage) werden die Schutzziele für Personen konkretisiert sowie eine Klassifizierung in Betriebs- und Sicherungseinrichtungen eingeführt.

1989 erschien die DIN V 19250:1989-01 („Messen, Steuern, Regeln; Grundlegende Sicherheitsbetrachtungen für MSR-Schutzein-



Sicherheitsschaltverstärker von 1980, montiert auf einem Termination Board.



Moderne SIL-3-Geräte im Jahre 2022 – hier die einzigen Module für analoge Ansteuerung von Feldgeräten im Ex-Bereich.

richtungen“). Dieser Standard ist zwar nie über das Stadium einer Vornorm hinaus gekommen, hatte aber für die weitere Entwicklung der Funktionalen Sicherheit grundlegende Bedeutung. Erstmals ist hier die qualitative Beschreibung des Risikos mittels Risikograf genannt. Die acht Anforderungsklassen mündeten später in die vier SIL-Level mit einer Klassifizierung des Schadensmaßes:

- SIL1, AK 2 & 3: Kleine Schäden an Anlagen und Eigentum,
- SIL2, AK 4: Große Schäden an Anlagen, Personenverletzung,
- SIL3, AK 5 & 6: Verletzung von Personen, einige Tote,
- SIL4, AK 7: Katastrophen, viele Tote und gravierende Umweltverschmutzung.

Der Stellenwert dieser Vornorm spiegelte sich bei den Mannheimer Experten in entsprechenden Entwicklungsaktivitäten wider: Für alle Normen der 19250er Serie wurden Produkte entwickelt und zertifiziert – was auch auf große Resonanz stieß: Zwar waren durchaus normgerechte Sicherheitslösungen verfügbar, aber nur selten waren sie für Anwendungen im Ex-Bereich geeignet.

Die neue Normenwelt: IEC/EN 61508

Um die Jahrtausendwende kommt es zum Paradigmenwechsel: Die IEC/EN 61508 (für Hersteller, 2002) – IEC 61511 (für Anwender, 2005) werden zu weltweiten Standards und lösen nationalen Normen ab: DIN V 19250, 251, 0810... Die Orientierung an Sicherheitslebenszyklen tritt in den Vordergrund, die Anforderungsklassen

der DIN V 19250 werden durch Safety Integrity Levels, SIL abgelöst.

Für Hersteller bedeutete der Schritt zur IEC/EN 61508 einen Neustart in vielerlei Hinsicht: War die Funktionale Sicherheit bis dahin vor allem im europäischen Raum normativ beschrieben, wurde das Thema auf einmal global interessant. Als die Norm kam, gab es naturgemäß zunächst keine entsprechend zertifizierten Produkte. Üblicherweise wurden ausgewählte und geeignete Bestandsprodukte einer normativen Bewertung unterzogen und die Sicherheitskennzahlen ermittelt. Da es bei Bestandsprodukten in der Regel eine Rückläuferstatistik gibt, konnte diese zur Validierung der berechneten Sicherheitskennzahlen verwendet werden. Heute, rund 20 Jahre später, ist die IEC/EN 61508 weltweit etabliert, seit 2010 liegt die Edition 2 vor. Produkte werden in der Regel nicht mehr über Proven-in-use qualifiziert, sondern in allen Aspekten der IEC/EN 61508 entwickelt und zertifiziert. Die Zertifizierungen berücksichtigen, dass nach Vorgabe der Norm entwickelt worden ist, um systematische Fehler auszuschließen und Anwendungen ausrüsten zu können, für die keine Erfahrungswerte vorliegen.

Safety-Geräte und -Zertifikate

Bis die wechselvolle Geschichte von Standards Funktionaler Sicherheit in den globalen Standard der IEC/EN 61508 mündete, waren bereits einige Jahrzehnte vergangen. Pepperl+Fuchs ist diesen Weg von Anfang mitgegangen, nicht zuletzt auch um Katastrophen wie die von Seveso zu verhindern. Heute stehen rund 750 Safety-Geräte für die unterschiedlichsten Anwendungen zur Verfü-

gung, mehr als 300 davon allein für den Bereich Interfacetechnik, inklusive SIL 3 Trennbarrieren für alle Signalarten. In der Regel werden Produkte auf freiwilliger Basis extern zertifiziert, anstatt auf Self-Assessments zurückzugreifen. Zudem verfügt das Unternehmen seit vielen Jahren über ein Functional Safety Management Zertifikat und gewährleistet so auch organisatorisch gute Rahmenbedingungen bei der Produktentwicklung. Mit der Einführung der IEC/EN 61508 wurde ein breit angelegtes Trainingsprogramm für Anwender ins Leben gerufen, das bis heute besteht und ausgebaut.

Der Autor

Andreas Grimsehl,
Produkt Marketing Manager Interface Technology,
Pepperl+Fuchs

Bilder © Pepperl+Fuchs

! Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:
■ <https://dx.doi.org/10.1002/citp.202201034>

Kontakt
Pepperl+Fuchs SE, Mannheim
Tel.: +49 621 776-0
pa-info@de.pepperl-fuchs.com
www.pepperl-fuchs.com

Cyber Security für Industrieanlagen

Zero-Trust-Architekturen in Industrieumgebungen

In vielen Industrieanlagen verlieren Betreiber durch fremdverwaltete Dienste, z.B. Cloud Computing, zunehmend die Kontrolle über ihre OT- und IT-Sicherheit. Zero-Trust-Architekturen aus der IT-Welt helfen Betreibern, die Netzwerkhöhe über ihre OT zu behalten und damit das Vertrauen in ihre Infrastruktur und Betriebstechnologie wiederzugewinnen. Steffen Ullrich, IT-Sicherheitsforscher und Technology Fellow der Genua, erläutert, wie diese IT-/OT-Architektur aufgebaut sein sollte und wie das Sicherheitskonzept am Beispiel der Fernwartung mit Genubox umgesetzt werden kann.



OT (Operation Technology) und IT wachsen immer mehr zusammen. Waren Produktionsnetzwerke früher abgeschottet, wird heute durch die Vernetzung mit der IT der Zugriff von außen erleichtert. Was bedeutet das konkret für die OT-Sicherheit?

Steffen Ullrich: OT-Umgebungen sind betriebskritischer als IT-Umgebungen. Verglichen mit der IT ist die Änderungsrate in der OT deutlich geringer und somit auch das Alter der eingesetzten Geräte und Software deutlich höher als in der IT. Technologien und Design stammen oft aus einer Zeit, als Cyber-Sicherheit eine geringe Priorität in der Entwicklung hatte. Entsprechend breit ist die Angriffsfläche.

Zusätzlich muss man von einer unzureichenden Sicherheit der IT-Umgebungen ausgehen. Das betrifft nicht nur die Office-IT mit den typischen Angriffsvektoren über Phishing, Malware und Ransomware. Auch Cloud-Dienste oder eine vom Dienstleister betreute Fernwartung führen dazu, dass Betreiber immer weniger Kontrolle über ihre eigenen Netzwerke haben.

Eine direkte Vernetzung von OT und IT exponiert also die breite Angriffsfläche der OT in eine potenziell unsichere IT. Dies führt nicht nur zu

einer Gefährdung der zuverlässigen Produktion. In gefährlichen Bereichen wie zum Beispiel dem Chemiesektor kann es auch zu einer Gefährdung der Safety und damit von Menschenleben führen.

Wie können produzierende Unternehmen mit diesen Unsicherheiten umgehen?

S.Ullrich: Zum einen ist es wichtig, die potenzielle Angriffsfläche so weit wie möglich zu verkleinern. Ausgehend von einem Minimalitätsprinzip, bei dem nur das wirklich notwendige möglich sein sollte, schränken Zero-Trust-Konzepte wie Mikrosegmentierung oder Software-Defined Perimeter proaktiv die möglichen Kommunikationswege ein und reduzieren damit die Angriffsfläche auf ein Minimum. Dabei ist zunächst konkret festzulegen, welcher Zugriff und welche Kommunikation für wen erlaubt sein soll. Nur diese werden konsequent sowohl auf Applikations- als auch auf Netzebene zugelassen. Zusätzlich gilt es, die Komplexität zu verringern. Je weniger Features eine Software hat und je klarer die Schnittstellen sind, desto verständlicher, leichter und wirksamer ist eine Absicherung.

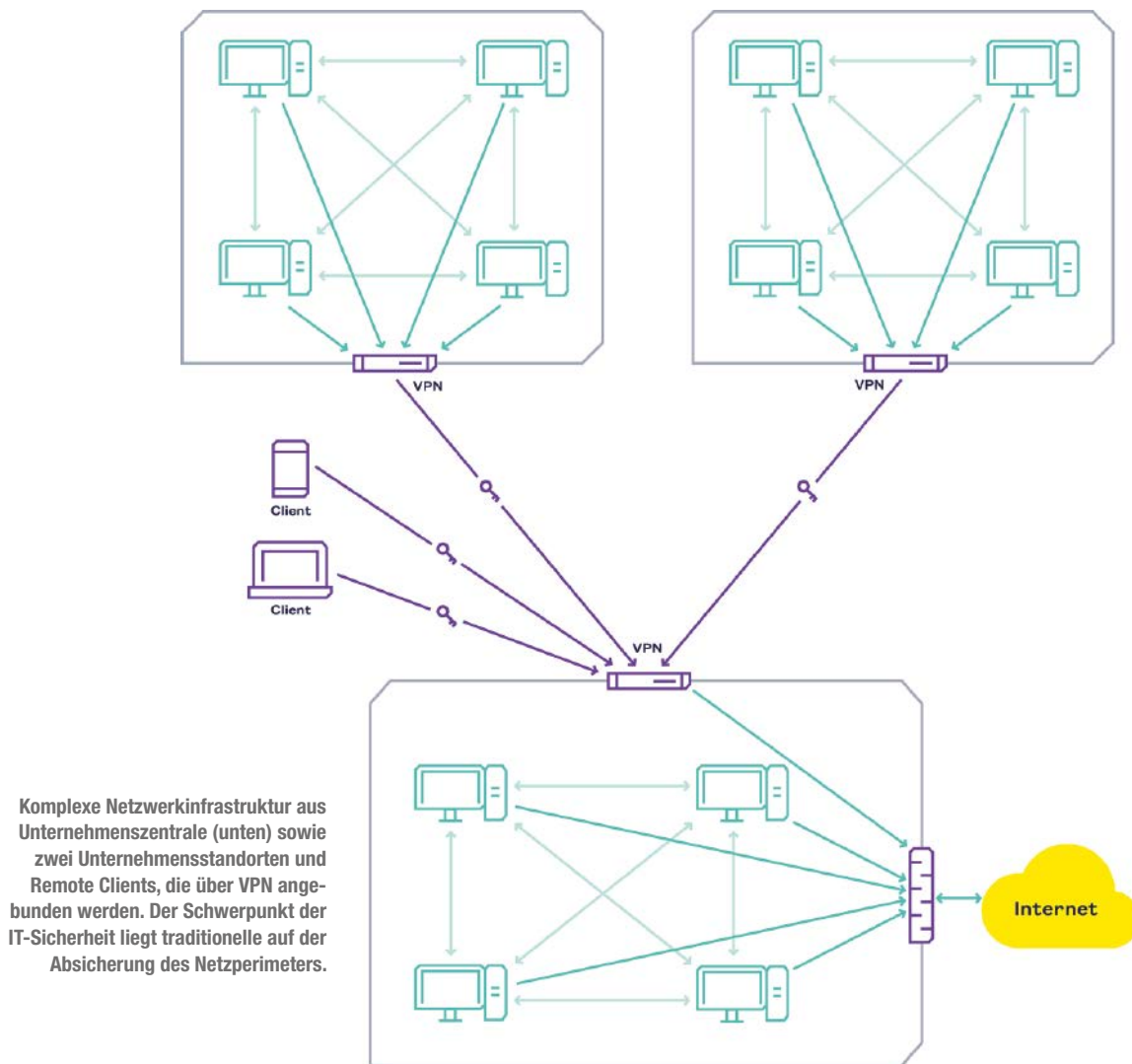
Dennoch: Keine Sicherheitskomponente ist hundertprozentig zuverlässig. Daher ist es wich-

tig, mehrschichtige Sicherheitsarchitekturen aufzubauen, bekannt unter dem Begriff Defense in Depth. In der Praxis bedeutet dieses, Zugriffsbeschränkungen auf mehreren Ebenen durchzusetzen, zum Beispiel durch die Beschränkung des Zugangs zum Netz, die Beschränkung der Kommunikation im Netz und die Zugriffskontrolle an dem Dienst bzw. Gerät. Versucht ein Angreifer dann, in ein Netzwerk einzudringen, kommt er nicht weit.

Zusätzlich zu den proaktiven Maßnahmen sollten auch reaktive eingesetzt werden. Ausführliches Monitoring ist die Voraussetzung für eine frühzeitige Angriffserkennung sowie für eine zeitnahe Reaktion im Angriffsfall. Wichtig sind auch eine Sensibilisierung von Mitarbeitern und funktionierende Notfallpläne.

Was bedeutet das Zero-Trust-Paradigma?

S.Ullrich: Der traditionelle Ansatz zur Absicherung von Geschäfts- und Produktionsprozessen ging davon aus, dass sich alle Geräte, Applikationen sowie die Kommunikation zwischen diesen unter der eigenen Kontrolle befinden. Es wurde sich daher auf die Absicherung des Netzes am Perimeter fokussiert. Innerhalb des Netzes selbst



war überwiegend unbeschränkte Kommunikation möglich. Heutige Infrastrukturen sind in ihrer Komplexität wesentlich größer und erstrecken sich oft über mehrere Netze. Hinzu kommen immer mehr fremdverwaltete Systeme wie Cloud-Umgebungen oder ferngewartete Maschinen. Gleichzeitig werden immer kritischere Geschäftsprozesse digitalisiert und vernetzt. Dadurch steigen die Anforderungen an die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit sowie den Datenschutz. Der einfache Ansatz der netzfokussierten Sicherheit skaliert in der heutigen Zeit immer schlechter. Das Zero-Trust-Paradigma fokussiert daher auf die Absicherung der einzelnen Prozesse, statt die Absicherung der kompletten Netze.

Mit dem Zero-Trust-Paradigma entfernt man sich von der Idee, dass eine Kontrolle am Netzperimeter ausreichend möglich ist. Statt das komplette Netz zu sichern, fokussiert man sich auf die Absicherung der an einem Geschäfts- oder Produktionsprozess beteiligten Endgeräte, Nutzer und Dienste sowie der Kommunikationspfade zwischen diesen.

Welche Ansätze gibt es in der Produktionswelt, Zero Trust Networking zu implementieren?

S.Ullrich: Zero Trust Networking Access nach Forrester bedeutet eine Mikrosegmentierung. Das heißt, in einem vorhandenen Netz werden an strategisch sinnvollen Stellen Zugriffskontrollen und Analysen implementiert. Dies kann man zum Beispiel mittels einer Next Generation Firewall oder unserem Cognitix Threat Defender realisieren. Letzterer erlaubt es, das gesamte interne Netz kleinteilig zu segmentieren, einzelne Geräte voneinander abzutrennen und die Kommunikationspfade nach dem Minimalitätsprinzip zu reglementieren und zu überwachen.

Der zweite ZTNA-Ansatz ist der Software-defined Perimeter. Hier wird nicht ein vorhandenes Netz abgesichert, sondern der externe Zugang zu einzelnen Diensten. Konzeptionell ist das ähnlich zu einem klassischen Virtual Private Network, wobei jedoch bei einem Software-defined Perimeter nur Zugriff auf spezifische Dienste und nicht das komplette Netz erlaubt wird. Dies ist zum Beispiel wichtig bei einer Fernwartung, die nur einen Zugriff auf einzelne Dienste bzw. Systeme ermöglichen sollte, nicht aber einen Zugriff auf das komplette Produktionsnetz.

Das dritte ZTNA-Konzept, das im Industriefeld wahrscheinlich weniger relevant ist, ist

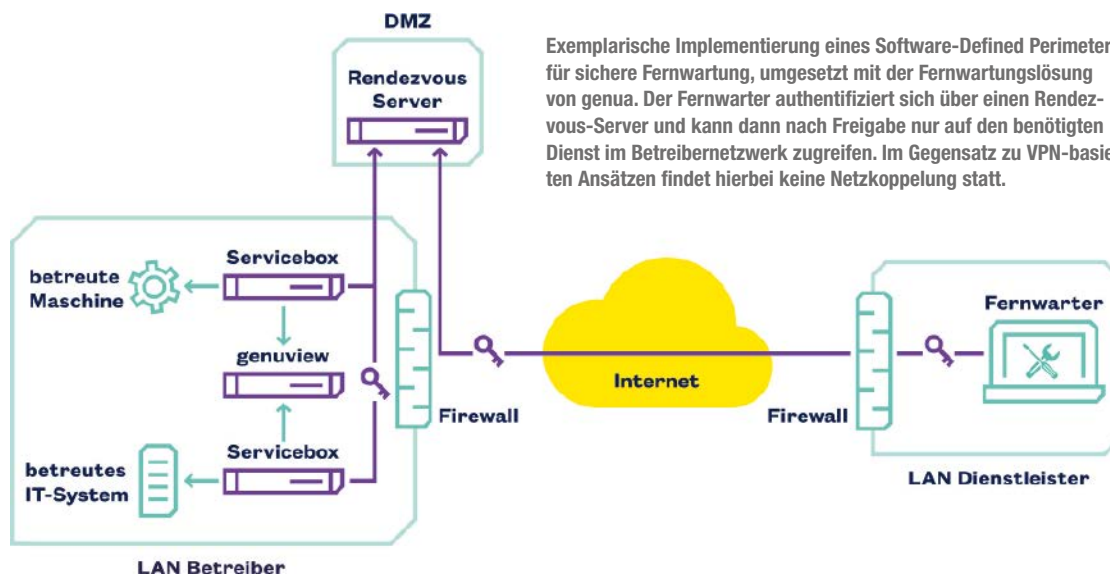
unter dem Begriff BeyondCorp beziehungsweise BeyondProd bekannt und wurde von Google propagiert. Hier geht es darum, den Zugang zu einem einzelnen Dienst abzusichern.

Wie können Mikrosegmente nach Forrester konkret bestimmt werden?

S.Ullrich: Dafür gibt es verschiedene Wege, je nachdem, wie viel man investieren möchte und wo die Angriffsflächen und Sicherheitsprobleme liegen. Zum Beispiel könnte man die Clients, IoT Devices und Server voneinander isolieren. In der OT können das fremdgesteuerte Maschinen sein, bei Servern sind es vielleicht kritische Umgebungen. Die Clients sind am wenigsten verwundbar. Wenn man diese Kategorien voneinander trennt, ist bereits einiges erreicht. Man kann aber auch so weit gehen, jedes Gerät von jedem zu trennen.

Wie finden Anwender den für sie richtigen Zero Trust Ansatz?

S.Ullrich: Dieser ist abhängig vom konkreten Use Case. Möchte man potenziell verwundbare Geräte in einem existierendem Netz besser schützen, so ist die Mikrosegmentierung das



Exemplarische Implementierung eines Software-Defined Perimeter für sichere Fernwartung, umgesetzt mit der Fernwartungslösung von genua. Der Fernwarter authentifiziert sich über einen Rendezvous-Server und kann dann nach Freigabe nur auf den benötigten Dienst im Betreiber-Netzwerk zugreifen. Im Gegensatz zu VPN-basierenden Ansätzen findet hierbei keine Netzkopplung statt.

Mittel der Wahl. Möchte man zum Beispiel einzelne Dienste im lokalen Netzwerk oder in der Cloud von außen erreichbar machen, wie zum Beispiel bei der Fernwartung, dann eignet sich der Software-defined Perimeter. Geht es aber darum, die Anbindung an einzelne Web-basierte Anwendungen skalierbar zu schützen, zum Beispiel im Industrial IoT-Bereich, dann sind Konzepte wie BeyondCorp gut geeignet.

Allen ZTNA-Ansätzen ist gemein, dass sie Sicherheits-Policies auf der Basis von Identitäten benutzen. Das betrifft Identitäten von Geräten, Nutzern und Diensten.

Eine typische IT-OT-Anwendung ist die Fernwartung. Wie wird hier das Zero-Trust-Verfahren implementiert?

S. Ullrich: Exemplarisch lässt sich das an unserer Fernwartungslösung Genubox zeigen, die

ein Software-defined Perimeter implementiert. Das heißt, ein oder mehrere interne Dienste sollen von außen nur nach entsprechend starker Authentifizierung erreichbar sein. Bei der Genubox-Fernwartung haben wir das so umgesetzt, dass zunächst eine hochsichere Verschlüsselung und Authentifizierung mittels eines SSH-Tunnels stattfindet. Dieser Ansatz ermöglicht nur einen dedizierten Zugang zu explizit definierten Services. Das heißt, im Gegensatz zu häufig eingesetzten VPN-Lösungen findet hier keine Netzkopplung statt. Zusätzlich zur Zugangskontrolle werden die Aktivitäten auf dem Remote Desktop sowie die Terminal Session (SSH-Verbindung) per Video aufgezeichnet und die übertragenen Dateien auf Viren überprüft. Und der Mitarbeiter in der Produktionsanlage hat die Möglichkeit, die entsprechende Session jederzeit physisch zu erlauben beziehungsweise zu unterbrechen,

indem er den entsprechenden Schüsselschalter umdreht. Er behält also zu jeder Zeit die Kontrolle über seine Anlage.

Der Autor

Steffen Ullrich,
Technology Fellow, Genua

Bilder © Genua

Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:
<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202201035>

Kontakt

Genua GmbH, Kirchheim bei München
Tel.: +49 89 991950-0
info@genua.de · www.genua.de



Registrieren Sie sich kostenlos unter:
bit.ly/newsletter-lvt



Bleiben Sie informiert mit dem...

**LVT LEBENSMITTEL
Industrie Newsletter**

www.LVT-WEB.de
Das Onlineportal für die
Lebensmittelindustrie

Ansprechpartner:

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

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

Thorsten Kritzer
Tel.: +49 (0) 6201 606 730
thorsten.kritzer@wiley.com





Anoden-Produktion in aggressiver Umgebung

Hohe Anforderungen an Sensoren und Pumpen

Lithium-Ionen-Akkus liefern die Energie für den heutzutage üblichen, modernen Alltag mit Smartphones, Notebooks oder Elektroautos. Forschungs- und Industrieunternehmen arbeiten permanent daran, die Energiedichte der Akkus und ihre Herstellung weiter zu verbessern. So auch ein koreanisches Unternehmen, welches Anodenmaterial für Akkus erzeugt. Der Hersteller investierte in eine neue Produktionsanlage und benötigte dafür robuste Sensoren und Dosierpumpen.

Die Reaktionsumgebung zur Herstellung von Anodenmaterial ist heiß, aggressiv und stark alkalisch. Die besondere Herausforderung: Die chemische Reaktion läuft über mehrere Tage bei Temperaturen über 50 °C und einem hohen basischen pH-Wert ab. Außerdem sind zersetzende Metallösungen, Ammoniakwasser und Natronlauge am Produktionsprozess beteiligt. Dabei muss laufend der pH-Wert gemessen und durch die geregelte Zugabe von Natronlauge stabilisiert werden. Die chemische Reaktion findet in einem in sich geschlossenen Reaktor statt. Leckage- und Membranbruchsensoren sorgen für Sicherheit und Sauberkeit in der Anlage.

Aggressive Medien stellen hohe Anforderungen

Die Umgebung und Komponenten stellen somit hohe Ansprüche an die im Prozess eingesetzten Sensoren und Dosierpumpen. ProMinent ermöglicht es mit seiner robusten Technik, alle Parameter im Sollbereich zu halten.

Gesucht wurde eine Technik, die trotz der anspruchsvollen Umgebung kontinuierlich zuverlässige Messwerte für die pH-Regelung liefert und alle Chemikalien reproduzierbar und punktgenau dosiert. Der Anbieter aus Heidelberg konnte sämtliche Anforderungen des Herstellers erfüllen, vor allem mit dem geforderten großen Messbereich und der Temperatur- und Druckbeständigkeit der Sensoren. Der Anodenmaterial-Hersteller startete mit einem Pilotprojekt im kleinen Maßstab, um die Reproduzierbarkeit und die Sensor-Standzeiten in der Praxis zu testen.

Zum Einsatz kommt die Magnet-Membrandosierpumpe Gamma/X, die im anvisierten niedrigen Leistungsbereich die Funktionen der später im Projekt eingesetzten Motor-Membrandosierpumpe Sigma übernimmt. Beide Pumpen sind so flexibel einstellbar, dass sie auch unter schwierigen Prozessbedingungen individuell präzise dosieren. Das ermöglicht sichere und effiziente Prozesse. Das Pilotprojekt war erfolgreich und das Hauptprojekt wurde in der Zwischenzeit

erfolgreich bei dem koreanischen Unternehmen implementiert und umgesetzt.

Dabei überzeugten den Auftraggeber die zuverlässigen Produktionsabläufe durch robuste Geräte mit sehr schneller Ansprechzeit und kontinuierlicher Dosierung und eine bequeme pH-Kontrolle über Sensoren dadurch, dass keine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) erforderlich ist.

Bilder © ProMinent

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

<https://dx.doi.org/10.1002/citp.202201036>

Kontakt

ProMinent GmbH, Heidelberg

Tel.: +49 6221 842-0 · www.prominent.com

Vernetzung von Vakuumpumpe und Prozess

Aufbauend auf der GHS VSD+ Baureihe drehzahl geregelter Schraubenvakuumpumpen mit Öleinspritzung hat Atlas Copco mit der neuen Baureihe GHS 1402-2002 VSD+ sein Portfolio erweitert. Mit der GHS 1402 bis 2002 VSD+ bringt der Vakuumersteller die neue drehzahl geregelte Schraubenvakuumpumpe in drei Saugvermögensklassen heraus. In Grobvakuumanwendungen liefern die öleingespritzten Pumpen ein kontinuierlich hohes Saugvermögen – von Atmosphärendruck bis zum Enddruck. Die Pumpe verfügt über das neue ölespritzte Schraubenelement und dessen Ventile zur Kompressionsoptimierung ermöglichen ein hohes Saugvermögen bei Grobvakuum. Damit eignen sie sich gut zum Einsatz in zentralen Vakuumsystemen, zur Vakuummückung, zur Herstellung von Lebensmittelverpackungen und thermogeformten Kunststoffkomponenten sowie für Vakuumkammern zur Weltraumsimulation. Zudem ist die Pumpe mit HEX@TM, dem neuen Vakuum-Controller von Atlas Copco ausgestattet. Verglichen mit dem Vorgänger führt das Design der drei Modelle GHS 1402, GHS 1602 und GHS 2002 VSD+ zu besseren Vakuumleistungen, einer 15 %

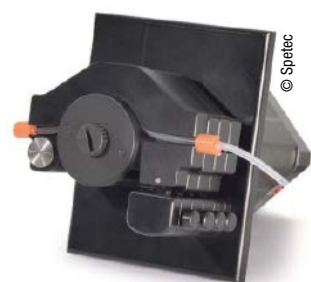


kleineren Stellfläche und längeren Wartungsintervallen. Die neue GHS VSD+ Schraubenspindelpumpe trägt auch maßgeblich zur Energieeinsparung bei. Das liegt zum einen an der Kombination des Neos-Umrichters mit Sollwertsteuerung. Darüber hinaus hilft ein Energierückgewinnungssystem, bis zu 80 % der Energie in Form von Warmwasser zurückzugewinnen. Der höhere Wirkungsgrad ist auch auf den neuen Permanentmagnetmotor zurückzuführen. In seiner Effizienzklasse IE5 weist er hohe Wirkungsgrade auf und bringt über den gesamten Drehzahlbereich eine Effizienzsteigerung von etwa 2 %.

Kontakt
Atlas Copco Vacuum Solutions, Köln
 yuri.vanderveken@vt.atlascopco.com
 www.atlascopco.com

Bedienerfreundliche peristaltische Pumpe

Für den pulsationsfreien und kontinuierlichen Transport von Flüssigkeiten haben sich peristaltische Pumpen in besonderer Weise bewährt. Das Arbeitsprinzip basiert auf der Kompression und Entspannung einer eingeschlossenen Flüssigkeitsmenge in einem elastischen Schlauch, der durch Rollen in einem rotierenden Pumpenkopf mit einer gekrümmten Andruckplatte eingeschlossen wird. Durch die Rotation des Pumpenkopfes wird die eingeschlossene Flüssigkeit im Schlauch kontinuierlich zum Zerstäuber des Probeneinlass-Systems transportiert. Die Analysenflüssigkeit ist dabei nur in Kontakt mit dem metallfreien Schlauchmaterial und kann auch über große Entfernungen gleichmäßig transportiert und dosiert werden. Im Vergleich zu Rotationspumpen ist die Pumpe selbstansau-



gend. Der Volumenstrom ist variabel und kann über die Anzahl der Rollen im Pumpenkopf, der Rotationsgeschwindigkeit der Rollen und durch den Innendurchmesser der peristaltischen Schläuche angepasst werden. Das Material, aus dem die Schläuche gefertigt werden, kann den Bedürfnissen des Fördermittels angepasst werden. Pulsationen, die bei konventionellen Pumpen beobachtet werden können, lassen sich meist

Extragroße Hochdruckpumpe

Mit der neuen Pumpe CR 255 von Grundfos können nun auch Fördermengen bis 320 m³/h (390 m³/h bei 60 Hz) abgedeckt werden. Mit einem maximalen Druck von 40 bar ist diese Pumpe für Anwendungen wie Filtration, Bewässerung, Umkehrosmose und Kesselspeisung geeignet. Mit seinem Hochleistungsbereich eignet es sich auch für Anwendungen, bei denen ein hoher Durchfluss erforderlich ist, wie z.B. Wasserversorgung für Wasserwerke, industrielle Wasserversorgung, Fernwärme und Temperaturregelung. Von großer Bedeutung für die Effizienz dieser Pumpen sind die hocheffiziente Antriebe, die mit einer Drehzahlregelung per integriertem Frequenzumrichter ausgerüstet werden (CRE) können. Auch hier hat der Betreiber die Wahl: Sowohl beim klassischen MGE-Asynchronmotor (bis 22 kW – Energieeffizienzklasse IE3) wie auch beim MGE-Permanentmagnet-Synchronmotor (bis 11 kW – Energieeffizienzklasse IE5) ist der FU im Motor integriert. Für höhere Leistungen bietet das Unternehmen die CUE-Lösung mit einem externen FU im Schaltschrank – optional auch mit IE5 Motoren. Zusätzlich kann der Betreiber mit Hilfe des ‚Grundfos iSolutions Monitors‘ (GiM) den Betriebszustand von CR-Pumpen (bspw. in Druckerhöhungsanlagen Hydro MPC installiert) überwachen. Es handelt sich



um ein Überwachungssystem auf der Basis eines Multifunktionssensors mit einem lokalen Display auf der Pumpe, Leittechnik-Integration zu Prozessleitsystemen und optionaler Cloud-Anbindung. Auf der Basis von künstlicher Intelligenz (KI) identifiziert der Multifunktionssensor frühzeitig fehlerhafte Bedingungen. Der GiM kann auch nachgerüstet werden. Es sind 16 Baugrößen (Förderstrombereich zwischen 0,3 und 320 m³/h), vier Werkstoffausführungen (Gusseisen, zwei korrosionsbeständige Edelstahlsorten, Titan) und eine Reihe unterschiedlicher Anschluss- und Ausstattungsvarianten sowie 50 und 60 Hertz-IEC-Motoren und 60 Hertz-Nema-Motoren verfügbar.

Kontakt
GRUNDFOS GmbH, Erkrath
 Tel.: +49 211 929 69-0
 www.grundfos.de

durch Justierung des Anpressdruckes über eine Stellschraube kompensieren. Diese manuelle Justierung entfällt vollständig bei einer neuen Generation von peristaltischen Pumpen, die auf dem Easyclick-Prinzip basieren: Der Anpressdruck wird über eine Feder voreingestellt und wird so automatisch angepasst. Nach jedem Schlauchwechsel bei der peristaltischen Pumpe kann gleich ohne Justierung mit der Förderung der Flüssigkeit begonnen werden. Das spart Zeit und Aufwand. In der Grundversion können insgesamt vier Schläuche in den Pumpenkopf eingespannt werden, so dass bis zu vier verschiedene Flüssigkeiten (Kanäle) gefördert werden können. Durch die Wahl des Innendurchmessers der Pumpenschläuche lässt sich ein sehr großer Bereich von unterschiedlichen Flussraten von

wenigen µL bis hin zu einigen mL pro Minute realisieren. Im ausgewählten Förderbereich lässt sich die Förderrate dann direkt durch die Regelung der Rotationsgeschwindigkeit des Pumpenkopfes fein justieren, so dass sich diese Pumpen besonders für das exakte und reproduzierbare Dosieren, Fördern und Transportieren unterschiedlicher Flüssigkeiten eignen. Es stehen unterschiedliche Schlauchmaterialien für die Förderung von Ölen, Lösungsmittel, Laugen und Säuren zur Verfügung. Außerdem bietet der Pumpenhersteller Spetec kundenspezifische technische Lösungen an.

Kontakt
Spetec GmbH, Erding
 Tel.: +49 8122 95909-0
 spetec@spetec.de · www.spetec.de.de

Mit hohem Wirkungsgrad pumpen

Vogelsang präsentierte auf der Achema die Automatic Supply Unit (ASU), ein kostengünstiges Dichtungsversorgungssystem für die hauseigenen Pumpen, das die Lebensdauer von Dichtungen um bis zu 100 % erhöhen kann. Es ist deutlich kleiner als herkömmliche Systeme und kann selbst in engen Einbau-räumen problemlos installiert werden. Die vorgestellten Drehkolbenpumpen der neuen EP- und VY-Serie sind aus einem strömungsoptimierten, einteiligen Gehäuse gefertigt und haben daher einen besonders hohen Wirkungsgrad. Sie fördern abrasive, chemisch aggressive und explosionsgefährdende Durchflussmedien mit Temperaturen bis zu 200 °C zuverlässig. Die Pumpen sind mit variablen Dichtungssystemen ausstattbar sowie ATEX- und TA-Luft-konform. Dadurch sind sie flexibel in



anspruchsvollen Gebieten wie der Öl-, Gas- und Chemieindustrie einsetzbar. Der Quick-Anschluss macht die Pumpenreihe servicefreundlich. Die Drehkolbenpumpen der EP-Serie verfügen über ein Hochleistungsgetriebe, das eine konstante Druckleistung bis zu 18 bar liefern kann. Schrägverzahnte Zahnräder im Getriebe sorgen für eine hohe Laufruhe und reduzieren die Lärmemission. Die pulsationsfreie Förde-

rung verringert zudem den Verschleiß der angrenzenden Rohrleitung auf ein Minimum. Für eine hohe Betriebssicherheit sorgt zusätzlich ein AirGap. Dieser Luftspalt trennt Getriebe und Pumpenkammer atmosphärisch voneinander. So gelangt selbst bei einer Leckage keine Flüssigkeit in das Getriebe, sondern fließt nach außen ab. Gleichzeitig schützt der Spalt das Getriebe bei der Förderung heißer Medien. Die VY-Serie ist ein Allrounder für neue Anwendungsfelder in der chemischen Industrie.

Kontakt

Vogelsang GmbH & Co. KG,
Essen/Oldb.
Tel.: +49 5434 83 - 0
germany@vogelsang.info
www.vogelsang.info

Seitenkanalpumpen für kalte Medien

Auf der Achema stellte Sero Pumpsystems die Tieftemperatur-Seitenkanalpumpe SEMA-S...TT vor. Mit ihrem hermetisch dichten Produktraum fördert die wellendichtungslose Pumpe leckagesicher druckverflüssigte Gase wie Ammoniak, LPG und CO₂ bei Medientemperaturen bis zu -60 °C. Die Pumpe wurde zum Fördern kleiner Mengen über große Höhen bei einem nur geringen Zulaufniveau konzipiert. So bleibt die Förderleistung auch beim Auftreten von Gasanteilen im jeweiligen Medium unterbrechungsfrei erhalten. Der Pumpenkörper wurde speziell für die Förderung tieftemperierter Fluide ausgelegt. Alle drucktragenden Bauteile bestehen aus schlagfestem Edelstahl. Die Antriebslaterne ist gegen Lufteintritt – und damit gegen eine mögliche



Vereisung – geschützt. Speziell konfigurierte Federpakete gleichen eine Wärmedehnung ebenso aus wie eine Kontraktion der Hydraulik, wie sie beim Befüllen der Pumpe durch das Fördermedium oder im Stillstand auftritt. Zusätzliche Längendehnungseinsätze verhindern temperaturbedingte Verspannungen im Pumpenkörper. Die Gleitlagerung wurde mit einer maßoptimierten Passung ausgeführt. Schließlich minimieren spezielle Anlaufscheiben mögliche Verschleißeffekte und gewährleisten so eine erhöhte

Betriebssicherheit. Die magnetgekuppelte Seitenkanalpumpe mit vorge-schaltetem NPSH-Sauglaufrad ist – je nach Leistung in ein- oder mehrstufiger Ausführung – für Fördervolumina von 0,3 m³/h bis 36 m³/h, einem Nenn-druck bis 40 bar und Förderhöhen bis zu 430 m verfügbar. Eingesetzt wird sie unter anderem in Kälteanlagen, bei der Erdgasverdampfung, der Regasifizierung von LNG von Schiffen in Terminals, in der Chemie und Petrochemie, der Öl- und Gasindustrie sowie in der Verfahrenstechnik.

Kontakt

SERO PumpSystems GmbH,
Meckesheim
Tel.: +49 6226 9201 - 0
www.seroweb.com

Elektrische Membranpumpe im Drei-Kammer-Design

Die Pumpe der EVO-Serie kann als flexible Lösung in einer Vielzahl von Anwendungen unter den härtesten Bedingungen und Anforderungen eingesetzt werden. Ob in der chemischen Verarbeitung oder Transfer, in der Wasser- und Abwasseraufbereitung, im Bergbau oder der allgemeinen Fertigung. Sie verfügt über einen integrierten Encoder und ein wartungsfreies Getriebe. Die dichtungslose Konstruktion verhindert das Austreten von gefährlichen Flüssigkeiten. Das einzigartige 3-Kammer-Design mit der für die EVO-Serie



entwickelten Membranen ist in fünf verschiedenen Konstruktionsmaterialien für den Umgang mit den aggressivsten und korrosivsten Flüssigkeiten verfü-

bar: Edelstahl, Gusseisen oder Aluminium (demnächst zudem Polypropylen und leitfähiges Polypropylen verfügbar). Sie bietet einen integrierte Steuerungs- und Überwachungsfunktion sowie einen integrierten thermischen Motorschutz. Der AC-Getriebemotor von ARO ist als Standard- (schwarz) oder ATEX-Version (rot) erhältlich.

Kontakt

WP-ARO GmbH, Alzenau
Tel.: +49 6023 9643 - 70
info@wp-aro.de · www.wp-aro.de



Professionelle Container-entleerung

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

Kugelhähne mit digitaler Lebenslaufakte

Kugelhähne der DKM Armaturentechnik erhalten bei der Fertigung eine digitale Lebenslaufakte, über die Leistungsdaten und Betriebszustand gesichert abgerufen werden können. Die planbare Instandhaltung wird somit zukünftig erheblich leichter. Alle zu einem Kugelhahn gehörenden Daten werden in der digitalen Lebenslaufakte dokumentiert, darunter Produktspezifikationen und Produktionsdaten, Zustandsbeschreibung des Equipments (z.B. montierte Antriebe), Zertifikate, Wartungsinformationen sowie Abnahme- und Prüfberichte. Ein jedem Kugelhahn fest zugeordneter QR-Code dient als Bindeglied zwischen der digitalen Akte und den verbauten Armaturen. Über Tablets oder Smartphones haben Techniker vor Ort so die gesamte Historie des jeweiligen Exemplars zur Hand, darunter Information zu erfolgten Wartungsmaßnahmen und Prüfberichte mit Fotos. Bereits verbaute Kugelhähne oder vergleichbare Armaturen lassen



sich auch nachträglich in das System integrieren. Bereits praxiserprobt ist die Möglichkeit zur Fernabnahme von Dichtheits- und Druckprüfungen. Über den autorisierten Zugang zum Kundenportal kann die Prüfung von Kugelhähnen per Livestream verfolgt werden. Auch die Montage der Produkte lässt sich live verfolgen.

Kontakt

**DKM Armaturentechnik GmbH,
Zweibrücken**
Tel.: +49 6106 667 - 070
info@dkm-armaturen.de
https://dkm-armaturen.net

Intelligent durchflossen

Für eine nachhaltige Verwendung von Ressourcen spielen intelligente automatisierte Rohrleitungssysteme zum Transport von Chemikalien, Wasser und anderen Medien wichtige Rolle. In diesem Zusammenhang stellt GF Piping Systems den komplett aus Kunststoff gefertigten Kugelhahn 543 Pro vor. Er ist wartungsfrei, langlebig und mit einem neuen pneumatischen Antrieb Typ PPA und einem elektro-pneumatischen Stellungsregler ausgestattet. Der leichte, kompakte Drei-Wege-Kugelhahn deckt ein breites Spektrum an Applikationen ab. Des Weiteren wird eine industrielle Absperrklappe mit Umweltdeklaration angeboten. Die Anfang 2021 eingeführte Kunststoffabsperklappe 565 ist besonders druck- und temperaturbeständig. Aufgrund derselben Einbaulänge sind bestehende Metallventile leicht austauschbar. Da die Klappe nicht korrodiert und der Abrieb nur gering ist, fallen die Wartungskosten gering aus. Dank Modularität kann der Anwender zwischen elektrischen und pneumatischen Antrieben sowie einem intelligenten elektrischen Antrieb wählen,

der per Fernzugriff gesteuert und überwacht werden kann. Weitere Funktionalitäten ergeben sich, indem verschiedene Sensoren angeschlossen werden. Dem Schutz vor gefährlichen Medien dient das Doppelrohrsystem Contain-IT Plus aus Kunststoff. Es ist leicht und einfach zu handhaben, korrosionsfrei, UV-, witterungs- sowie chemisch beständig und hat eine glatte Innenoberfläche. Doppelte Rohrsysteme sind für alle Marktsegmente unerlässlich, in denen unerwartete Leckagen die Umwelt, Gesundheit, Sicherheit und Qualität gefährden können. Mit IR PVC-U wird zudem das erste infrarot-geschweißte PVC-U-Rohrleitungssystem vorgestellt, welches eine verlässliche klebstofffreie Verbindung in einem maschinenkontrollierten Prozess ermöglicht.

Kontakt

GF Piping Systems, Georg Fischer GmbH, Albershausen
Tel.: +49 7161 30 - 20
info.de.ps@georgfischer.com
www.gfps.com/de

Kompaktes Axialventil

Das Axial-Durchgangsventil Typ 3599 von Samson kombiniert die Vorteile eines Käfigventils, wie robuste Konstruktion, wählbare Ventilgarnituren und gute Regeleigenschaften, mit denen von Schwenkarmaturen, d.h. geringen Betätigungskräften und emissionsarmen Packungen. Das bis DN 1200/NPS 48 erhältliche Ventil ist gleichermaßen für Regel- wie für Auf/Zu-Anwendungen geeignet. Seine hohe Durchflusskapazität und die guten Regeleigenschaften machen das kompakte Axialventil breit einsetzbar. Es regelt zuverlässig den Durchfluss – unter nahezu allen Prozessbedingungen. Für kritische Anwendungen stehen unterschiedliche Käfigausführungen (z.B. zur Geräuschreduktion oder Kavitationskontrolle), zahlreiche Sonderwerkstoffe für Gehäuse, Ventilloberteil und -garnituren sowie Auskleidungen und Beschichtungen zur Verfügung. Zusätzlich verhindert die Abstützung des Käfigs durch die Spindelführung, dass sich Fremdkörper zwischen Käfig und Kegel absetzen und schützt so die Ventilgarnitur vor Schäden. Das Axial-Durchgangsventil bie-



tet maximale axiale Kraft, sodass es nur einen kleinen Antrieb benötigt und schnell auf Sollwertänderungen reagieren kann. Als Antrieb können Standard-Schwenkantriebe mit 90° Nennwinkel dienen. Eingesetzt werden kann das Ventil als Schutzeinrichtung für Verdichter und Pumpen (Anti-Surge-Ventil) in der Gas- und Petrochemie, bei An- und Abfahrprozessen von Pumpen im Bergbau und für den Transport von Trinkwasser.

Kontakt

Samson AG, Frankfurt am Main
Tel.: +49 69 4009 - 0
samson@samsongroup.com
www.samsongroup.com

Magnetventil: Für Wasserstoff bis 1.000 bar

GSR Ventilttechnik hat sein Portfolio um ein servogesteuertes 2/2-Wege-Magnetventil im Druckbereich von 5 bis 1.000 bar ergänzt, das speziell für Wasserstoffbetankungsanlagen 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 Tankanlagenhersteller 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



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 Ventilttechnik GmbH & CO. KG, Vlotho
Tel.: +49 5228 779 - 373
swehrhahn@ventiltechnik.de
www.ventiltechnik.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>

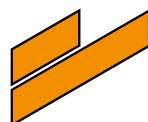
Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung



**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

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

Mechanische Verfahrenstechnik

Koaleszenzabscheider



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

Magnetfilter & Metallsuchgeräte

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

Tröpfchenabscheider



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

Vibrationstechnik



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

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

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

Vakuumsysteme

www.vacuum-guide.com

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

Verdampfer



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

Wärmekammern



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

CITplus [IN SIGHT]

Der monatliche Themen-Newsletter für die Prozessindustrie.



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

Kontakte Mediaplanung:

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

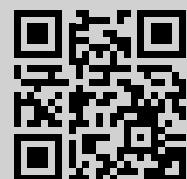
Marion Schulz
+49 6201 606 565
mschulz@wiley.com

Kontakt Redaktionsplanung:

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

WILEY-VCH

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



Aerzener Maschinenfabrik	47	Frenzelit	47	LUM	45	Seipenbusch particle engineering	74
Alino	73	Gemü	73, 74	Lutz Pumpen	71, 73	Sero Pumpsystems	71
AMG Lithium	13	Genua	66	Maschinenfabrik Gustav Eirich	49	Smartgas Mikrosensork	61
Atlas Copco	70	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh)	3, 8, 30	Max-Planck-Institut für Kohlenforschung	18	Spetec	70
Azo	11	GF Piping Georg Fischer	72	Meorga	5	SVolt Energy Technology (Europe)	12
BASF	12	GIG Karasek	74	Merck	14	System Controls Mess- und Regeltechnik	51
Beinlich Pumpen	73	Goudsmit Magnetics Systems	73	Messe Düsseldorf	8	TU Dortmund	14
Buss-SMS-Canzler	51	Grundfos	70	Michell Instruments	41	VDI	7, 16
C. Otto Gehrckens (COG)	53	GSR Ventilttechnik	72	Namur	8	VDI Wissensforum	8
Comsol Multiphysics	44	Harter	59	Netter Vibration	73	VDI Zentrum	
Covestro Deutschland	10	Haus der Technik (HDT)	8	Noge	73	Ressourceneffizienz (VDI ZRE)	36
Customcells	42	Helling	73	Nova-Institut	35	VDI-GVC	15, 27
Dechema	7, 8, 11, 24	Horst Weyer & Partner	58	NRW.Energy4Climate	52	Vega Grieshaber Instruments	17
Dechema-Forschungsinstitut	8	HS Umformtechnik	73	NSB gas processing	74	Venjakob	74
DKM Armaturentechnik	72	Ing.-Büro Pierre Strauch	74	NürnbergMesse	8	Vogelbusch	73
Dow	12	Inosim Software	56	Palas	74	Vogelsang	71
Dr. Thiedig	61	Inwatec	13	Pepperl+Fuchs	64	Vulcan Energie Ressourcen	48
EDL Anlagenbau	38	Jessberger	73	Proceng Moser	73	Walther Präzision	54
Ekato	Titelseite, 20, 55	Jumo	8, 33	Prominent	69, 73	Watson Marlow	51
EnviroChemie	47	Kaeser Kompressoren	39	Pumpen Center Wiesbaden	73	Will & Hahnenstein	74
Envirotec	74	KSB	73, 4.US	RCT Reichelt Chemietechnik	47, 73, Beilage	Witte	73
Evonik Industries	13	L + T Gasetechnik Klöpffer-Waldmann	60	Rembe Safety + Control	3	WK Wärmetechnische Anlagen-, Kessel- und Apparatebau	74
Findeva	29, 73	Lab.f.Machine Tools and Production Engineering WZL of RWTH Aachen	62	Samson	72	Wolftechnik Filtersysteme	46
Fraunhofer Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik (IGB)	42	Leibniz-Institut für Katalyse	13	Sasol	40	WP-Aro	71

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:
 Q2 19.873 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. Oktober 2022

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

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

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

Sonderdrucke

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

Originalarbeiten

Die namentlich gekennzeichneten Beiträge stehen
 in der Verantwortung des Autors. Manuskripte
 sind an die Redaktion zu richten. Hinweise für
 Autoren können beim Verlag angefordert werden.
 Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte
 übernehmen wir keine Haftung! Nachdruck, auch
 auszugsweise, nur mit Genehmigung der Redakti-
 on und mit Quellenangaben gestattet.
 Dem Verlag ist das ausschließliche, räumliche und
 inhaltlich eingeschränkte Recht eingeräumt, das
 Werk/den redaktionellen Beitrag in unveränderter
 oder bearbeiteter Form für alle Zwecke beliebig
 oft selbst zu nutzen und 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

BESSER ABGEDICHTET ALS FORT KNOX.



Die magnetgekuppelte Chemienormpumpe Magnochem ist ideal für das Fördern kritischer Medien. Durch die statische Abdichtung ist die Magnochem nicht nur sicherer als wellengedichtete Pumpen, sondern auch besonders wartungsarm und leckagefrei. Eine echte Rundum-sorglos-Chemiepumpe!

Erfahren Sie mehr unter www.ksb.de/magnochem

► **Unsere Technik. Ihr Erfolg.**

Pumpen • Armaturen • Service

