



Schlüsselressource Wasser

Meerwasserentsalzung und Reinstwasseraufbereitung für die Elektrolyse

**Energie aus der Tiefe –
Pumpspeicherkraftwerk
unter Wasser**

Frequenzumrichter regeln
Pumpen zur nachhaltigen
Stromspeicherung

S. 22

**Technisches
Risikomanagement
wird interaktiv**

Sicherheitsbewertung an
dynamische Produktions-
umgebungen anpassen

S. 38

**Additive Fertigung
in der chemischen
Verfahrenstechnik**

Anwendungen, Heraus-
forderungen und Perspek-
tiven für den 3D-Druck

S. 42

WILEY VCH



Seminare & Tagungen

Verfahrenstechnik

Planung und Auslegung von Rohrleitungen mit Regelventilen und Pumpen

27. - 28.01.26 in Berlin
09. - 10.06.26 in Essen
26. - 27.11.26 in Essen

Tagung Abgasreinigungsverfahren

03. - 04.02.26 in Essen

Verfahrenstechnische Dimensionierung mit Erfahrungsregeln

Anwendung von Daumenregeln und Short-cut Methoden bei der prozesstechnischen Dimensionierung und Kostenschätzung
10. - 11.02.26 in Essen
21. - 22.07.26 in München

Sicherer Betrieb von Anlagen – Betreiberverantwortung und Anlagendokumentation

24. - 25.02.26 in Essen
03. - 04.11.26 in Essen

Wärmeübertrager

Basisplanung – Heuristische Regeln – Kostenschätzung
24. - 26.02.26 in Essen

Industrielle Bioverfahrenstechnik und Aufarbeitung von Biomolekülen

04. - 05.03.26 in Essen

Basiswissen Chemie für Kaufleute und Techniker

09. - 11.03.26 in Augsburg
14. - 16.09.26 in Frankfurt am Main
09. - 11.11.26 in Essen

Explosionsschutz im Anlagenbau

praxisbetontes Seminar mit Experimenten u. Übungen
10. - 11.03.26 in Essen

1 x 1 der Verfahrenstechnik

Grundlagen und ausgewählte Anwendungen aus d. Praxis
14. - 16.04.26 in Essen
30.06. - 02.07.26 in Hamburg
08. - 10.09.26 in Timmendorfer Strand
10. - 12.11.26 in Berlin

Ertüchtigung von Flachbodentanks und Tanktassen

15. - 16.04.26 in Essen

Anwendung der Druckgeräterichtlinie (DGRL)

Richtlinie 2014/68/EU (bisher 97/23/EG) über Druckgeräte
16. - 17.04.26 in Essen
17. - 18.09.26 in Essen

Rohrleitungsplanung für Industrie- und Chemieanlagen

unter Berücksichtigung des ASME-Codes sowie der EG-Richtlinien
16. - 17.04.26 in Essen
12. - 13.11.26 in Berlin

Kristallisationen in der chemischen und pharmazeutischen Industrie

21. - 22.04.26 in Essen

Einführung in die Pneumatische Förderung für Planer, Anwender, Ingenieure und Techniker

21. - 22.04.26 in Essen

IHR ANSPRECHPARTNER:

Dipl.-Ing. Kai Brommann
Leiter Fachbereich Chemie –
Brandschutz – Verfahrenstechnik
Telefon: +49 (0)201 1803-251
E-Mail: fb5@hdt.de



hdt.de/verfahrenstechnik



Zukunft wählen



Etwina Gandert
Chefredakteurin



* 2026
YEAR OF THE
RED
FIRE
HORSE

Die Chemie-Branche ringt und kämpft, die Krise drückt, die Stimmung gedämpft. Bürokratie und hohe Kosten drücken schwer, wenig Aufträge, die Anlagen laufen kaum mehr.

Die Kerzen brennen hell und klar, wir blicken zurück aufs alte Jahr, und zwischen Weihnacht und Silvesternacht wird Bilanz gezogen, nachgedacht.

Denn in der stillen Weihnachtszeit, wenn die Werke sind weiß beschneit, erwacht die Hoffnung, hell und klar – das Feuer-Pferd* trägt uns ins neue Jahr.

Der Wandel naht mit neuer Kraft: Digitalisierung, die Zukunft schafft, KI und Daten, smart vernetzt – Ethernet-APL wird jetzt geschätzt.

Nachhaltigkeit, das große Ziel, Kreislaufwirtschaft – noch nicht viel, doch Schritt für Schritt wird's nun gemacht, die Branche hat's sich vorgedacht.

Was trägt uns durch die schwere Zeit? CITplus macht euch dafür bereit, mit Fachartikeln, Trends, die zeigen weit – damit ihr bleibt am Puls der Zeit.

Von Power-to-X bis CO₂-Reduktion, von Elektrifizierung bis Transformation CITplus schreibt, was kommt, was zählt, damit die Branche Zukunft wählt.

Genießt die Festtage zwischen den Jahren – Ruhe tanken, Kraft bewahren, mit CITplus bleibt ihr stets am Ball – auf ein erfolgreiches Jahr für uns all'!

Bleiben Sie gesund!

**Mit frohen Festtagsgrüßen von
Claude.ai und**

Etwina Gandert,
Chefredakteurin CITplus
etwina.gandert@wiley.com

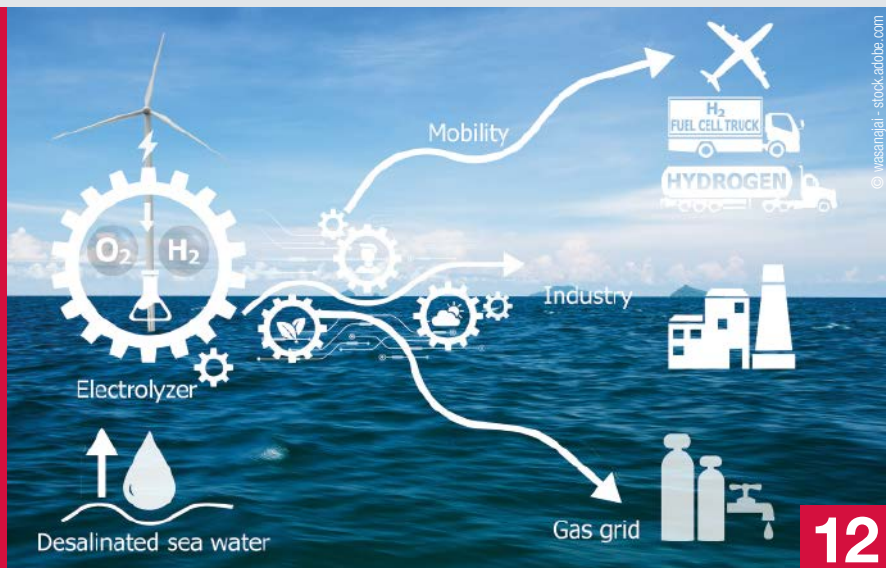
PS: Wenn Sie die digitalen Ausgaben und aktuelle News nicht verpassen wollen, melden Sie sich gerne kostenfrei an zu unserem Newsletter von Wiley Process Technology.

processtechnology.wiley.com



Wiley Online Library





Wasser als Schlüsselressource der Energiewende

Meerwasserentsalzung und Reinstwasseraufbereitung liefern die Basis für die Elektrolyse

Wasser ist der stille Reichtum der Zukunft. Es dient nicht mehr nur der Sicherung von Produktion und Wohlstand, sondern entwickelt sich zunehmend zum Flaschenhals der Energiewende. Es wird zur Kühlung von Kraftwerken und auch für die Produktion von Wasserstoff und Derivaten verwendet. Für die Wasserstoffproduktion durch Wasserelektrolyse ist Reinstwasser notwendig. Eine Kopplung der Reinstwasseraufbereitung mit anderen Produktionsanlagen oder Industriesektoren kann, unter Nutzung vorhandener Abwärme, den Wirkungsgrad des Gesamtsystems erhöhen.



CO₂-Emissionen sparen

Pumpen: vielseitig, robust und energieeffizient

KOMPAKT

6 Wirtschaft + Produktion

7 Personalia

8 Im Profil

10 Forschung + Entwicklung

11 Termine

FOKUSTHEMA

12 Wasser als Schlüsselressource der Energiewende

Meerwasserentsalzung und Reinstwasseraufbereitung liefern die Basis für die Elektrolyse

A. Lucht Uribe, Y. Morales, J. Seemann, F. Saravia, T. Track, Dechema

16 Wasserrecycling in der Textilindustrie

Färbereiabwasser mit kombinierter UF-/RO-Membrantechnologie aufbereiten

K. Uchiho, Toray Membrane Europe

19 Physikalisches Wirkprinzip statt chemischer Inhibitoren

Nachhaltige Wasserbehandlung in industriellen Kühl- und Prozesskreisläufen mit chemiefreier Frequenzimpulstechnologie

H. Schneider-Jenchen, AquaEnergy

SONDERTEIL PUMPEN

21 Pumpen mit Prinzip

Elektrische Chemieabpumpen aus Polypropylen und PVDF für aggressive Medien
Dr. Jessberger

22 Energie aus der Tiefe – wie Betonkugeln den Meeresboden elektrisieren

Unterwasserkraftwerk mit Frequenzrichter geregelten Pumpen zur nachhaltigen Stromspeicherung

A. Diedrich, ABB Motion Deutschland

26 Modernisierung der Kläranlage Oschersleben

Drei energieeffiziente Turbogebälse senken den Stromverbrauch und die CO₂-Emissionen
S. Meissler, Aerzener Maschinenfabrik

28 Die Pumpe als Gesamtlösung

Selbstregelnde Kreiselpumpen reduzieren Wartung und erhöhen Anlagenverfügbarkeit
F. Bungartz, Bungartz

30 Innovationen für Umwelt und Zukunft
Wie NETZSCH Pumpen & Systeme der Entstehung von Mikroplastik und PFAS begegnet
Netzsch Pumpen & Systeme

32 SAF sicher fördern
Wie innovative Pumpentechnologie die Dekarbonisierung der Luftfahrt vorantreibt
A. Hammer, Dickow Pumpen

25, 29, 31 Produkte
von Bühler Technologies, Grundfos, Kaeser, Prominent und Spetec

**MESS-, STEUER-, REGEL-,
AUTOMATISIERUNGS-,
ANTRIEBSTECHNIK**

34 360 Grad sicher
Security-Lösung für mobile und dezentrale Wasserstoffanwendungen
T. Sienk, Phoenix Contact

36 Praxisnutzen des digitalen Zwillings
Digital Twin Days zeigen, wie Daten Transparenz und Effizienz schaffen
K. Wolf, R. Stahl

BETRIEBSTECHNIK | SICHERHEIT

38 Risikomanagement wird interaktiv
Sicherheitsbewertung an dynamische Produktionsumgebungen anpassen
M. Pfeifer, A. Kurdas, TÜV Süd Industrie Service

**ANLAGEN | APPARATE |
KOMPONENTEN**

40 Garantiert sicher
Elastomer- und PTFE-Dichtungen für extreme Bedingungen in Wasserstoffsyste men
P. Schäfer, L. Casasola, Angst+Pfister

42 Additive Fertigung in der Verfahrenstechnik
Anwendungen, Herausforderungen und Perspektiven für den 3D-Druck in der Chemieindustrie
Interview mit Dr. Özlem Weiss, Expertants und Dr. Kathrin Rübberdt, Dechema

46 Prozessoptimierung mit Metall-3D-Druck
Evonik schließt zur Prozessoptimierung Lücken zwischen Simulation und Praxis mit additiver Fertigung
Dr. S. Schaack, J. Bott, Evonik Operations

48, 49 Produkte
von CAD Schroer, Hima, Lewa, Steute und Qumsult

50 Bezugsquellenverzeichnis

51 Index/Impressum

Beilage

Bitte beachten Sie die Beilage von RCT Reichelt Chemietechnik in dieser Ausgabe.

CIT^{plus}

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

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

Wiley Online Library



Willkommen im Wissenszeitalter

Wiley pflegt seine 200-jährige Tradition durch Partnerschaften mit Universitäten, Unternehmen, Forschungseinrichtungen, Gesellschaften und Einzelpersonen, um digitale Inhalte, Lernmittel, Prüfungs- und Zertifizierungsmittel zu entwickeln. Auch in Zukunft wird Wiley weiterhin Anteil an den Herausforderungen der Zukunft haben und Antworten geben, die Sie bei Ihrer Aufgabe weiterbringen.

WILEY VCH

WIR FÖRDERN FLÜSSIG- KEITEN

*Liquid Handling
im ICP und Labor*



Spritzenpumpe SYMAX
(nl - ml Bereich)



**Peristaltische Pumpen
Perimax** (ml Bereich)



**Standards:
ICP, AAS, pH**



**Pumpenschläuche mit
Reitern & Sonderschläuche**

SPETEC®

spetec@spetec.de
+49 (0) 8122 95909-0

www.spetec.de

Aufruf zum Maintainer 2026

Instandhaltung ist ein Schlüsselthema für Industrie und Wirtschaft. Kein Wunder, geht es doch darum, wie sich ökonomisch wirkungsvolle, nachhaltige und im besten Fall auch digitale Lösungen miteinander kombinieren lassen, um eine resiliente Anlagenperformance zu gewährleisten. Der Maintainer-Preis 2026 honoriert exzellente Leistungen in der Instandhaltung und zeigt die Vielfalt an innovativen Projekten rund um das Thema. Instandhaltungsteams aus den verschiedensten Industrien können sich um die Auszeichnung bewerben und bis zum 13. Februar 2026 ihre Lösungen einreichen. Gesucht werden die besten Ideen für die Kategorien „Excellence in Instandhaltung & technischem Service“ sowie „Sonderpreis für Innovation“. Seit 26 Jahren stellt der Preis die Bedeutung der Instandhaltung für die betriebliche Produktivität in den Fokus und würdigt den Wandel vom Kostenfaktor hin zum Wettbewerbsvorteil. Er zeichnet innovative Projekte, Entwicklungen und Lösungen aus dem deutschsprachigen Raum aus – sowohl von Dienstleistern und Servicepartnern als auch von Herstellern. Ob langjährig etabliertes Unternehmen oder kreatives Start-up: Der Award ist eine einzigartige Plattform, um zukunftsweisen Konzepte sichtbar zu positionieren.

Eine unabhängige Expertenjury kürt in beiden Kategorien die Gewinner und überreicht den Award. Alle Initiativen mit nachweisbaren Ergebnissen haben eine Chance auf die Auszeichnung. Ob smarte, nachhaltige oder digitale Instandhaltungsstrategien für das Asset Portfolio, KI-Lösungen zur Umsetzung von Predictive Maintenance oder eine Neuausrichtung der IH-Strategie – der Aufruf richtet sich an Mitarbeitende oder Teams, die die Instandhaltung in ihrem Unternehmen maßgeblich vorangetrieben haben. Die Gewinner präsentieren ihre Projekte und Lösungen auf der Fachtagung MainDays2026 – dem Jahrestreffen der Instandhaltung am 5. Mai 2026 in Berlin. Interessierte können sich ab sofort bewerben, Einsendeschluss ist der 13. Februar 2026.

www.maintainer.de

BASF erweitert Vorstand

BASF erweitert ihren Vorstand und erhöht die Zahl der Mitglieder von bisher sechs auf künftig sieben. Der Aufsichtsrat des Konzerns hat am 28. Oktober 2025 Dr. Mary Kurian (48) und Dr. Livio Tedeschi (54) mit Wirkung zum 1. Mai 2026 in den Vorstand berufen. Gleichzeitig wird das langjährige Vorstandsmitglied Michael Heinz (61) sein Mandat planmäßig zum 30. April 2026 niederlegen und in den Ruhestand treten. Laut BASF erfolgen diese Veränderungen im Einklang mit der Unternehmensstrategie „Winning Ways“, mit der die Führung des Unternehmens gezielt weiterentwickelt werden soll.

Mary Kurian übernimmt im Vorstand künftig die Leitung der BASF-Segmente Chemicals und Nutrition & Care. Sie wurde in Indien geboren und promovierte 2004 in Materialwissenschaften. Kurian hatte zunächst verschiedene Führungspositionen beim US-Gasunternehmen Air Products inne, bevor sie 2020 zu BASF in die USA wechselte. Seit 2023 leitet sie den Unternehmensbereich Care Chemicals am BASF-Standort Ludwigshafen. Ebenfalls zum 1. Mai 2026 wird Livio Tedeschi in den BASF-Vorstand eintreten und das neu geschaffene Ressort für das Segment Agricultural Solutions übernehmen. Der 54-jährige promovierte Chemiker aus Italien ist seit 2003 im Unternehmen und hatte seither verschiedene Führungsfunktionen mit Schwerpunkt Pflanzenschutz inne. Seit 2022 leitet Tedeschi den Unternehmensbereich Agricultural Solutions mit Sitz in Limburgerhof. Mit der Aufnahme dieses Bereichs in den Vorstand trägt BASF der wachsenden Bedeutung des Agrargeschäfts Rechnung und schafft Voraussetzungen für den geplanten Teilbörsengang dieser Sparte.

www.basf.com



Solids & Recycling-Technik Dortmund: Jubiläum mit neuen Messehighlights

Die Solids Dortmund 2026, Fachmesse für Granulat-, Pulver- und Schüttgut-Technologien, feiert am 18. und 19. März 2026 ihr 20-jähriges Jubiläum. Parallel findet die 9. Ausgabe der Recycling-Technik Dortmund, Fachmesse für Recycling-Technologien, statt. In vier Hallen zeigen nationale und internationale Aussteller Technologien für die Schüttgut-, Prozess- und Recycling-Industrie. Mit dabei sind langjährige Partner wie GKM Siebtechnik, Emde Automation oder Bückmann, sowie neue Unternehmen aus dem In- und Ausland wie z. B. Fraunhofer

IZFP, Grenzebach Maschinenbau, NT Service, SEW-Eurodrive, SMF oder Strabag. „Seit zwei Jahrzehnten ist die Solids Dortmund ein fester Bestandteil unseres Messekaleenders – und aus unserem Jahresrhythmus kaum noch wegzudenken. Die persönliche Atmosphäre und die wertvollen Kontakte machen sie einzigartig“, betont Kevin Schneider, Sales/Marketing bei GKM Siebtechnik. Neben der Teilnahme zahlreicher renommierter Unternehmen steht die Jubiläumsausgabe ganz im Zeichen von Wissenstransfer, Innovationen und neuen Messeformaten.

Neue Special Area Prozessautomatisierung

Eine bedeutende Neuerung in 2026 ist die Einführung der Special Area Prozessautomatisierung in Halle 4. Hier präsentieren führende Unternehmen wie Human-Machine Interfaces (HMI), Manufacturing Execution Systems (MES), Sensorik oder Steuerungssysteme Prozesse effizienter, nachhaltiger und sicherer machen. Wer seine Prozesse optimieren und auf Zukunftsfähigkeit prüfen möchte, findet hier Inspiration und konkrete Lösungsansätze.

Start-Up-Area

Die Messe bietet Gründern aus der Schüttgut- und Recyclingindustrie nicht nur Ausstellungsfläche, sondern auch höhere Sichtbarkeit und Zugang zu Entscheidern, Industriepartnern und Investoren. Zusätzlich können Start-Ups ihre Produkte und Lösungen auf der Innovationcenter Bühne in Halle 4 präsentieren. Auf der Innovationcenter-Bühne erfahren Besucherinnen und Besucher in spannenden Kurzvorträgen, welche Trends und Entwicklungen die Industrie von morgen prägen werden.

Mit dem Podcast Bulk Talk startet ein neuer Branchenkanal für Wissenstransfer und Dialog. Fachinterviews, Hintergrundgeschichten und Trends sorgen für eine ganzjährige Präsenz der Themen: von Predictive Maintenance, Staubbindung, Explosionsschutz über Kunststoff- und Baustoffrecycling bis zu KI in Produktionsprozessen. Auch übergreifende Aspekte wie Fachkräftemangel, Diversität und resiliente Unternehmenskultur werden beleuchtet.

Der Podcast ist auf allen gängigen Streaming-Plattformen wie Spotify, Apple Podcasts und Amazon Music verfügbar. Die Online-Registrierung für die Messe ist bereits geöffnet.

www.solids-recycling-technik.de



Chemikerin Ruth Bieringer wird GDCh-Präsidentin

Ruth Bieringer, Vice President Technology & Innovation – Material Technology bei Freudenberg Sealing Technologies, wird zum 1. Januar 2026 neue Präsidentin der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh). Sie wurde am 1. Oktober 2025 in der Sitzung des GDCh-Vorstands mit einer Enthaltung zur künftigen Präsidentin gewählt und folgt Prof. Dr. Stefanie Dehnen vom Karlsruher Institut für Technologie nach, die das Amt turnusgemäß für zwei Jahre innehatte. Zu stellvertretenden Präsidentinnen wurden ebenfalls ab Januar 2026 Dr. Carla Seidel von der BASF in Ludwigshafen und Dr. Susanne Rehn-Taube vom Deutschen Museum München gewählt. Das Präsidium wird außerdem von Dr. Franz von Nussbaum von der Nuvisan ICB in Berlin als Schatzmeister komplettiert.

Bieringer arbeitet seit 1999 bei Freudenberg, zunächst in verschiedenen Positionen der zentralen Forschung. Sie studierte Chemie an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz und promovierte 1999 an der Universität Bayreuth in Polymerchemie. Neben ihrer Tätigkeit bei Freudenberg in Weinheim ist sie Lehrbeauftragte an der Hochschule RheinMain im Bereich Werkstoffkunde. Seit 2024 gehört sie dem GDCh-Vorstand an und leitet dort den Think-Tank PFAS. Die neue Präsidentin will ihre Amtszeit auf den Dialog mit politischen Entscheidungsträgern konzentrieren. Nach eigener Aussage spielen Wissenschaftler eine zentrale Rolle bei der Lösung tiefgreifender gesellschaftlicher Herausforderungen: „Mir ist es besonders wichtig, dass politische Entscheidungen auf der Grundlage belastbarer wissenschaftlicher Erkenntnisse getroffen werden und wir als GDCh dabei als verlässlicher und kompetenter Partner zur Verfügung stehen.“ Sie betont: „Gerade wir Chemikerinnen und Chemiker sind gefordert, unseren Beitrag zu leisten, um die globalen Herausforderungen unserer Zeit zu meistern.“

www.gdch.de



Der bisherige und der neue Vorstand der Hosokawa Alpine AG (v. l. n. r.): Jürgen Wilde, Dr. Antonio Fernández, Michael Kuhn und Kathrin Dörle – die symbolische Staffelübergabe markiert den Führungswechsel zum Jahresbeginn 2026.

Wechsel im Vorstand von Hosokawa Alpine

Hosokawa Alpine vollzieht zum 1. Januar 2026 einen Wechsel in der Unternehmensführung. Der amtierende Vorstand mit CEO Dr. Antonio Fernández und CFO/COO Jürgen Wilde wird seine Ämter niederlegen. Die Nachfolge übernehmen Michael Kuhn als CEO und Kathrin Dörle als CFO. Dr. Antonio Fernández und Jürgen Wilde haben Hosokawa Alpine über viele Jahre geprägt. Der Aufsichtsrat dankt beiden für ihre Leistung und ihren Einsatz für das Unternehmen. Michael Kuhn war bereits 19 Jahre in verschiedenen Führungspositionen bei Hosokawa Alpine tätig und kehrt nach eineinhalb Jahren außerhalb der Gruppe zurück. Kathrin Dörle ist seit über 20 Jahren Teil des Unternehmens. Mit ihrer Berufung zieht erstmals eine Frau in den Vorstand ein. www.hosokawa-alpine.de

Axel Schwerdtfeger leitet Wika-Geschäftsbereich Process Solutions

Die Wika Gruppe hat mit Axel Schwerdtfeger einen erfahrenen Leader und Experten aus der Industrie gewonnen. Seit dem 1. Oktober ist er als Executive Vice President für den Geschäftsbereich Process Solutions verantwortlich. Darüber hinaus ist er als Mitglied der Geschäftsleitung wesentlich an der Entwicklung und Implementierung der globalen Unternehmensstrategie des Messtechnikherstellers beteiligt. Zuletzt war Axel Schwerdtfeger CTO und Vorstandsmitglied bei der Hawe Hydraulik, einem Hersteller von mechanischen und hydraulischen Komponenten und Systemen mit Hauptsitz in München. Bei dem international agierenden Familienunternehmen mit globalen Tochtergesellschaften war er 20 Jahre lang in verschiedenen Rollen tätig. Unter anderem verantwortete der studierte Wirtschaftsingenieur als COO zwei Jahre das operative Geschäft der Niederlassung in Shanghai, China. Bei Wika wird der Schwerpunkt von Axel Schwerdtfeger darauf liegen, das Produkt- und Serviceportfolio des Geschäftsbereichs sowie der dazugehörigen Niederlassungen strategisch weiterzuentwickeln, innovative Lösungen mit hohem Kundenmehrwert zu schaffen und die Geschäftsprozesse kontinuierlich zu optimieren.

www.wika.com



On the Road to 30,000 Members

Die ECA Foundation ist auf dem Weg, von derzeit 20.000 Mitgliedern in ihrer ECA Academy und ihren zehn Interessengruppen auf 30.000 zu wachsen und damit zur weltweit größten unabhängigen GMP-/GDP-Organisation zu werden. Begleiten Sie uns auf diesem Weg – und profitieren Sie von der Sonderaktion für PharmaCongress & PharmaTechnica Expo 2026, wo Sie an 8 Konferenzen, einer großen Expo und Live Demos teilnehmen können:

- **3 für 1:** Registrieren Sie sich bis zum 31. Dezember 2025 und Sie erhalten drei Tagestickets zum Preis von einem – plus eine zweijährige kostenlose ECA-Mitgliedschaft für alle drei Teilnehmenden (im Wert von jeweils 380 Euro).
- **2 für 1:** Ab dem 1. Januar 2026 erhalten Sie zwei Tickets zum Preis von einem, ebenfalls inklusive einer zweijährigen ECA-Mitgliedschaft.
- **Expo-Besuch:** als Besucher/in der PharmaTechnica Expo erhalten Sie ebenfalls eine zweijährige ECA-Mitgliedschaft ohne zusätzliche Kosten.



Erfahren Sie mehr: QR Code scannen
oder unter www.eca-foundation.org.



„Was Menschen bewegt, die etwas bewegen“

Dr. Vineetha Vinayakumar wurde im Rahmen des internationalen Partikeltechnik-Kongresses Partec mit dem renommierten VDI Friedrich-Löffler-Preis ausgezeichnet. Die promovierte Physikerin studierte in Indien und absolvierte Forschungsaufenthalte in Mexiko und den USA. Seit 2022 ist sie Gruppenleiterin des Institute for Energy and Materials Processes – Particle Science and Technology (EMPI-PST) an der Universität Duisburg-Essen.

Die berufliche Seite



arbeit, der Betreuung junger Forscher, der Freiheit, neue Ideen zu erforschen, und der intellektuellen Herausforderung, tiefgründig zu denken und gleichzeitig klar zu kommunizieren, motiviert mich sehr. Zusammen machen diese Elemente meine Arbeit sowohl spannend als auch zutiefst erfüllend.

Was war Ihr größter Erfolg?

Der Abschluss meiner Dissertation hat mir gezeigt, wie sehr ich die wissenschaftliche Forschung liebe. Der Friedrich-Löffler-Preis war ebenfalls ein wichtiger Meilenstein und eine große Anerkennung meiner Arbeit. Der Aufbau internationaler Kooperationen in verschiedenen Ländern – angefangen in Indien, dann in Mexiko, den USA und jetzt in Deutschland – war eine ebenso lohnende Erfahrung.

Was war Ihr größter Misserfolg?

Ablehnungen und kritisches Feedback, sei es zu Manuskripten, Vorschlägen oder Präsentationen, sind in der Forschung unvermeidlich. Ich habe gelernt, sie als Lernmöglichkeiten zu betrachten, die mein Denken verfeinern und letztendlich meine Arbeit robuster machen.

An welchen Prinzipien orientieren Sie sich?

Entschlossenheit, Ehrlichkeit und Integrität – sowohl im persönlichen als auch im beruflichen Leben.

Was vermissen Sie in Ihrem Beruf?

Nicht viel – aber ich würde mir mehr Offenheit und Flexibilität innerhalb des akademischen Systems wünschen, insbesondere für internationale Forscher, weniger Abhängigkeit von konventionellen

Messgrößen und mehr Raum für nicht-traditionelle Karrierewege.

Worauf würden Sie gerne verzichten?

Auf komplizierte Verwaltungsstrukturen, die die Zeit der Forscher nicht respektieren. Es sollte uns ermöglicht werden, stärker auf Forschung, Mentoring und Wissensförderung zu konzentrieren.

Welche Trends fördern Sie?

Ich fördere Offenheit und ein starkes Verantwortungsbewusstsein in der Gesellschaft. Ich hoffe auf eine Zukunft, in der alle Menschen gleichen Zugang zu Wissen und Chancen haben und die Möglichkeit, ein erfülltes und qualitativ hochwertiges Leben zu führen.

Welche Trends möchten Sie aufhalten?

Die wachsende Ungleichheit beim Zugang zu wissenschaftlichen Ressourcen und Möglichkeiten in verschiedenen Ländern, das Fortbestehen von Stereotypen, die die internationale Zusammenarbeit behindern und der zunehmende Druck, schnelle Ergebnisse statt durchdachter, rigoroser Forschung zu liefern – diese Trends beunruhigen mich, da sie den kooperativen Charakter der Wissenschaft gefährden.

Was sind Ihre nächsten Pläne?

Ich möchte weiterhin innovative Materialien und Prozesse erforschen, die nachhaltige Energietechnologien voranbringen, und gleichzeitig Kooperationen fördern, die Grundlagenforschung mit praktischen Anwendungen verbinden.

Wer oder was hat Sie geprägt?

Ich hatte das Glück, von vielen bemerkenswerten Menschen lernen zu dürfen. Meine Eltern und Großeltern haben mir eine tiefe Liebe zum Lernen und die Ausdauer, dieses Ziel zu verfolgen, vermittelt. Mein Mann ermutigt mich, meine Ambitionen mutig zu verfolgen. Und natürlich haben mir meine Berater in jeder Phase meiner Karriere sowie meine Kollegen gezeigt, wie leidenschaftliche, engagierte Forschung wirklich aussieht. Jeder von ihnen hat mein Verständnis von Ausdauer, Neugier und Integrität und deren Umsetzung tiefgreifend geprägt.

Was lieben Sie an Ihrem Beruf?

Dass es nie langweilig wird. Die Kombination aus internationaler und interdisziplinärer Zusammen-

Die private Seite

Wie würden Ihre Familie, Ihre Freunde Sie charakterisieren?

Zielstrebig, neugierig, hilfsbereit und manchmal ein wenig perfektionistisch.

Was treibt Sie an?

Meine Neugier und der Wunsch, Neues zu verstehen und Dinge zu verbessern.

Was gibt Ihnen Kunst/Kultur?

Einen Perspektivwechsel und Inspiration – sie erinnert mich daran, Dinge auch einmal außerhalb des Labors zu betrachten.

Ihr Verhältnis zum Reisen?

Ich reise sehr gerne – besonders, wenn ich dabei verschiedene Kulturen, Menschen und Lebensweisen kennenlernen kann. Ich entdecke Orte gerne mit dem Auto und plane meine Route flexibel. Manchmal liebe ich auch lange Zugreisen und Flüge, da sie mir Zeit geben, nachzudenken und zu beobachten.

Womit beschäftigen Sie sich in Ihrer Freizeit?

Ich treffe mich gerne mit Freunden, lese, höre Musik, jogge und spiele an den Wochenenden Badminton. Außerdem koche ich gerne, vor allem Gerichte aus Ländern, die ich bereist habe. Früher habe ich klassische indische Musik und Tanz gelernt, was mir sehr viel Freude bereitet hat – derzeit fehlt mir dafür jedoch die Zeit.

Was lesen Sie gerade?

Zurzeit lese ich Ikigai von Héctor García und Francesc Miralles – ein wunderschönes und inspirierendes Buch über die Suche nach Sinn und Balance im Leben. Außerdem empfehle ich Atomic Habits von James Clear – ein hervorragender Leitfaden, um sinnvolle und dauerhafte Gewohnheiten aufzubauen.

Ihre Lieblingsmusik?

Ich höre ein breites Spektrum – von klassischer Musik bis zu moderner Filmmusik. Mein Musikgeschmack variiert je nach Stimmung, von sanften, melodischen Rhythmen bis hin zu energiegeladenen und mitreißenden Klängen.

Was wären Sie auch gern geworden?

Vielleicht Reisende und Lehrerin – jemand, der Erfahrungen und Erkenntnisse an die nächste Generation weitergibt. Beide Wege sind gleichermaßen von Entdeckung und Verständnis geprägt.

Was schätzen Sie an Ihren Freunden?

Ehrlichkeit, Loyalität und die Fähigkeit, mich zum Lachen zu bringen und mich wohlfühlen zu lassen – selbst an stressigen Tagen.

Was möchten Sie in Ihrem Ruhestand machen?

Mehr reisen, mehr lesen und endlich wieder Zeit für Musik haben – vielleicht auch meine Leidenschaft für klassische Musik und die Violine neu entfachen.



Lebenslauf

Privat:

- **Geburt:** Kerala, Indien
- **Eltern:** Anitha Vinayakumar, Hausfrau, Vinayakumar, im Ruhestand, ehemals Naval Ship Repair Yard in Kochi, Indien
- **verheiratet mit:** Dr. Jacob Johny, Forschungswissenschaftler, Max-Planck-Institut für Chemische Energiekonversion, Mülheim, Deutschland
- **Hobbies:** Lesen, Singen, Tanzen, Reisen
- **Ämter, Ehrenämter:** Early Career Member und Mentor im CENIDE-Mentoringprogramm an der Universität Duisburg-Essen

Ausbildung:

- **Schule:** Mahatma Gandhi University, Kottayam, Indien
- **Ausbildung:** Studium Physik, Bachelor of Science und Master of Science in Physik, Mahatma Gandhi University, Indien, Promotion in Werkstofftechnik (Summa cum laude), Universidad Autónoma de Nuevo León, Mexiko

Auszeichnungen:

- **2023:** Helmut-und-Gerlinde-Schwarz-Stiftung Förderpreis, Forschungsaufenthalt Rice University, USA
- **2023:** Postdoc Seed Funding Programm der Universität Duisburg-Essen
- **2020:** Aufnahme in das Sistema Nacional de Investigadores (SNI-I), Mexiko
- **2018:** CONACYT-Stipendium, USA
- **2015:** Promotionsstipendium CONACYT, Mexiko
- **2014:** Preis für die beste Masterarbeit, KSCSTE, Indien

Berufslaufbahn:

- **Seit 2022:** Gruppenleiterin, Institute for Energy and Materials Processes – Particle Science and Technology (EMPI-PST), Universität Duisburg-Essen, Deutschland
- **2020–2021:** Postdoktorandin, Universidad Autónoma de Nuevo León, Mexiko
- **2018–2019:** Gastwissenschaftlerin, NREL, Golden, Colorado, USA

Wiley Online Library



Dr. Vineetha Vinayakumar

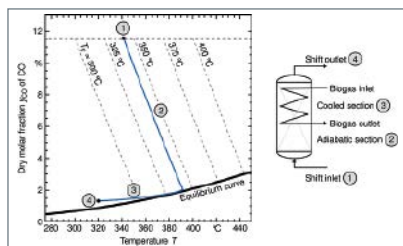
Research Group Leader
Institute for Energy and Materials Processes – Particle Science and Technology (EMPI-PST), Universität Duisburg-Essen, Duisburg, Deutschland
Tel.: +49 203 379 8206
vineetha.vinayakumar@uni-due.de
www.uni-due.de/empi/pst

WILEY Online Library

Aktuelle Veröffentlichungen in Chemie Ingenieur Technik 11/2025



onlinelibrary.wiley.com



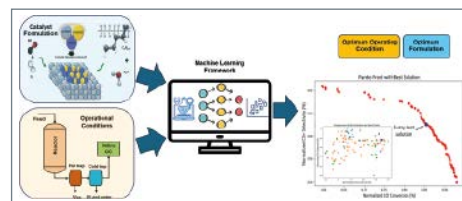
Hydrogen from Biogas: Dynamic Modeling of an Integrated Shift Reactor

A dynamic, pseudo-homogeneous, two-dimensional reactor model of an integrated shift reactor for the production of hydrogen from biogas is developed. This integrated shift reactor enables the preheating of the biogas feed through a helical coil in the fixed bed. Simultaneously, the resulting reduced temperatures in the fixed bed lead to an increased hydrogen yield of the shift reactor, due to the exothermicity of the water-gas shift reaction. The developed model is validated with steady-state and dynamic operating data from a measurement campaign at a pilot biogas steam reforming plant. The results show that the model adequately predicts the measured operating points.

Edwin Hirtreiter, Technical University of Munich, TUM School of Engineering and Design, Department of Energy and Process Engineering, Institute of Plant and Process Technology · edwin.hirtreiter@tum.de · DOI: 10.1002/cite.12007

Machine Learning–Enhanced Fischer–Tropsch Synthesis: Optimizing Catalysts and Process Conditions for Efficient Fuel Production

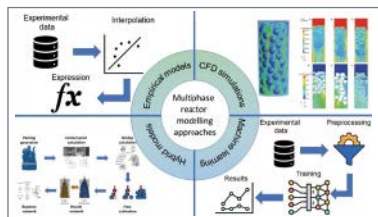
Fischer–Tropsch synthesis (FTS) offers a promising route for producing clean, renewable fuels. Yet, designing efficient catalysts and determining optimal process conditions remain major hurdles. Machine learning (ML) provides powerful means to address these challenges. Despite their potential, metal/zeolite catalysts are scarcely studied in ML-driven FTS research. This work applies an ML-based framework to model and optimize metal/zeolite catalysts for liquid fuel synthesis via FTS. Supervised learning methods reveal key structure–performance correlations, whereas multi-objective optimization identifies ideal catalyst and process parameters. The top solution is benchmarked against nearest experimental data. Results show CatBoost as the best-performing model, with Pt–Co/Beta treated with NaOH and NH₄⁺ emerging as the optimal catalyst.



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Harvey Arellano-Garcia, Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Fachgebiet Prozess- und Anlagentechnik arellano@b-tu.de · DOI: 10.1002/cite.70030

An Efficient and Unified Modeling Framework for Trickle Bed Reactors: A Modular Approach

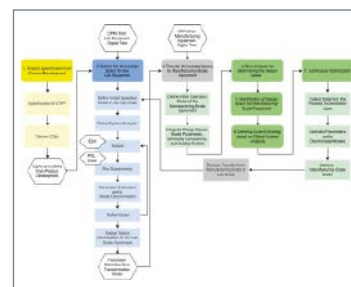
Trickle bed reactors (TBRs) involve complex and multiscale dynamics that challenge their design, modeling, and optimization. Current approaches often suffer from high computational cost and limited scalability, restricting their applicability in large-scale cases. This work introduces a modular, computationally efficient framework to address these issues by systematically capturing key transport and reaction phenomena. Furthermore, it provides a critical review of existing modeling strategies for TBRs, outlining their strengths and limitations and highlighting opportunities for enhancement through modularization. By offering a structured and scalable approach, the proposed framework improves predictive capabilities and supports the development of optimized and adaptable reactor designs.



Dr.-Ing. Vasileios K. Mappas and Univ.-Prof. Dr.-Ing. Harvey Arellano-Garcia, Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Fachgebiet Prozess- und Anlagentechnik mappas@b-tu.de; arellano@b-tu.de · DOI: 10.1002/cite.70035

Applying Quality by Design to Digital Twin Supported Scale-Up in Modular Plants

In the pharmaceutical and specialty chemical industries, faster time-to-process is a significant measure of success. Modular Plants made up of Process Equipment Assemblies are of significant interest due to high flexibility and good scalability. Additional benefit can be leveraged from equipment-based Digital Twins combined with methodologies such as Quality by Design (QbD). In 2024, a small survey, aimed at stakeholders in the modular plant community, was launched to address FAIR information in process development domains. Responses from professionals in multiple disciplines revealed critical gaps in information during the lifecycle of modular manufacturing systems. These insights informed the development of a Digital Twin-based workflow for scale-up in Modular Plants, incorporating principles of QbD. Key aspects of this workflow are illustrated for transfer of an esterification process from a 2-L to a 50-L reactor module.



Amy Koch, TU Dresden, Process-to-Order Group · amy.koch@tu-dresden.de · DOI: 10.1002/cite.70016

Dezember 2025

GeCatS Infoday „From Flow Chemistry to Continuous Processes: New Alternatives for Chemical Production on Laboratory and Ton Scale“	09. Dez.	Frankfurt/Main	Simone Kinkel, simone.kinkel@dechema.de , www.dechema.de
--	----------	----------------	--

Januar 2026

Planung und Auslegung von Rohrleitungen mit Regelventilen und Pumpen	27.–28. Jan.	Berlin	Haus der Technik, info@hdt.de , www.hdt.de/seminare-workshops
--	--------------	--------	---

Februar 2026

Kassel Membrane Days 2026: Membrane separation – an enabling technology	03.–04. Feb.	Kassel	Xueqing Wu, xueqing.wu@dechema.de , www.dechema.de
Tagung Abgasreinigungsverfahren	03.–04. Feb.	Essen	Haus der Technik, info@hdt.de , www.hdt.de/seminare-workshops
DECHEMA-Workshop für Klebstoffanwender: Langzeitverhalten von Klebungen	09. Feb.	Köln	Andrea Köhl, andrea.koeh@dechema.de , www.dechema.de
Verfahrenstechnische Dimensionierung mit Erfahrungsregeln	10.–11. Feb.	Essen	Haus der Technik, info@hdt.de , www.hdt.de/seminare-workshops
26. Kolloquium: Gemeinsame Forschung in der Klebtechnik	10.–11. Feb.	Köln	Andrea Köhl, andrea.koeh@dechema.de , www.dechema.de
Sicherer Betrieb von Anlagen – Betreiberverantwortung und Anlagendokumentation	24.–25. Feb.	Essen	Haus der Technik, info@hdt.de , www.hdt.de/seminare-workshops
GLP „Refresher“ Kurs	24. Feb.	Online	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de , www.gdch.de
„Wärmeübertrager Basisplanung – Heuristische Regeln – Kosten-schätzung“	24.–26. Feb.	Essen	Haus der Technik, info@hdt.de , www.hdt.de/seminare-workshops
38th Irsee Natural Product Symposium	25.–27. Feb.	Irsee	Silke Kwasniok, silke.kwasniok@dechema.de , www.dechema.de
Jahrestreffen der DECHEMA/VDI-Fachgruppen Extraktion, Misch-vorgänge und Grenzflächenbestimmte Systeme und Prozesse 2026	25.–26. Feb.	Frankfurt/Main	Natalie Wiesner, natalie.wiesner@dechema.de , www.dechema.de
37. Deutsche Zeolith-Tagung	25.–27. Feb.	Stuttgart	Matthias Neumann, matthias.neumann@dechema.de , www.dechema.de

März 2026

Die Qualitätssysteme GMP (Gute Herstellungspraxis) und GLP (Gute Laborpraxis) im Überblick – Ein Leitfaden der Guten Praxis	02. Mrz.	Frankfurt/Main	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de , www.gdch.de
Effiziente Herstellung kosmetischer Emulsionen im Produktionsmaßstab	03. Mrz.	Frankfurt oder Online: Sie haben die Wahl	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de , www.gdch.de
Jahrestreffen der DECHEMA/VDI-Fachgruppen Kristallisation und Trocknungstechnik 2026	04.–06. Mrz.	Frankfurt/Main	Chereén Semrau, chereen.semrau@dechema.de , www.dechema.de
Industrielle Bioverfahrenstechnik und Aufarbeitung von Biomolekülen	04.–05. Mrz.	Essen	Haus der Technik, info@hdt.de , www.hdt.de/seminare-workshops
Basiswissen Chemie für Kaufleute und Techniker	09.–11. Mrz.	Augsburg	Haus der Technik, info@hdt.de , www.hdt.de/seminare-workshops
D-A-CH Algen Summit 2026	11.–12. Mrz.	München	Nina Weingärtner, nina.weingaertner@dechema.de , www.dechema.de
German Conference on Synthetic Biology 2026 (GCSB 2026)	11.–13. Mrz.	Münster	Kristina Böhlant, kristina.boehlant@dechema.de , www.dechema.de
Fruchtsäfte, fruchtsaffhaltige Getränke: Technologie, Untersuchung und Beurteilung	12. Mrz.	Berlin	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), fb@gdch.de , www.gdch.de

Der CITplus Podcast-Tipp



Nachgefragt – wissen, wie's läuft – Der Podcast des Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Im Podcast des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) spricht Moderatorin Gabi Zachmann mit jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, die für ihr Thema brennen. Die Forschenden stellen sich Fragen rund um ihr Fachgebiet und erklären komplexe Zusammenhänge einfach und verständlich. Hören Sie rein – damit Sie wissen, wie's läuft!

Eine Auswahl von Themen vergangener Episoden:

- Zwischen Chaos und Kreativität – wie Technologie neurodivergente Menschen unterstützt
- Botschaften aus dem All – und was Gewitter damit zu tun haben
- Zwischen Stau, Sharing und Schiene – wie Mobilität von morgen funktionieren kann

Hier geht's
zum Podcast:

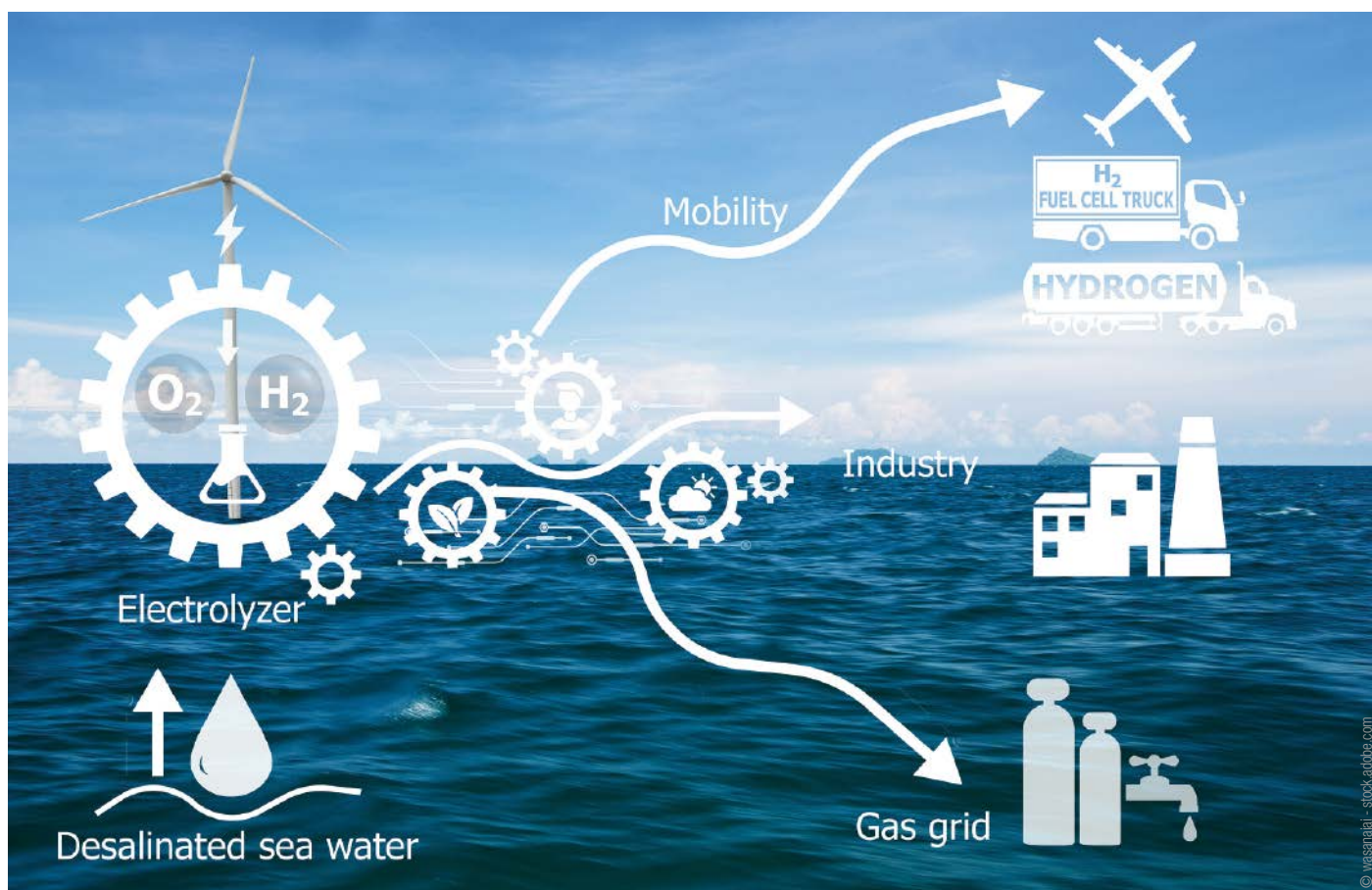


Listen on
Spotify



Listen on
Apple Podcast





Wasser als Schlüsselressource der Energiewende

Meerwasserentsalzung und Reinstwasseraufbereitung liefern die Basis für die Elektrolyse

FOKUS

Wasser ist der stille Reichtum der Zukunft. Es dient nicht mehr nur der Sicherung von Produktion und Wohlstand, sondern entwickelt sich zunehmend zum Flaschenhals der Energiewende. Es wird zur Kühlung von Kraftwerken und auch für die Produktion von Wasserstoff und Derivaten verwendet. Für die Wasserstoffproduktion durch Wasserelektrolyse ist Reinstwasser notwendig. Bei der Auswahl der Herstellungstechnologie müssen neben den Kosten auch Faktoren wie Wasserressourcen, Produktwasserqualität, Energiebedarf, Chemikalienbedarf und Betriebsdynamik berücksichtigt werden. Eine Kopplung der Reinstwasseraufbereitung mit anderen Produktionsanlagen oder Industriesektoren kann, unter Nutzung vorhandener Abwärme, den Wirkungsgrad des Gesamtsystems erhöhen. Großskalige Projekte mit hohem Wasserverbrauch werden sich weitläufig vor allem in Küstenregionen durchsetzen lassen, da dort die erforderlichen Ressourcen in ausreichendem Maß verfügbar sind.

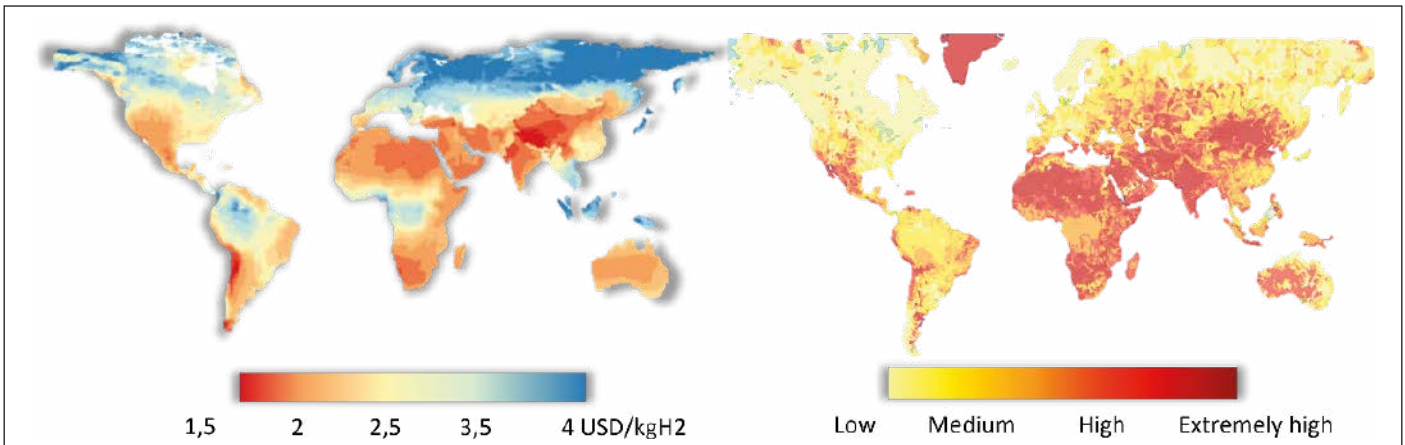


Keywords

- **Wasserelektrolyse**
- **Wasser**
- **Entsalzung**
- **Sektorenkopplung**

Bei der elektrolytischen Spaltung von Wasser entsteht Wasserstoff. In Kombination mit geeigneten Kohlenstoff- und Stickstoffquellen entstehen treibhausgasarme Energievektoren und Grundchemikalien (z. B. Methan, Methanol, Kerosin, Ammoniak) – bei Nutzung erneuerbaren Stroms gemäß RED III (Renewable Energy

Directive III). Der energetisch aufwendigste Prozess hierbei ist die Produktion von Wasserstoff. Die resultierenden Produkte lassen sich direkt energetisch nutzen (Brennstoffzellen, Turbinen, Motoren) oder stofflich weiterverarbeiten, etwa zu Düngemitteln (Harnstoff, Ammoniumnitrat), Lösemitteln oder Kunststoffvorprodukten. Die



Kostengünstiger EE Strom allein reicht nicht – Wasserverfügbarkeit wird zum Limit für Standortwahl und Skalierung. (links) Sensitivität der Wasserstoff-gestehungskosten bei Nutzung von solar, PV und onshore Wind (modifiziert nach [6]); (rechts) Süßwasser-Risikoindex (modifiziert nach[7]).

Kopplung von Wasserstoff, Kohlenstoff und Stickstoff mit Erneuerbaren Energien (EE) erhöht Autarkie und Resilienz der Industrie.

Während für Kühlwasser oder nachgelagerte Prozesse oft entsalztes Wasser ausreicht, wird für die Elektrolyse Reinstwasser benötigt (engl. Ultra Pure Water, UPW). Insbesondere in Regionen mit sehr hohem Solarpotenzial fällt die Wahl oft auf Standorte mit knapper Süßwasserverfügbarkeit. Windstarke Küsten- und Offshore-Standorte verfügen hingegen über Meerwasserzugang, wodurch Entsalzung planbar in die Prozesskette integriert werden kann. Während technische Roadmaps für Power-to-X (PtX) und den Green Deal vorliegen, adressieren nur wenige Leitfäden die integrierte Wasserperspektive im Detail, eine Lücke, die die Dechema mit dem Water-for-X-Framework und der DVGW mit Factsheets gezielt schließen^[1-2]. Zugleich weist die Forschung auf regulatorische Missstände hin: Wassersysteme zählen zu den am wenigsten kohärent behandelten Ressourcen, obwohl ihr Management für nachhaltige Industrieprozesse entscheidend ist^[3-4]. Studien zeigen, dass die Wasserbereitstellung (inkl. Meerwasserentsalzung) standortbestimmend ist und Verfügbarkeit, Qualität und Management von Wasser die Effizienz, Verfügbarkeit und Skalierbarkeit der Produktionsstandorte maßgeblich beeinflussen^[5].

Vor der Diskrepanz der Produktionskosten von Grünem Wasserstoff (aus EE) und dem Süßwasserdargebot kann eine Transformation des Industrie- und Energiesektors nicht ohne die Wasserquelle Meerwasser umgesetzt werden. Dieser Beitrag stellt dar, wie unter realen, fluktuierenden EE-Bedingungen UPW bereitgestellt werden kann. Auf die bereits standardisierte Vorbehandlung des Wassers wird nicht weiter eingegangen. Im Mittelpunkt des Artikels stehen die Auswahl und Kombination von Membranen und thermischer Verfahren für die Hauptstufe der Entsalzung, sowie energieeffiziente Lösungen. Hierbei werden die wesentlichen technischen Stellhebel der Entsalzung und Nachbehandlung adressiert, inklusive dynamischer

Fahrweise und integrativer Wärmenutzung. Die Einbettung in integrierte Wasser- und Wärme-konzepte folgt dem Water-for-X-Ansatz, um Technologieentscheidungen frühzeitig mit Standort- und Nachhaltigkeitsanforderungen zu verzahnen.

Einordnung der Meerwasserentsalzung

Meerwasserentsalzung hat sich von der Notlösung antiker Seefahrer zur Schlüsseltechnologie moderner Wasser- und Energieinfrastrukturen entwickelt. Ab dem 19. Jahrhundert etablierte sich die Destillation zunächst an Bord dampfbetriebener Schiffe, später an Land in großtechnischen Anlagen. Von den 1950er bis in die 1970er Jahre prägten thermische Verfahren wie Multi-Stage-Flash die erste Ausbaustufe; sie sind robust, aber energieintensiv^[6].

Der technologische Wendepunkt kam mit der Umkehrosmose (engl. Reverse Osmosis, RO). Seit den ersten Pilotanlagen in den 1960er Jahren verdrängt sie zunehmend thermische Verfahren, da sie ohne Phasenwechsel auskommt. Auf der Anlagenseite wurden Turbinenlösungen durch hocheffiziente isobare Energierückgewinnungssysteme ergänzt, die den Energieeinsatz weiter reduzieren. Moderne SWRO-Anlagen (engl. seawater RO) mit Energierückgewinnung erreichen heute Energiebedarfe unter 2 kWh m³ und liegen damit nahe an der thermodynamischen Grenze^[9]. Parallel werden alternative Konzepte wie Membrandestillation (MD), Humidification-Dehumidification oder Forward Osmosis als Nischen- und Hybridlösungen erforscht. Hybride Verfahren sind in speziellen Fällen eine effizientere Alternative zu etablierten Verfahren, bspw. wenn Abwärme verfügbar oder eine besondere Anlagenrobustheit gefragt ist^[10]. Global ist Meerwasserentsalzung heute in über 170 Ländern im Einsatz; der Kapazitätsausbau wurde über Jahrzehnte maßgeblich von Mittelost- und Küstenstaaten getragen. Die RO ist seit den 1990er Jahren zur dominierenden Technologie aufgestiegen^[11].

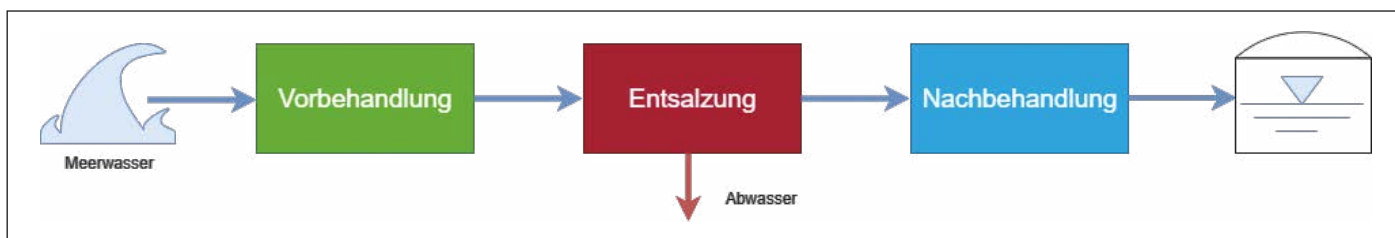
Für die Reinstwasserproduktion folgt der Vorbehandlung und Entsalzung eine Nach-

behandlung, typischerweise mit Elektrodeionisation (EDI) oder Ionenaustauscher. Die EDI arbeitet kontinuierlich, vermeidet chemische Regeneration und ist bei angepasster Fahrweise auch unter Lastschwankungen stabil betreibbar. Ergänzend kommt die MD als niedrigtemperaturgetriebene Option ins Spiel. Diese lässt sich sowohl als Hauptverfahren als auch als Nachbehandlung oder Aufbereitung von Konzentraten einsetzen. Klassische thermische Verfahren (z. B. Multi-Stage-Flash, Multi-Effekt-Destillation) bleiben relevant, wenn kontinuierliche Wärmeströme genutzt werden können. Letztere weisen eine geringere Robustheit in dynamisch geführten Layouts auf, bieten aber als Wärmesenke Vorteile. Ein Vergleich der Entsalzungstechnologien und ausgewählte technische Kennzahlen sind in der dargestellten Tabelle aufgeführt.

Die technologische Entwicklung der Entsalzung macht Meerwasser als planbare Wasserquelle für PtX realistisch. Damit rückt Meerwasser als Systemressource in der Wertschöpfungskette in den Vordergrund. Meerwasser ist dabei kein uniformer Rohstoff. Salzgehalt, organische Belastungen, Alkalinität und Temperatur variieren regional und saisonal und prägen Vorbehandlung, Chemikalienzugabe, Betrieb und Wartungsmaßnahmen. Diese Variabilität ist ein Hauptargument für standortspezifische Technologieansätze: RO als energieeffizienter Standard, thermische Verfahren dort, wo Abwärme systemisch anfällt (z. B. in Kraft-Wärme-Kopplung oder PtX-Verbund), sowie Hybridansätze (etwa RO+MD) zur Nutzung niedriger Temperaturfenster.

Die Auswahl der Prozesskette folgt, abgesehen von den Anlagenkosten, klaren Kriterien:

- den erreichbaren Qualitätsparametern,
- dem spezifischen Energiebedarf,
- dem Chemikalienbedarf für den Betrieb und die Reinigung,
- dem Wartungsaufwand sowie der Verfügbarkeit,
- der Standzeit.



Stark vereinfachte Prozesskette Reinstwasserproduktion (blau Wasserstrom, rot Abwasser/Brine-Strom)

Grundsätzlich muss analysiert werden, welche Technologie zum Ort, zum Energieprofil und zur industriellen Einbettung passt. Entsalzung ist keine Nebensache, sondern eine grundlegende Infrastrukturentscheidung. Indem sie Wasser-, Energie- und Umweltplanung verbindet, legt sie einen wesentlichen Grundstein für die Realisierbarkeit, Effizienz und Akzeptanz großskaliger Vorhaben.

Entsalzung im dynamischen Betrieb

Technologien zur Meerwasserentsalzung und Reinstwasserproduktion sowie deren Wartungsstrategien sind in der Regel für den kontinuierlichen Betrieb ausgelegt. Daher existieren für die Entsalzungsverfahren RO oder MD bislang nur begrenzte Vorgaben für dynamische Bedingungen. Im Kontext der Nutzung regenerativer Energien liegt die Herausforderung jedoch im dynamischen Anlagenbetrieb. Verstärkt wird dies durch den Betrieb ohne Anbindung an das Stromnetz (Offgrid-Betrieb). Ein Offgrid-Betrieb von Entsalzungsanlagen bedeutet variable Lastverläufe und häufige Start- und Stop-Zyklen durch schwankende Stromverfügbarkeit und variable Rohwasserbedingungen. Stabilität entsteht hier durch definierte Anfahr- und Spülsequenzen, eine korrosions- und foulinggerechte Fahrweise und ein kluges Pufferkonzept. So lassen sich Rohwasser-, Permeat- und UPW-Tanks Erzeugungsschwankungen entkoppeln und die Wasserqualität sichern. Simulationen helfen, Tankgrößen, Flussprofile und Regelstrategien vorausschauend zu dimensionieren. Für Membran- und Harzlebensdauer sind sanfte Rampen, die Überwachung von Druck und Produktqualität sowie bedarfsgerechte Reinigungen entscheidend; bei EDI sichern stabile Zulaufbedingungen und Leitfähigkeitsgrenzen die Spezifikation. Die Qualität wird online überwacht, Bypass- und Rezirkulationspfade sorgen in Transienten für Spezifikationssicherheit.

Wesentlich ist zudem die Einbindung der Wärme- und Entsalzungskonzentrate (Brine). MD-Module können als adaptive Wärmesenke fungieren und damit Effizienz und Fahrstabilität im Verbund erhöhen. Die Vorwärmung von Speisewasser, die Unterstützung thermischer Prozessstufen und der Einsatz thermischer Speicher entkoppeln Quellen und Senken. Damit wird die Regelbarkeit des Systems erhöht. Gleichzeitig müssen Chemikalienstrategie und

Abwassermanagement an die dynamische Fahrweise angepasst sein. Für eine hohe Analgenverfügbarkeit und um Stillstandszeiten zu minimieren, sind modulare Skids, Ferndiagnose und auf Küsten-/Offshore-Bedingungen zugeschnittene Service- und Ersatzteilkonzepte hilfreich.

Prozessintegration für effiziente und nachhaltige industrielle Symbiosen

Die Effizienz und Robustheit der Meerwasserentsalzung steigt deutlich, wenn Wasser-, Wärme- und Stoffströme konsequent in ein Supersystem eingebettet werden. Supersysteme können Industriekomplexe mit weiteren Prozessen, sowie angrenzende Infrastrukturen für Kühlung, Speicher und externe Industriepartner beinhalten. Ziel ist hierbei eine hohe Ressourceneffizienz, das heißt weniger Primärenergie, ein geringerer Chemikalien- und Wasserverbrauch sowie eine stabilere Fahrweise im dynamischen Betrieb.

Kernhebel ist ebenfalls die Wärmeintegration. PtX-Prozesse können nutzbare Abwärme von 10 bis 20 % der eingesetzten elektrischen Leistung als verwertbares Wärmepotenzial bereitstellen. Diese Wärme lässt sich zur Vorwärmung von Speisewasser für Niedertemperatur-Elektrolyse (60–80° C), als Antrieb für thermische Entsalzungsschritte (MD bei <95° C), für die Kohlendioxidabtrennung (per Aminwäsche im Reboiler ~100–120° C) oder zur Regeneration fester Sorbentien in der Kohlenstoffabscheidung (Direct Air Capture) verwenden. Wärme- und Dampf- oder Salzspeicher entkoppeln Quellen und Senken, puffern die Volatilität erneuerbarer Einspeisung und verbessern den thermischen und elektrischen Gesamtwirkungsgrad. Besonders wirkungsvoll ist hier die MD als Wärmesenke, denn sie nutzt Niedertemperaturwärme zur Produktion von sauberem Wasser. Eine solche Kopplung und Wärmeintegration kann den Gesamtwirkungsgrad der Anlage auf bis zu 70 % erhöhen^[16].

Das Supersystem kann in diesem Kontext ausdrücklich auch externe Industriepartner mit Abwärmeproduktion einschließen, etwa Chemie- oder Raffineriestandorte, Zementwerke, Rechenzentren oder Müllheizkraftwerke. Zusätzlich können Nebenprodukte wie Sauerstoff aus der Elektrolyse zurück in den Industrieprozess fließen. Aus der Kopplung wird so Wertschöpfung. Ressourceneffizienz entsteht, wenn Stoff-

und Energieströme systematisch kaskadiert werden. Wo interne Nutzung ausgeschöpft ist, kommen Meer- oder Flusswasserkühlung, Kühltürme oder Subsea-Konzepte in Frage – mit dem Fokus auf Betriebsstabilität, Materialverträglichkeit und niedrigen Systemkosten.

Investitions- und Betriebskosten der UPW-Bereitstellung

Die Kostenbetrachtung von Wasseraufbereitungssystemen ist stark standortabhängig und wird insbesondere durch die Rohwasserqualität sowie durch landesspezifische Kostenfaktoren bestimmt. Je nach Wasserbeschaffenheit sind unterschiedliche Aufbereitungsschritte und Hilfsstoffe erforderlich, um die geforderte Reinheit für die Wasserstoffproduktion zu erreichen. Vergleiche zeigen, dass thermische Verfahren in der Regel mit höheren Investitionskosten verbunden sind als RO-Systeme. Thermische Verfahren bieten jedoch ein erhebliches Potenzial zur Reduzierung der Energiekosten, insbesondere dann, wenn niedrigwertige Abwärme oder kostengünstige thermische Energiequellen zur Verfügung stehen. In Märkten mit hohen oder volatilen Strompreisen, vorhandener Abwärme oder bei strengen Kohlendioxidregulierungen können thermische Verfahren über den gesamten Lebenszyklus hinweg zu geringeren Betriebskosten (OPEX) und damit zu wettbewerbsfähigen Wasserkosten führen. RO bleibt dagegen dort im Vorteil, wo elektrische Energie günstig verfügbar ist und stabile, konventionelle Betriebsbedingungen im Vordergrund stehen.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass die Kosten der Wasseraufbereitung im Verhältnis zu den Gesamtkosten der Wasserstoffproduktion und deren Derivaten vergleichsweise gering sind. Die Investitionskosten für eine Wasseraufbereitung, bestehend z. B. aus einer zweistufigen RO-Anlage mit nachgeschalteter EDI, betragen etwa 1–5 % der Gesamtinvestitionskosten einer Elektrolyseanlage^[17]. Zusammenfassend ist Wasser ein kritischer Faktor, der bei der Erzeugung von grünem Wasserstoff frühzeitig berücksichtigt werden muss. Dies gilt hinsichtlich der Verfügbarkeit als auch der Qualität. Zudem gewinnen Themen wie Wärmeintegration, Sektorkopplung und Supersysteme an Bedeutung. Diese Entwicklungen spiegeln sich auch in der Normungslandschaft wider. Entsprechende Leitfäden und Richtlinien (u. a.

Tabelle: Vergleich der Entsalzungsverfahren [3,12–15]

Parameter	Umkehrosmose (RO)	Multi-Effekt-Destillation (MED)	Membrandestillation (MD)
Triebkraft	Druck: 40–80 bar für Meerwasser	Temperatur im Feedstrom: < 95 °C	Temperaturgradient: 5–20 °C
spez. Energieverbrauch	3–7 kWh/m³ (el.)	1,5–2,5 kWh/m³ (el.)	0,6–1,8 kWh/m³ (el.)
	(2-Pass RO)	40,3–63,9 kWh/m³ (th.)	140–400 kWh/m³ (th.)
Ausbeute	30–50 % für Meerwasser	30–45 %	Bis 80 %
Kapazität	Bis zu 1.000.000 m³/d	Bis zu 68.000 m³/d (ohne oder mit TVC)	Bis zu 1.000 m³/d
TRL	9	9	7–9
TRL = Technology readiness level (Reifegrad der Technologie, Höchste Stufe ist TRL = 9)			

VDI Reihen wie VDI 4635 für Power-to-X; Normungsroadmap Wasserstoff) greifen diese Themen auf. Für Projekte heißt das: Prozessintegration früh mitdenken, Datenräume für Energie und Stoffströme schaffen und modulare Schnittstellen vorsehen. So wird aus der Einzelanlage ein ressourceneffizientes Supersystem – mit höherer Effizienz, besserer Fahrbarkeit und belastbarer Akzeptanz.

Danksagung

Die vorliegende Betrachtung geht aus Arbeiten im Umfeld autarker, offshore-basierter Wasserstoffproduktion im Rahmen der Vorhaben PtX-Wind (Förderkennzeichen: 03HY300A-R) und TransferWind (Förderkennzeichen: 03HY303A-P) des Wasserstoffleitprojektes H2Mare hervor. Wir bedanken uns beim Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) für die Finanzierung der Vorhaben.

Literatur

[1] Ausfelder, F., Blaumeiser, D., Boumrifak, C., Frank, D., Kotzur, M., Lucht Uribe, A., & Track, T. (2023). Water-for-X Water for sustainable hydrogen production and follow-up PtX processes.

[2] Saravia, F., Gehrmann, S., Schwarz, S., Koch, M. A. (2024). Gesamtwasserbedarf für die Wasserelektrolyse – Wie groß ist der Wasserfußabdruck einschließlich der Kühlsysteme? <https://www.dvgw.de/medien/dvgw/leistungen/publikationen/wasserelektrolyse-gesamtwasserbedarf-factsheet-dvgw.pdf>

[3] Morales, Y., Samanta, P., Tantish, F., Horn, H., & Saravia, F. (2023). Water management for Power-to-X offshore platforms: An underestimated item. *Scientific Reports*, 13(1), 12286. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-38933-w>

[4] Torkayesh, A. E., & Venghaus, S. (2024). Germany's Power-to-X policy for climate-neutral transport. *Energy*, 313, 134020. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.134020>

[5] Hank, C., Holst, M., Thelen, C., Kost, C., Längle, S., Schaadt, A., & Smolinka, T. (2023). Site-specific, comparative analysis for suitable Power-to-X pathways and products in developing and emerging countries. *Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE*.

[6] IEA (2019), *The Future of Hydrogen*, IEA, Paris, <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>, Licence: CC BY 4.0

[7] World Resources Institute (WRI), *Aqueduct Water Risk Atlas*, Version 3.0 (2019), <https://www.wri.org/aqueduct>. Lizenz: CC BY 4.0

[8] Danfoss (2021) „A brief history of the energy intensity of desalination“

[9] Wang, L. et. al (2020). Derivation of the Theoretical Minimum Energy of Separation of Desalination Processes. *Journal of Chemical Education*, 97(12), 4361–4369.

[10] Islam, M. S., Sultana, A., Saadat, A. H. M., Islam, M. S., Shammii, M., & Uddin, M. K. (2018). Desalination Technologies for Developing Countries: A Review. *Journal of Scientific Research*, 10(1), 77–97. <https://doi.org/10.3329/jsr.v10i1.33179>

[11] World Population Review. (2025). Desalination by Country. <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/desalination-by-country> (abgerufen am 29.10.2025)

[12] Deshmukh, A. et. al (2018). Membrane distillation at the water-energy nexus: limits, opportunities, and challenges. *Energy Environ. Sci.* 11 (5), 1177–1196. DOI: 10.1039/C8EE00291F

[13] Nassrullah, H., Anis, S.F., Hashaikeh, R., Hilal, N. (2020). Energy for desalination: A state-of-the-art review. *Desalination* 491, 114569. DOI: 10.1016/j.desal.2020.114569

[14] Schwantes, R., Morales, Y., Pomp, E., Singer, J., Chavan, K., Saravia, F., 2025. Thermally driven ultrapure water production for water electrolysis – A techno-economic analysis of membrane distillation. *Desalination* 608, 118848. DOI: 10.1016/j.desal.2025.118848

[15] Soliman, M.N. et. al (2021). Energy consumption and environmental impact assessment of desalination plants and brine disposal strategies. *Process Safety and Environmental Protection* 147, 589–608. DOI: 10.1016/j.psep.2020.12.038

[16] Wissenschaftliche Dienste Deutscher Bundestag. E-Fuels. Dokumentation WD 5-3000-008/18. Berlin: Deutscher Bundestag, 22. Januar 2018. Online verfügbar unter: <https://www.bundestag.de/resource/blob/544092/dab1b2ac5f0264e4b35ea-370d197922e/wd-5-008-18>

[17] Khan, M.A., Al-Attas, T., Roy, S., Rahman, M.M., Ghaffour, N., Thangadurai, V., Larter, S., Hu, J.,

Ajayan, P.M., Kibria, M.G. (2021). Seawater electrolysis for hydrogen production: a solution looking for a problem? *Energy Environ. Sci.* 14 (9), 4831–4839. DOI: 10.1039/d1ee00870f

Andres Lucht Uribe,
Expert Water & Hydrogen, Dechema

Yair Morales,
Gruppenleitung Wasseraufbereitung, DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut des KIT

Jan Seemann,
Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Dechema

Florencia Saravia,
Bereichsleitung Wasserchemie und Wassertechnologie, DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut des KIT

Thomas Track,
Leiter Fachbereich Wassermanagement, Dechema

Wiley Online Library



Dechema e.V., Frankfurt am Main
Andres Lucht Uribe
Tel.: +49 69 7564 486
andres.lucht@dechema.de
www.dechema.de

Wasserrecycling in der Textilindustrie

**Färbereiabwasser mit kombinierter
UF-/RO-Membrantechnologie aufbereiten**



Keywords

- Abwasser
- Membranfilter
- Umkehrosmose

Hohe Anforderungen an die Abwasserqualität und ein wachsendes Umweltbewusstsein führten Toray Sakai Weaving & Dyeing in Nantong zur Einführung einer modernen Membranlösung zur Wiederverwendung von Prozesswasser. Mit einer Kombination aus Ultrafiltration und Umkehrosmose reduzierte das Unternehmen Abwassermenge und Frischwasserbedarf drastisch – und senkte dabei die Betriebskosten.

Toray-UF-Einheiten: die Ultrafiltrationsmembran HFU-2020AN ist zweischichtig mit einer feinporigen Low-Fouling-Oberfläche (Porendurchmesser 0,01 µm) aufgebaut.



Die Textilindustrie zählt global zu den größten industriellen Wasserverbrauchern – Schätzungen zufolge gleich hinter der Landwirtschaft. Der hohe Wasserbedarf führt in vielen Produktionsregionen, besonders in Asien, zu lokaler Wasserknappheit. Gleichzeitig enthalten die Abwässer aus Färbe- oder Reinigungsprozessen oft Farbstoffe, Chemikalien und Mikroplastik, die Böden und Gewässer belasten.

Regierungen und lokale Behörden haben deshalb vielerorts strengere Vorschriften für die Abwasserbehandlung eingeführt und fördern die Wiederverwendung von Prozesswasser. Auch internationale Modemarken verpflichten ihre Zulieferer zunehmend zu nachhaltigem Wassermanagement. Dadurch wächst weltweit der Druck auf Textilbetriebe, ihre Prozesse zu modernisieren – insbesondere in wasserarmen Regionen.

Strengere Grenzwerte als Impulsgeber für Innovationen

Toray Sakai Weaving & Dyeing (TSD) ist ein Tochterunternehmen der Toray-Gruppe und produziert seit 1995 gewebte und gefärbte Chemiefasern. Das Werk beliefert Toray-eigene Geschäftsbereiche sowie externe Textilhersteller und ist damit ein Beispiel für die zunehmende Verflechtung globaler Produktionsketten. In der Produktion fallen täglich rund 13.000 m³ Abwasser an, das hohe Anteile an Farbstoffen, Ölen, organischen Substanzen und Feststoffen enthält. Die genaue Zusammensetzung variiert zudem je nach Anwendungsfall – eine typische Herausforderung der Branche.

In der Industriezone von Nantong gelten besonders strenge Grenzwerte: Der chemische Sauerstoffbedarf darf 200 mg/L nicht überschreiten, der BSB-Wert 50 mg/L, und der Anteil wiederverwerteten Wassers muss seit 2025 mindestens 45 % betragen. Diese Vorgaben und steigenden Kosten für Frischwasser und Entsorgung, machten eine Modernisierung der Wasseraufbereitung notwendig. Ziel war es, ein robustes, wartungsarmes System zu installieren, das behördliche Vorgaben erfüllt und zugleich wirtschaftlich tragfähig ist. TSD verfügte zunächst nur über eine klassische Abwasserbehandlung. 2015 wurde zusätzlich ein Prozess zur Wiederverwendung des gereinigten Wassers implementiert – basierend auf Ultrafiltrations- und Umkehrosmostechnologie (UF/RO).

Vom Abwasser zum Prozesswasser

Die bestehende biologische und chemische Abwasserbehandlung wurde durch mehrere physikalische Reinigungsstufen ergänzt. Nach Flockung und Sedimentation folgt eine Kombination aus Sandfilter, Ozonierung und Aktivkohlefilter, um Trübungen, gelöste organische Stoffe und Farbpartikel zu entfernen. Danach kommt die Membranbehandlung: Zunächst Ultrafiltration (UF), anschließend Umkehrosmose (RO). So werden täglich 3.600 m³ gereinigtes Wasser

gewonnen – ein erheblicher Beitrag zur Wasserwiederverwendung am Standort. Der Rest des behandelten Wassers wird regelkonform in das industrielle Abwassersystem eingeleitet.

Zweischichtige UF-Membran als Schlüsselkomponente

Im Mittelpunkt steht die Ultrafiltrationsmembran HFU-2020AN. Ihr zweischichtiger Aufbau mit einer feinporigen Low-Fouling-Oberfläche (Porendurchmesser 0,01 µm) verhindert das Eindringen von Partikeln und Mikroorganismen. Das senkt die Reinigungsfrequenz erheblich – sie konnte im Vergleich zu Wettbewerbsprodukten etwa halbiert werden.

Für das neue System erwog TSD Membranprodukte unterschiedlicher Hersteller. In der Gesamtabwägung aus erwarteter Leistung, Kosten und Qualität erwiesen sich die Toray-Mem-

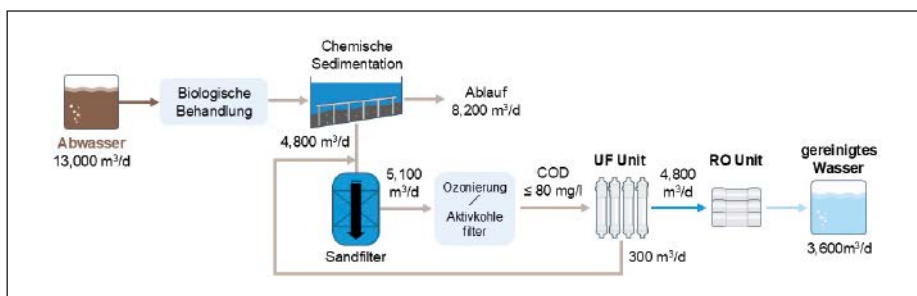
branen als die stabilste und wirtschaftlichste Lösung. Seit der Inbetriebnahme vor über zehn Jahren wurde kein UF-Modul ersetzt – ein außergewöhnlicher Wert, der die Materialqualität und die Betriebsführung bestätigt.

„Unsere UF-Membran hat eine besonders glatte, schmutzresistente Oberfläche, die das Fouling reduziert und so auch die nachgeschaltete RO-Stufe entlastet“, erläutert Axel Jacob von Toray Membrane Europe AG (TMEU). Die Ultrafiltration dient damit nicht nur als Feinfilter, sondern auch als Schutzstufe für die empfindlichere Umkehrosmosemembran, was deren Lebensdauer deutlich verlängert.

Im Betrieb erfolgt die Reinigung der UF-Module automatisch über kurze Rückspülzyklen mit Permeatwasser und periodische chemische Reinigungen (Cleaning in Place, CIP). Dabei werden abwechselnd alkalische und



Toray-RO-Einheiten: Die Umkehrosmose (RO) bildet die letzte Reinigungsstufe.



Schematische Darstellung des Behandlungsprozesses (Biologie, Filtration, UF, RO).



Vergleich der Wasserproben vor und während des Reinigungsprozesses.

saure Lösungen verwendet, um organische und anorganische Ablagerungen zu lösen. Durch diese präventive Reinigung bleibt der Transmembrandruck langfristig stabil und die Filtrationsleistung konstant.

Umkehrosmose mit hydrophiler Polymerbeschichtung

Die Umkehrosmose (RO) bildet die letzte Reinigungsstufe. Eingesetzt werden RO-Elemente der Toray-Serie TML20D-400, die speziell für industrielle Abwässer mit hohem organischem Anteil konzipiert sind. Die Oberfläche ist mit einer hydrophilen Polymerbeschichtung versehen, welche die Anlagerung von organischen und kolloidalen Stoffen deutlich reduziert.

Diese „Low-Fouling“-Eigenschaft hält die Druckzunahme über die Betriebszeit gering und verlängert die Intervalle zwischen den chemischen Reinigungen.

Die Kombination aus optimierter Vorbehandlung, Ultrafiltration und foulingresistenter RO-Technologie gewährleistet eine hohe Prozessstabilität: Das Permeat weist eine Leitfähigkeit unter 200 µS/cm und einen chemischen Sauerstoffbedarf von weniger als 5 mg/L auf. Damit erfüllt es alle Anforderungen an Prozesswasserqualität und kann direkt wieder in die Färberei zurückgeführt werden.

Die Kombination aus Ultrafiltration und Umkehrosmose ermöglicht so ein robustes, wartungsarmes Gesamtsystem, das selbst bei anspruchsvollen Textilabwässern dauerhaft hohe Reinigungsleistung zeigt.

Langzeitbetrieb über ein Jahrzehnt

Seit der Inbetriebnahme 2015 läuft das System nahezu störungsfrei. Die UF-Membranen sind seit fast zehn Jahren im Einsatz – ein außerge-

wöhnlicher Wert in der Branche. Langlebigkeit ist auf die Kombination aus robuster Membranzstruktur und optimierter Vorbehandlung zurückzuführen. Auch die RO-Membranen werden nur im vorgesehenen 5-Jahres-Rhythmus ersetzt. Damit konnten ungeplante Stillstände und chemische Reinigungen erheblich reduziert werden – ein wichtiger Faktor für Wirtschaftlichkeit und Betriebssicherheit.

Die Haltbarkeit und Zuverlässigkeit der UF-Membranen in Nantong liegt auf branchenführendem Niveau. Nach einer siebenjährigen Probephase wurde die hohe Zuverlässigkeit bestätigt, und derselbe UF-/RO-Prozess kam später auch im kalifornischen Abwasserprojekt Pure Water San Diego zum Einsatz – einem der größten Wasserrückwinnungsvorhaben der USA.

Nachhaltigkeit als Unternehmensstrategie

Die Initiative in Nantong ist Teil der globalen Nachhaltigkeitsstrategie der Toray-Gruppe, die bis 2030 das mit Membranen behandelte Wasservolumen verdreifachen will. Neben den ökologischen Vorteilen überzeugt das System aber auch wirtschaftlich: Der geringere Chemikalienverbrauch, die verlängerten Standzeiten und die Reduktion des Frischwasserbezugs führen zu deutlichen betrieblichen Einsparungen. Gleichzeitig stärkt das Projekt die Position des Standorts als Modellfabrik für nachhaltige Textilproduktion in China.

Erfahrungen aus der Praxis

Die Betriebsdaten aus Nantong zeigen, dass selbst stark schwankende Abwasserzusammensetzungen keine Leistungsverluste verursachen. Die Kombination aus angepasster Vorbehandlung und Membrantechnologie gewährleistet

„Die Zusammenarbeit mit dem Team vor Ort war ein wichtiger Erfolgsfaktor für den stabilen Langzeitbetrieb.“

Axel Jacob, Toray Membrane Europe AG

eine konstant hohe Permeatqualität. „Das Projekt bestätigt, dass moderne Membrantechnik nicht nur in der Trinkwasseraufbereitung, sondern auch bei hochbelasteten Industrieabwässern zuverlässig funktioniert“, so Axel Jacob. „Die Zusammenarbeit mit dem Team vor Ort war ein wichtiger Erfolgsfaktor für den stabilen Langzeitbetrieb.“

Mit der integrierten UF-/RO-Anlage zeigt TSD, wie Wasserrecycling in der textilen Färberei ökologisch und wirtschaftlich umgesetzt werden kann. Die robuste Membrantechnologie reduziert den Chemikalienbedarf, verlängert Wartungsintervalle und senkt die Betriebskosten ein Beispiel moderner Kreislaufwirtschaft, das auch über die Textilbranche hinaus Schule machen kann.



Kenichi Uchihori,
President, Toray Membrane Europe

Wiley Online Library



Toray Membrane Europe AG (TMEU),
Münchenstein, Schweiz
info.tmeu.mb@mail.toray
www.water.toray

Physikalisches Wirkprinzip statt chemischer Inhibitoren

Nachhaltige Wasserbehandlung in industriellen Kühl- und Prozesskreisläufen mit chemiefreier Frequenzimpulstechnologie

Industrie, Kommunen und Betreiber von Wasserkreisläufen stehen vor einer zentralen Herausforderung: Korrosion und Ablagerungen beeinträchtigen Energieeffizienz, Anlagensicherheit und Wasserqualität – und klassische chemische Verfahren stoßen zunehmend an ökologische und regulatorische Grenzen. Die Frequenzimpulstechnologie bietet eine nachhaltige, chemiefreie Lösung, die das physikalische Verhalten von Wasser gezielt nutzt, um Korrosionsprozesse zu verhindern und Betriebssicherheit zu erhöhen.



Keywords

- Wasserkreislauf
- Korrosion
- Biozid

Das Verfahren basiert auf dem Einsatz sogenannter AEPowerTubes, die im Bypass einer bestehenden Wasseranlage installiert werden. Über eine Steuerelektronik werden definierte Frequenzimpulse an das Wasser übertragen, die direkt in der Grenzschicht zwischen Wasser und Metall wirken – dort, wo Korrosion und Belagsbildung beginnen.

Zentrale Wirkmechanismen:

- Elektrokinetische Mikrobewegungen: Ionen und Partikel werden in Schwingung versetzt, Ablagerungen gelöst.
- Zeta-Potenzial-Modulation: Feststoffe bleiben in Schwebelage, Biofilme können sich nicht stabilisieren.
- Lorentz-Effekte: Oberflächenpotenziale werden homogenisiert, lokale Korrosionszellen verhindert.
- Biofilmdisruption: Mikrobiell beeinflusste Korrosion (MIC) wird ohne chemische Zusätze unterbunden.

Das Ergebnis: saubere und passive Oberflächen, stabiler Wärmeübergang, weniger Energieverbrauch und längere Lebensdauer der Anlagen – ganz ohne Chemikalien.

Praxisvalidierung in industriellen Wasserkreisläufen

In einem begleitenden Monitoring nach der patentierten Methode DE102010033056.6-52 (Prof. Dr. Oliver Opel) wurde die Wirksamkeit wissenschaftlich belegt:

In einem geschlossenen industriellen Kühlkreislauf sank die Eisen(II)-Aktivität – ein Schlüs-

selindikator für Korrosionsneigung – von 10-7 auf 10-9 mg/L, ohne Dosierung von Chemikalien. Zudem reduzierten sich die Metallgehalte (Fe, Cu, Zn, Al, Mn) um bis zu 95 %, und auch die mikrobiologische Aktivität ging signifikant zurück. Die Anlage konnte dauerhaft stabil, wartungsarm und chemiefrei betrieben werden – ein deutlicher Fortschritt für den nachhaltigen Umgang mit industriellem Prozesswasser.

Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz als Leitprinzip

Die AquaEnergy-Technologie unterstützt zentrale Ziele moderner Wasserwirtschaft und reduziert den Chemikalieneinsatz in industriellen Kühl- und Prozesswassersystemen. Sie vermeidet so Biozid- und Inhibitorrückstände im Abwasser. Zudem fördert das physikalische Wirkprinzip eine längere Standzeit bei weniger Wasserwechsel, was Energie- und Ressourcenkosten senkt. Die Technologie trägt zur Vereinfachung von Betrieb und Überwachung bei gleichzeitig erhöhter Anlagenverfügbarkeit bei. Damit leistet sie einen messbaren Beitrag zu ESG-Zielen und den Vorgaben der EU-Wasserrahmenrichtlinie, die den Schutz aquatischer Ökosysteme und die Reduktion chemischer Belastungen fördern.

Einsatzfelder und Perspektiven

Das Verfahren eignet sich für industrielle Kühl- und Prozesswasseranlagen, kommunale Infrastrukturen, Kraftwerke, Wärmetauscher- und Rückkühlsysteme, aber auch für geschlossene Wasserkreisläufe in Wasserwerken oder Energiezentralen. Durch die kontaktlose Wirkweise

und die einfache Integration im Bypass ist das System nachrüstbar und wartungsfrei – ideal für Betreiber, die Effizienz, Nachhaltigkeit und Rechtssicherheit verbinden möchten.

Fazit

Mit der Frequenzimpulstechnologie zeigt AquaEnergy, wie physikalische Verfahren die klassische Wasserchemie sinnvoll ergänzen oder ersetzen können. Das System ermöglicht eine ressourcenschonende, energieeffiziente und chemiefreie Wasserbehandlung, die sowohl ökologischen als auch technischen Anforderungen moderner Wasserwirtschaft gerecht wird – Made in Germany.



Heike Schneider-Jenchen,
Managing Director, AquaEnergy

Wiley Online Library



AquaEnergy GmbH, Forchheim
Tel.: +49 9191 960 910 0
hsj@aquenergy.de · www.aquenergy.de

WILEY

Für Werbemaßnahmen auf unserem neuen Portal können Sie gerne ab sofort unser Sales-Team kontaktieren:

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

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

Thorsten Kritzer
tkritzer@wiley.com
Tel.: +49 6201 606 730

Die Redaktion erreichen Sie unter:

Dr. Etwina Gandert
Chefredakteurin CITplus
egandert@wiley.com
Tel.: +49 6201 606 768

Dr. Roy T. Fox
Chefredakteur
ReinRaumTechnik/
Lebensmittel
royfox@wiley.com
Tel.: +49 6201 606 714

© Julien Eichinger, LimesSky - stock.adobe.com



Wiley Process Technology

Wir präsentieren Ihnen unsere neue Online-Präsenz für die Prozess-industrie. Hier finden Sie alle Informationen zu Themen rund um die Produktion in Chemie-, Pharma-, Life Science- und Lebensmittelindustrie. Wir berichten über innovative Anwendungen, neue Produkte, wichtige Branchenevents und veröffentlichen Nachrichten aus und für die Prozess-industrien. Unsere benutzerfreundliche Navigation und das moderne Design sorgen dafür, dass Sie schnell und einfach finden, was Sie suchen – und darüber hinaus viele wertvolle Informationen. **Schauen Sie sich um und entdecken Sie, was wir für Sie bereithalten!**

processtechnology.wiley.com

CITplus

**ReinRaum
Technik**

LVT UNTERKREIBER-PROZESS FÜR FOOD & BEVERAGE
LEBENSMITTEL
Industrie

WILEY
■ **Process
Technology**

Das Pumpengehäuse besteht aus Polypropylen und PVDF und optional aus Polyethylen. Keine der mit dem Medium in Kontakt kommenden Pumpenkomponenten besteht aus Metall.



Keywords

- **Chemikalienförderung**
- **Verdrängerpumpe**
- **trockenlaufsicher**



Pumpen mit Prinzip

Elektrische Chemiebalgpumpen aus Polypropylen und PVDF für aggressive Medien

Eine neue Generation von Chemiebalgpumpen verspricht zuverlässige Förderung selbst aggressiver Flüssigkeiten – und das bei hoher Energieeffizienz und minimalem Verschleiß. Die Pumpen arbeiten nach dem Verdrängerprinzip mit einem elastischen Balg, der Rotor und Innenteile vollständig vom Medium trennt. Fünf Baugrößen decken ein breites Leistungsspektrum ab und ermöglichen den Einsatz in mobilen wie stationären Systemen.

Die neuen Chemiebalgpumpen arbeiten nach dem Prinzip einer Verdränger- oder Drehkolbenpumpe. Aufgrund ihres einfachen Aufbaus sind die Pumpen zum Fördern von Chemikalien und für viele weitere anspruchsvolle Förderaufgaben gut geeignet. Das Fördermedium wird von dem exzentrisch rotierenden Kolben (Rotor) im Pumpengehäuse vom Saugstutzen in Richtung des Druckstutzens geschoben. Die Förderrichtung der Pumpe entspricht dabei der Drehrichtung des Motors. In beide Förderrichtungen bringen die Pumpen die volle Förderleistung.

Ein elastisches Gummitteil (der sogenannte Pumpenbalg) umschließt den Rotor komplett und ist in verschiedenen Materialien erhältlich: FKM, EPDM, Buna (NBR) für Öle. Der Pumpenbalg wird gleichzeitig von Flansch und Deckplatte dichtend gegen das Gehäuse gedrückt. Der Rotor und die Innenteile der Pumpe sind dadurch komplett vom Fördermedium getrennt. Die zu fördernde Flüssigkeit kommt infolgedessen nur mit der Innenfläche des Gehäuses und der Außenfläche des elastischen Pumpenbalges in Berührung, wobei letzterer als einziges Bauteil einem natürlichen Verschleiß unterliegt.

Der Pumpenflansch und die Deckplatte werden aus widerstandsfähigem Stahlguss gefertigt und speziell lackiert. Durch die geschlossene

Bauweise sind Welle und Lager gegen aggressive Einflüsse von außen bestens geschützt.

Selbstansaugung, Trockenlauffähigkeit und kaum Verschleiß

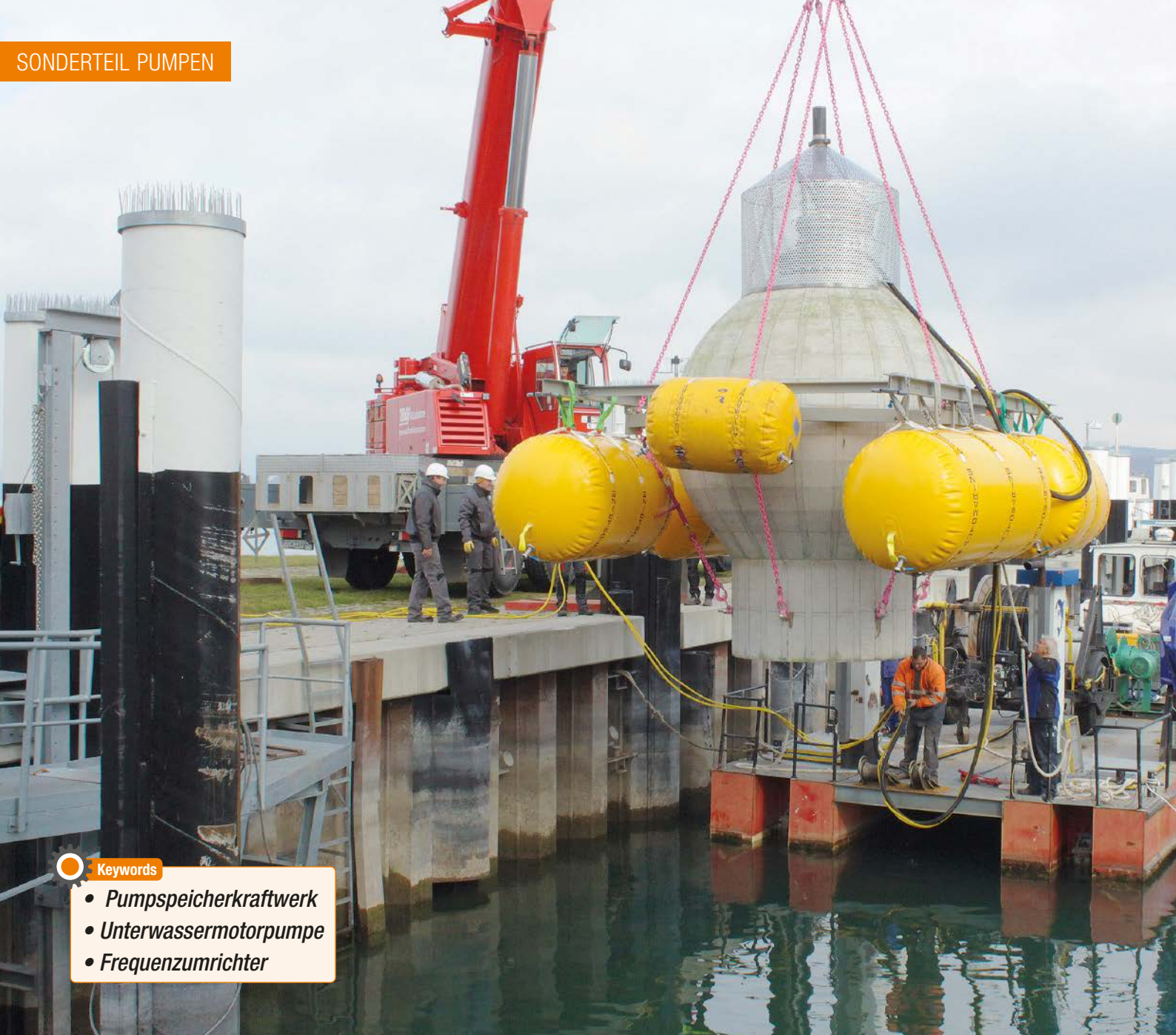
Aufgrund ihrer Konstruktion sind die Chemiebalgpumpen selbstansaugend und absolut trockenlaufsicher. Sie eignen sich für den mobilen sowie stationären Einsatz und garantieren höchstmögliche Sicherheit und Flexibilität beim Fördern aggressiver Chemikalien wie Säuren und Laugen. Die Pumpen enthalten keinerlei bewegliche Dichtungen, Stopfbuchsen oder Ventile. Sie sind unempfindlich gegenüber weichen Verschmutzungen. Neben Drehstrommotoren stehen auch Wechselstrommotoren zur Auswahl.

Im Gegensatz zu Druckluftmembranpumpen arbeiten die Pumpen besonders energieeffizient bei niedrigen Energie- und Betriebskosten. Die Antriebsdrehzahl beträgt für alle Pumpen 1500 UpM, der Kraftbedarf 0,25 kW für die Größen JP-900.5 bis 18 bzw. 0,37 kW für die Größe JP-900.35 und 0,55 kW für die Größe JP-900.70. Aufgrund des Elektromotors arbeiten die Pumpen drehrichtungsunabhängig, so dass ein Wechsel der Förderrichtung möglich ist. Über einen Frequenzumrichter kann die Förderleistung geregelt werden.

Fünf Pumpengrößen

Ab Januar 2026 werden zunächst fünf Pumpengrößen von Seiten des Ottobrunner Pumpenherstellers lieferbar sein. Die Nennleistung reicht von 5 bis 70 l/min bei einem Förderdruck bis max. 4,2 bar. Laut dem Geschäftsführer, Tobias Jessberger, rundet Jessberger durch diese neue Produktreihe das Produktionsprogramm strategisch ab. „Unseren mehr als 13.000 Kunden und uns haben immer elektrische Pumpen gefehlt, die über einen Ansaugschlauch und kein starres Tauchrohr verfügen und die ferner selbstansaugend sind sowie trockenlaufen können. Mit den neuen Chemiebalgpumpen konnten wir diese Lücke eindrucksvoll schließen. Es handelt sich hierbei um einfache und universell einsetzbare Pumpen, die für sehr viele Anwendungsfälle geeignet ist. Auch die Möglichkeit des Wechsels der Förderrichtung macht diese Pumpen für viele Kunden sehr interessant.“

Dr. Jessberger GmbH, Ottobrunn bei München
Tel.: +49 89 66 66 33 400
info@jesspumpen.de · www.jesspumpen.de

**Keywords**

- *Pumpspeicherkraftwerk*
- *Unterwassermotorpumpe*
- *Frequenzumrichter*

Energie aus der Tiefe – wie Betonkugeln den Meeresboden elektrisieren

**Unterwasserkraftwerk mit Frequenzumrichter geregelten Pumpen
zur nachhaltigen Stromspeicherung**

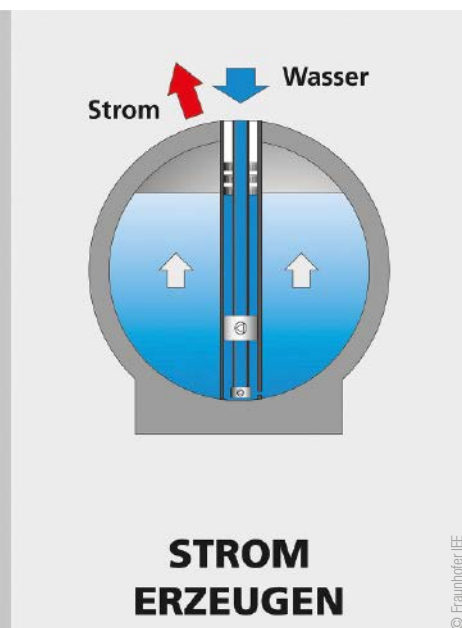
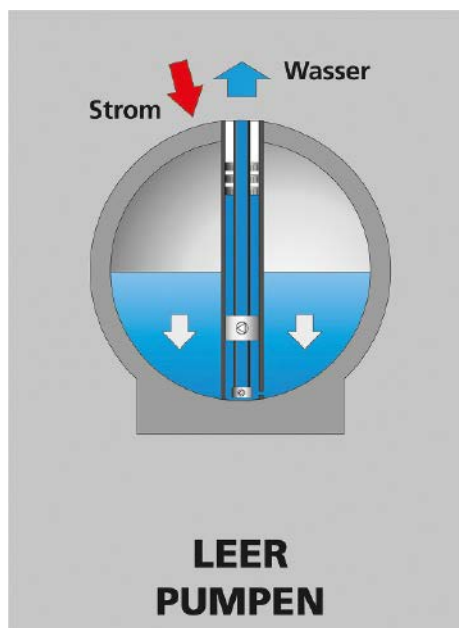
Die Idee klingt futuristisch, ist aber bereits Realität: Mit dem Projekt StEnSea wird das Prinzip des Pumpspeicherkraftwerks auf den Meeresgrund übertragen. Hohle Betonkugeln, ausgestattet mit Unterwassermotorpumpen, speichern Energie in großen Tiefen. Das Fraunhofer IEE und Partner realisieren das System nun unter Offshore-Bedingungen – mit dem Ziel, eine skalierbare und umweltfreundliche Speicherlösung für erneuerbare Energien zu schaffen.



▲ In einem Feldversuch mit einer 3-Meter-Kugel im Bodensee wurde 2016 bereits nachgewiesen, dass das neuartige Konzept gut funktioniert.

Die Idee ist revolutionär: Das Fraunhofer Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE hat einen Unterwasser-Energiespeicher entwickelt, der das Prinzip der Pumpspeicherkraftwerke auf den Meeresgrund überträgt. Windkraft wird dabei mit Wasserdruck in küstennahen Stromnetzen kombiniert.

Herzstück des Systems StEnSea (Stored Energy in the Sea) sind hohle Betonkugeln, die mit Tauchpumpen ausgestattet sind und in einer Tiefe von 600 bis 800 m auf dem Meeresboden platziert werden. Diese Kugeln dienen als Energiespeicher. Eine große Meerestiefe ist dabei entscheidend, weil der hohe Druck in dieser Tiefe eine effiziente Energiespeicherung ermöglicht. Die Technologie eignet sich daher besonders für Küstenregionen mit tiefen Gewässern, wie Norwegen, Portugal, die Ost- und Westküste der USA, Brasilien und Japan.



▲ Das Herzstück des StEnSea-Systems sind hohle Betonkugeln, die mit Tauchpumpen ausgestattet sind. Sie dienen sowohl als Energiespeicher als auch zur Stromerzeugung.

Vergleichbar mit Pumpspeicherkraft an Land

In einem aktuellen Projekt soll vor der kalifornischen Küste eine Betonkugel mit neun Metern Durchmesser verankert werden. Auf ihrer Oberseite befindet sich eine Öffnung, in die eine Pumpenturbineneinheit integriert ist. Soll Energie gespeichert werden, pumpt die Unterwassermotorpumpe das Wasser gegen den Druck des umgebenden Wassers aus der Kugel. Dadurch entsteht im Inneren der Kugel ein Vakuum, wobei die Energie als potenzielle Energie gespeichert wird. Die Unterwassermotorpumpe wird dafür mit überschüssigem Strom aus erneuerbaren Quellen wie Wind oder Sonne betrieben. Steigt der Energiebedarf im Laufe des Tages, wird ein Ventil geöffnet und Wasser strömt in die Kugel hinein. Die integrierte Pumpe wird dadurch rückwärtslaufend als Turbine betrieben. Das einströmende Wasser treibt die Turbine in der Pumpe an und wandelt die kinetische Energie des Wassers in Strom um, der in das Stromnetz eingespeist wird, um die Nachfrage in Spitzenzeiten zu decken.

Das Fraunhofer IEE arbeitet bei dem Projekt StEnSea mit dem US-amerikanischen Start-up Sperra zusammen, das sich auf den 3D-Betondruck für Anwendungen im Bereich der erneuerbaren Energien spezialisiert hat. Schlüsselkomponenten bei dem innovativen Konzept sind die Unterwassermotorpumpen von Pleuger Industries. Der Pumpenhersteller war von Anfang an an StEnSea beteiligt und hat mit einer speziell entwickelten Unterwassermotorpumpe zur Entwicklung des ersten Prototyps beigetragen. Ergänzt wird das System durch rückspeisefähige ABB-Frequenzumrichter ACS880-17, die die Stromerzeugung und den Pumpbetrieb bei deren Einsatz regeln.



◀ Die Unterwassermotorpumpe von Pleuger Industries ist eine Schlüsselkomponente der StEnSea-Kugelspeicher.

Edris Faez, Team Leader Engineering (R&D) bei Pleuger, sagt: „Das System ist in hohem Maße skalierbar und kann in verschiedenen Unterwasserumgebungen auf der ganzen Welt eingesetzt werden, einschließlich Offshore-Küstenregionen und tiefen künstlichen Seen wie geflutete Tagebaue. Durch die Nutzung der vorhandenen Meerestiefe und des Drucks vermeidet das StEnSea-System viele der geografischen und umweltbedingten Einschränkungen, denen herkömmliche Energiespeichertechnologien wie Batterien und Wasserkraft an Land ausgesetzt sind.“

In einem Feldversuch mit einer Drei-Meter-Kugel im Bodensee haben Forschende des Fraunhofer IEE im Jahr 2016 zusammen mit Partnern bereits nachgewiesen, dass dieses Konzept funktioniert. Bei dem Test wurde dessen Machbarkeit im realen Betrieb an einem Modell im Maßstab 1:10 in rund 100 m Wassertiefe überprüft. Nach dem erfolgreichen Test im Bodensee

CITplus-Wissen

Die wichtigsten Vorteile des StEnSea-Systems

- **Umwelteffizienz:** Das System nutzt den natürlichen Druck der Ozeane, wodurch der Bedarf an groß angelegter Infrastruktur verringert und der Einsatz kritischer Materialien, die in Batteriespeichern benötigt werden, vermieden wird.
- **Skalierbarkeit:** Der modulare Charakter der Hohlkugeln ermöglicht eine Skalierbarkeit, d.h. das System kann an verschiedene Regionen

und unterschiedliche Größenordnungen des Energiespeicherbedarfs angepasst werden. Ein StEnSea-Park kann außerdem zunächst mit wenigen Kugeln in Betrieb gehen und später jederzeit beliebig erweitert werden.

- **Zeitersparnis:** Die Bauzeit der Kugeln ist wesentlich kürzer als die eines herkömmlichen Pumpspeicherkraftwerks.

wird jetzt das System in großer Wassertiefe unter Offshore-Bedingungen getestet. Dazu wird das Projekt auf einen Neun-Meter-Prototyp ausgeweitet, der 0,5 MW Strom in einer Tiefe von über 600 m erzeugen kann. Das nächste Ziel sind Kugeln mit 30 m Durchmesser.

Frequenzumrichter regelt Pump- und Generatorbetrieb

Ein rückspeisefähiges Single Drive-Schrankgerät ACS880-17 von ABB mit einer Nennleistung von 710 kW regelt in dem Projekt die Pumpen-Motor-Einheit von Pleuger. Der Pumpenhersteller und ABB haben in den letzten Jahren einige Projekte im Bereich Unterwassermotorpumpen durchgeführt, darunter auch das Bodensee-Projekt. Damals wurde ein rückspeisefähiger Frequenzumrichter aus der ACS800-Serie von ABB genutzt. Aufgrund der Erfolge bei diesem Projekt, der guten Zusammenarbeit, der engen Betreuung in allen Projektphasen sowie der qualitativ hochwertigen Produkte entschied sich Pleuger auch beim aktuellen StEnSea-Projekt wieder für ABB.

Der rückspeisefähige Frequenzumrichter arbeitet mit einer aktiven Einspeiseeinheit. Mit dem Vier-Quadranten-Antrieb kann über die Drehzahl und das Drehmoment die Richtung des Energieflusses geändert werden. Der ACS880-17 kann dadurch zum Regeln der Pumpe wie auch der Turbine im Generatorbetrieb eingesetzt werden. Über die Regelung der Drehzahl kann die Leistung des Kugelspeichers angepasst werden. Für den optimalen Pump- und Turbinenbetrieb können verschiedene Drehzahlen gefahren werden.

Die aktive Einspeiseeinheit ermöglicht einen Energiefluss in zwei Richtungen. Das bedeutet, dass der Frequenzumrichter aus dem Netz Antriebsenergie für die Pumpe beziehen kann, um die mit Meerwasser gefüllte Betonkugel leer zu pumpen. Im Turbinenbetrieb kann er Strom in das Netz zurückspeisen, wenn das Meerwasser wieder in die Kugel zurückfließt.

Keine störenden Oberschwingungen

Der ACS880-17 hat neben der Energierückspeisung noch einen weiteren Vorteil gegenüber konventionellen Frequenzumrichtern: Dank der aktiven Einspeiseeinheit und eines integrierten Netzfilters erzeugt er nur sehr geringe Ober-

schwingungen. Das Gerät kann den Cosinus φ der Grundschwingung zur Optimierung der Blindleistung unter allen Lastbedingungen auf Eins regeln und erfüllt Oberschwingungsnormen wie IEEE519, IEC61000-3-12 und G5/4 in vollem Umfang. Verglichen mit konventionellen Frequenzumrichtern ist der Oberschwingungsgehalt um bis zu 97 % niedriger.

Nichtlineare elektrische Verbraucher, wie Frequenzumrichter, verursachen Oberschwingungen, die zu unerwünschten Verzerrungen der Spannung und des Stroms in den Netzen führen. Die Oberschwingungen können andere Verbraucher wie Motoren, Transformatoren und weitere elektrische Einrichtungen übermäßig aufheizen. Das erfordert eine zusätzliche Kühlung, sorgt für Energieverluste und kann schlimmstenfalls zu vorzeitigen Ausfällen führen.

Geringer Platzbedarf und optimierte Kosten

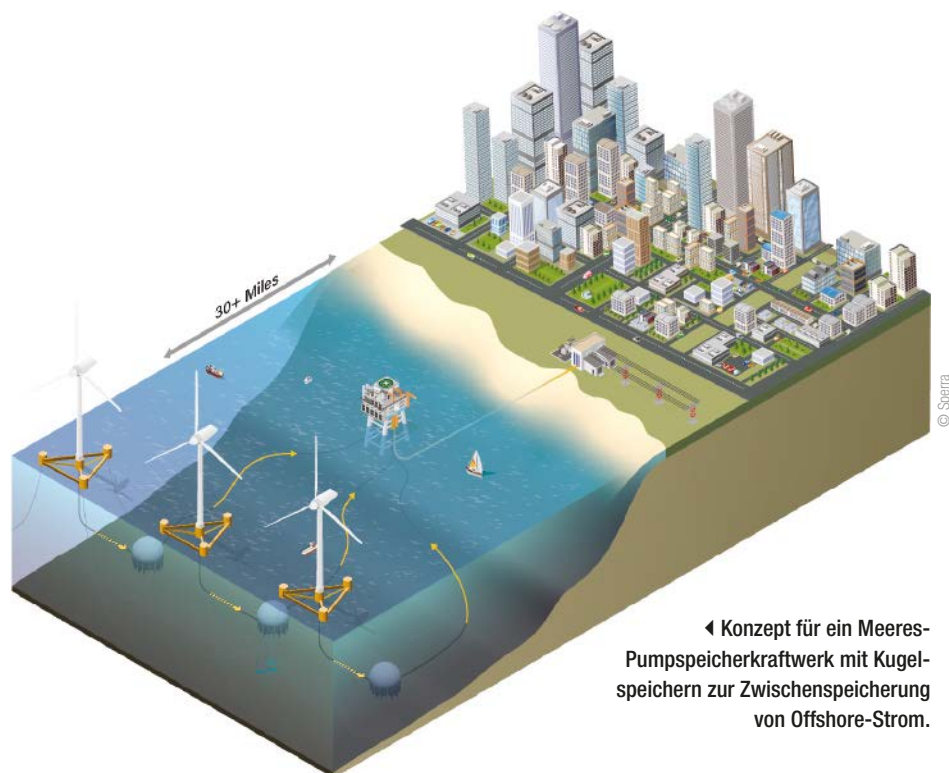
Der ACS880-17 wird auf einer schwimmenden Plattform installiert und über ein Kabel mit der Unterwassermotorpumpe verbunden. Zwischen dem Niederspannungsfrequenzumrichter und dem Mittelspannungsmotor ist ein Transformator zwischengeschaltet, der Mittelspannung in

Niederspannung umwandelt und umgekehrt. Dank des niedrigen Oberwellengehalts des ACS880-17 kann auch der Transformator kleiner dimensioniert werden. Die kompaktere Größe des Frequenzumrichters und des Transformators spart Platz und somit Kosten im Elektroraum.

Der ACS880-17 bietet eine präzise Regelung des dynamischen Prozesses mit der Möglichkeit, jederzeit auf den Energiefluss Einfluss zu nehmen. Pleuger war eine Programmieroberfläche wichtig, mit der später das System bei Bedarf erweitert bzw. weitere Funktionen genutzt werden können. Mit der integrierten adaptiven Programmierung des ACS880-17 kann das Unternehmen ohne zusätzliche Programmier-Tools oder -Sprachen das Gerät spezifisch an die Anwendung anpassen. Zusätzlich lässt sich mithilfe des neuen UCU-Control Boards auch die offene Software-Plattform ABB Crealizer nutzen, um beispielsweise latenzfreie Applikationen direkt im Antrieb mithilfe von Entwicklungsumgebungen wie Matlab/Simulink oder der C++-Programmierung zu entwickeln.

Test vor der kalifornischen Küste

Als Standort des Unterwasserspeichers wurde ein küstennahes Gebiet vor Long Beach bei Los Angeles (USA) ausgewählt. Das System soll spätestens Ende 2026 in Betrieb gehen. Edris Faez von Pleuger betont: „Abgesehen von seinen technischen Fähigkeiten hat das StEnSea-Projekt auch eine tiefgreifende Wirkung. Durch den Einsatz von Offshore-Energiespeichersystemen können wir viele der mit der herkömmlichen Pumpspeicherung verbundenen Probleme an Land vermeiden, wie zum Beispiel die Auswirkungen auf die Umwelt und Konflikte bei der Landnutzung. Diese Offshore-Lösung vermeidet auch die Abhängigkeit von kritischen



◀ Konzept für ein Meeres-Pumpspeicherkraftwerk mit Kugelspeichern zur Zwischenspeicherung von Offshore-Strom.



Materialien, die für die Batteriespeicherung benötigt werden, und ist damit eine nachhaltige Option für die Zukunft.“

Das weltweite Potenzial für unterseeische Pumpspeicher-Kraftwerke ist enorm. Mit einem geschätzten technischen Nettopotenzial von 75 TWh allein in US-Gewässern könnte, die im Rahmen des StEnSea-Projekts entwickelte Technologie das Speicherpotenzial von Onshore-Systemen mit geschlossenem Kreislauf verdoppeln. Die Energie, die bei einem Mal Laden und Entladen einer Dreißig-Meter-Kugel erzeugt wird, entspricht etwa dem Jahresbedarf von zehn Haushalten in Deutschland. Die Leistung der Kugel ist in etwa vergleichbar mit der Leistung einer großen Windenergieanlage. Im Zuge des weltweiten Übergangs zu einer

kohlenstoffarmen Wirtschaft sind solche Innovationen von entscheidender Bedeutung, um eine stabile und widerstandsfähige Energieversorgung zu gewährleisten.



Andreas Diedrich,
Vertriebsingenieur Region Nord-Ost, ABB Motion Deutschland

Wiley Online Library



ABB Motion Deutschland, Mannheim
beate.hoeger-spiegel@de.abb.com
www.abb.com

◀ Ein rückspeisefähiges Schrankgerät
ACS880-17 von ABB regelt die Pumpen-
Motor-Einheit von Pleuger.

Schraubengebläse für die Wasserwirtschaft

Kaeser hat ein ölfreies Schraubengebläse für Anwendungen in der Wasserwirtschaft entwickelt. Das EBS 410 liefert einen Volumenstrom von 10 bis 40 m³/min bei Druckdifferenzen von 0,3 bis 1,1 bar. Die Motorisierung reicht von 22 bis 75 kW. Das Gebläse wird in zwei Ausführungen angeboten. Die Version SFC verfügt über einen integrierten Frequenzumrichter und Synchron-Reluktanzmotor. Diese Motorkonstruktion kombiniert die Eigenschaften schlupffreier Permanentmagnetmotoren mit der Servicefreundlichkeit von Asynchronmotoren. Durch die variable Drehzahl passt sich der Volumenstrom bedarfsgerecht an. Der Regelbereich von 1:4 kann dynamisch durchfahren werden. Die Version STC arbeitet mit einem Asynchronmotor der Effizienzklasse IE4. Die Kraftübertragung zwischen Motor und Verdichter erfolgt über ein wartungsfreies Getriebe. Gegenüber dem Vorgängermodell weist die Maschine eine um bis zu acht Prozent verbesserte spezifische Leistung auf. Der isentrope Wirkungsgrad erreicht bis zu 80 %. Der Wirkungsgrad verläuft über den Regelbereich gleichmäßig. Der Volumenstrom bleibt über den Regelbereich weitgehend unabhängig von Druckschwankungen, was die Ansteuerbarkeit durch Leittechnik verbessert. Die Leistungswerte werden nach ISO 1217-C/E garantiert. Das Aggregat wird in zwei Baugrößen gefertigt: bis 37 kW mit einer Stellfläche von 2,2 m² und bis 75 kW mit 2,6 m². Die Aufstellung mehrerer Einheiten parallel ist möglich. Die Anlagen werden mit kompletter Steuerung sowie Frequenzumrichter beziehungsweise Stern-Dreieck-Starter ausgeliefert. Sie tragen CE- und EMV-Kennzeichnung. Eine Schall- und Pulsationsdämmung ist integriert. www.kaeser.com



Dosierpumpen für die Wasseraufbereitung

Prominent hat zwei Membrandosierpumpen-Systeme für die kommunale und industrielle Wasseraufbereitung im Portfolio. Die Magnet-Membrandosierpumpe Gamma/ X und die Motor-Membrandosierpumpe Sigma unterscheiden sich in Antriebskonzept und Förderleistung. Die Gamma/ X dosiert Desinfektionsmittel wie Natriumhypochlorit sowie pH-Korrekturmittel. Eine digitale Steuerung passt die Dosiermenge proportional zum Durchfluss an. Das System verfügt über eine integrierte Druck- und Luftblasenerkennung. Die Einbindung in übergeordnete Leitsysteme erfolgt über Schnittstellen wie Profibus, Profinet oder Modbus. Dies ermöglicht eine zentrale Überwachung und Fernsteuerung der Dosierparameter. Die Sigma ist für höhere Fördermengen ausgelegt. Sie wird zur Zugabe von Flockungsmitteln, Bioziden oder pH-Korrekturmitteln eingesetzt. Die Pumpe verwendet chemikalienbeständige Werkstoffe und eine mehrlagige Sicherheitsmembran. Diese Konstruktion reduziert den Wartungsaufwand bei medienintensiven Anwendungen. Beide Systeme lassen sich in bestehende Prozessleitsysteme integrieren. Die digitale Anbindung erlaubt eine kontinuierliche Prozessüberwachung und die Anpassung der Dosiermengen im laufenden Betrieb. Die Pumpen werden in Trinkwasserwerken, Kläranlagen und industriellen Aufbereitungsanlagen eingesetzt. Nach Herstellerangaben sind weltweit rund 1,6 Millionen Dosierpumpen des Unternehmens im Einsatz.

www.prominent.com





Drei energieeffiziente Turbogebläse von Aerzen sorgen für Luft in den beiden Belebungsbecken.

Modernisierung der Kläranlage Oschersleben

Drei energieeffiziente Turbogebläse senken den Stromverbrauch und die CO₂-Emissionen



Keywords

- *Gebläsetechnik*
- *energieeffizient*
- *raumsparend*

Kosten senken und die Umwelt schonen: Das war das Ziel der Modernisierungsmaßnahmen auf der Kläranlage Oschersleben. Zum Gesamtprojekt gehörte auch neue Gebläsetechnik für die beiden Belebungsbecken. Diese musste einen energiesparenden Betrieb garantieren, direkt am Becken platziert werden können und aufgrund der nahen Wohnbebauung möglichst leise sein. Zum Einsatz kommen drei energieeffiziente Turbogebläse, die ca. 30 % weniger Energie benötigen.

77 t CO₂ weniger im Jahr: Das ist die Prämisse hinter der energetischen Sanierung der Belebungsbecken in der Kläranlage Oschersleben. Dafür arbeiten jetzt drei Turbogebläse statt fünf Drehkolbengebläse. Der Trink- und Abwasserverband Börde (TAV) senkt so spürbar seinen Energiebedarf und freut sich über eine Co-Finanzierung der Maßnahme durch die Europäische Union. Knapp 20.000 Einwohner zählt die Stadt mitten in der Magdeburger Börde. Die Abwasserreinigung ist für 48.000 Einwohnungsleistungswerte ausgelegt, wobei die mittlere Leistung aktuell bei 33.000 EWG liegt. „Wir haben noch

Kapazitäten“, sagt Olaf Wachsmuth, im TAV Projektverantwortlicher für die Modernisierung. Der Verband zählt insgesamt 13 Kläranlagen, wovon Oschersleben mit einem durchschnittlichen Zufluss von 2900 m³ Abwasser pro Tag die größte ist.

Turbomaschinen im schallisolierten Container

Die neue Gebläsetechnik ersetzt fünf Drehkolbengebläse, die seit dem ersten Umbau der Kläranlage im Jahr 2000 in Betrieb sind. Die Delta Blower von Aerzen – Typ GM 35 S

(2.388 m³/h, 90 kW max.) – waren seinerzeit für die Außenaufstellung konzipiert und mit einer entsprechenden Schutzhaube versehen. Hochfrequente Turbomaschinen sind standardmäßig nicht darauf ausgelegt, Wind und Wetter direkt ausgesetzt zu sein. Folglich stellte sich im Zuge der Modernisierung die Frage, wo die Aggregate ihren Raum finden. Statt dafür ein kostspieliges Maschinenhaus zu bauen, fiel im Rahmen der Ausschreibung die Entscheidung, die Gebläsetechnik in einem Standardcontainer direkt an den beiden Belebungsbecken zu platzieren. Die kompakten Maße des Zwanzig-Fuß-Containers



Die drei Turbogebälse liefern insgesamt 9.000 Nm³/h Prozessluft.

machten es möglich, die Einheit weitgehend auf den vorhandenen Fundamenten der alten Gebläse zu platzieren – was letztlich Einsparungen im Tiefbau zur Folge hatte.

Im Container werden auf einer Innenfläche von knapp 14 m² drei Turbogebälse vom Typ AT 75 - 0.8 S G5plus (2.900 m³/h, 65 kW) eingesetzt. Der standardisierte Transportbehälter wurde von der Aerzen Turbo Europe als Auftragnehmer innerhalb der Aerzen-Gruppe einer besonderen Schallisolierung unterzogen. Hierbei ist zu wissen, dass die Bauarbeiten in der Kläranlage nicht nur unter der Voraussetzung nachhaltiger Energieeinsparungen, sondern auch unter den Bestimmungen des Baurechts standen. Die Baugenehmigung sah vor, dass die neue Gebläsezentrale in puncto Geräuschemissionen nicht über einen Schalldruckpegel von 60 dB(A) hinaus geht.

Eine kompakte, leise und wirtschaftliche Lösung

„Wir haben etwa 180 m Luftlinie bis zur Wohnbebauung“, sagt Olaf Wachsmuth und berichtet von einem Schallschutzgutachten im Rahmen der Genehmigung. „Dabei wurden die alten Gebläse und ihre Ausbreitung bis zum ersten Haus gemessen.“ Mit der neuen Belüftungstechnik ist der TAV spürbar leiser unterwegs. Dabei hat sich der schallisolierte Container genauso bewährt, wie die im Vergleich zur Vorgängertechnik leiseren Turbo. Damit diesen nicht die Zuluft ausgeht, kommen spezielle Kulissenschalldämpfer zum Einsatz. Sie sind Teil des Aerzen-Systems und darauf abgestimmt, die optimale Luftversorgung für die Strömungsmaschinen zu gewährleisten – und dieses mit einem wirkungsvollen Schallschutz. In Oschers-



Blick in einen der Aerzen Turbos im Container.

leben liefert dieser Aufbau 9.000 Nm³/h – also 3.000 m³ pro Turbogebälse. „Wir können mit diesem Setup auch 24.000 Nm³ aus einem Container heraus liefern“, sagt Ingo Bartz. Auch leistungsstärkere Turbogebälse seien immer noch so klein, dass drei davon in den Container passen. „Das ist mächtig viel Luftleistung mit einem extrem kleinen Fußabdruck“, unterstreicht der Vertriebsleiter bei Aerzen Turbo.

Cleveres Management der Prozessluft mit AERsmart

In Oschersleben ist der „Turbo-Container“ regelungstechnisch mit dem Aqualogic-Rechner von Aqseptence verbunden. Dieser ermittelt mit Hilfe von Sensoren den Sauerstoffbedarf in den beiden Belebungsbecken und regelt daraufhin die Öffnung von Schiebern in der Zuluftleitung. Die übergeordnete Maschinensteuerung AERsmart regelt entsprechend des herrschenden Drucks in der Leitung die Leistung der drei Turbogebälse. Fällt der Druck ab, steigt die Luftleistung, nimmt er zu, sinkt sie

wieder ab. Die Verbundsteuerung managet dabei das optimale Zusammenspiel aller drei Turbos für beide Belebungsbecken. Der Einsatz von drei Strömungsmaschinen schafft die Basis, einerseits Lastspitzen sicher zu beherrschen und andererseits immer ein Aggregat als Redundanz zur Verfügung zu haben.

Die Betriebskosten rücken immer mehr in den Vordergrund

Mit der Auswahl einer Belüftungslösung auf Grundlage von Strömungsmaschinen ist es in Oschersleben gelungen, den Energiebedarf in der biologischen Reinigung spürbar zu senken. Die Projektbeteiligten rechnen mit Einsparung von rund einem Drittel. Dieses Effizienzpotenzial führt dazu, dass in Ausschreibungen immer mehr die Betriebskosten einer technischen Lösung in den Vordergrund rücken – und weniger der reine Anschaffungspreis. „Wir haben für alle Lastfälle die benötigte Energie durchgerechnet und die Werte auch zeitlich korreliert, also über die Betriebszeiten hinweg

entsprechend gewichtet“, erklärt Olaf Wachsmuth. Auch flossen die Wartungskosten über fünf Betriebsjahre hinweg in die Evaluierung der besten technischen Lösung ein. Hier konnten die Turbos ebenfalls punkten. Der Aufbau der Lösung in einem schnell anzuschließenden Container kann auch bei künftigen Modernisierungsprojekten Schule machen, da die Einheiten kurzfristig in Betrieb zu nehmen sind und wenig Platz benötigen.

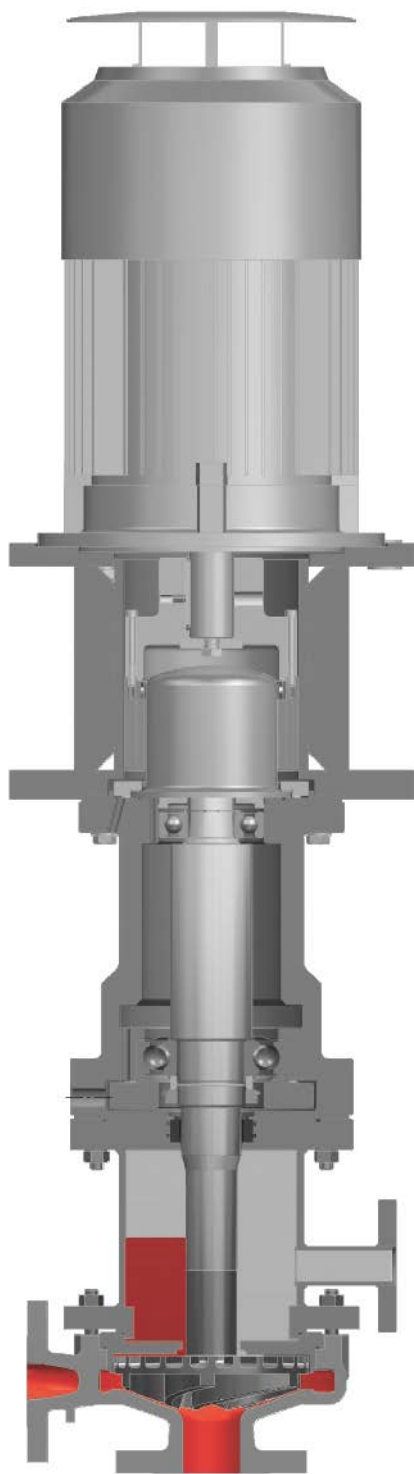


Sebastian Meißler,
Business Development,
Aerzener Maschinenfabrik

Wiley Online Library



Aerzener Maschinenfabrik GmbH, Aerzen
Sebastian Meißler
Tel.: +49 5154 81 9970
sebastian.meissler@aerzen.com
www.aerzen.com



Selbstregelnde Pumpen passen ihre Fördermenge automatisch an den Zulauf an – ganz ohne aufwendige Regeltechnik und Zusatzmaßnahmen, um die ideale Fördermenge sicherzustellen.

Die Pumpe als Gesamtlösung

Selbstregelnde Kreiselpumpen reduzieren Wartung und erhöhen Anlagenverfügbarkeit

Pumpen sind das Herz vieler industrieller Prozesse – und zugleich eine häufige Quelle für Wartungsaufwand und Systemausfälle. Besonders bei anspruchsvollen Fördermedien stoßen klassische Lösungen schnell an ihre Grenzen. Doch neue Entwicklungen in der Pumpentechnik versprechen Abhilfe: Selbstregelnde Spezialkreiselpumpen mit innovativer Abdichtungstechnik können viele Zusatzkomponenten überflüssig machen. Der Beitrag zeigt, wie diese Systeme funktionieren, welche Vorteile sie bieten und warum sich ihr Einsatz bereits in der Planungsphase lohnt.

In nahezu allen Industriebereichen – von der Chemie- und Prozessindustrie über die Wasser- und Abwasserwirtschaft bis hin zur Energieerzeugung – spielen Pumpen eine zentrale Rolle. Sie sind oft rund um die Uhr im Einsatz und müssen unter teils extremen Bedingungen zuverlässig arbeiten.

Für Betreiber und Systemingenieure stellt sich dabei die Frage, wie sich Wartungskosten senken lassen, ohne die Effizienz oder Betriebssicherheit zu beeinträchtigen. Besonders bei Neubau- oder Modernisierungsprojekten bietet sich die Chance, wartungsarme Systeme von Beginn an zu integrieren, anstatt bestehende Anlagen aufwendig nachzurüsten.

Ein wesentlicher Ansatzpunkt für Kostensenkungen liegt in der Optimierung der Pumpentechnik, denn Pumpen sind nicht nur energieintensive, sondern auch wartungsrelevante Schlüsselkomponenten.

Verschleißursachen bei anspruchsvollen Fördermedien

Die Förderung von Medien mit besonderen physikalischen Eigenschaften – etwa siedenden Flüssigkeiten, Medien nahe am Siedepunkt oder Flüssigkeiten mit Feststoffanteilen – bringt spezifische Herausforderungen mit sich. Druck- und Temperaturschwankungen können zum spontanen Verdampfen oder Kondensieren führen, was den Betrieb beeinträchtigt und Bauteile belastet. Dampfblasenbildung ist ein weiteres Problem: Da die meisten gewerblichen Pumpen, abgesehen von Luftpumpen bzw. Kompressoren, für Flüssigkeiten optimiert sind, können sie nur geringe Gasanteile tolerieren. Steigt der Gasanteil, droht ein Förderstromabbruch mit anschließendem Trockenlauf – ein Szenario, das

schnell zu Ausfällen führt. Auch Kavitation ist ein häufiger Verschleißtreiber: Implodierende Dampfblasen erzeugen mikroskopische Druckstöße, die Laufräder, Gehäuse und Dichtungen schädigen. In Kombination mit hohen Temperaturen oder abrasiven Feststoffen beschleunigt dies den Materialverschleiß erheblich.

Klassische Gegenmaßnahmen und ihre Grenzen

Traditionell begegnet man diesen Problemen durch zusätzliche Maßnahmen wie einer räumlich tieferen Installation der Pumpe, erhöhten Zulaufbehältern, Pufferbehältern mit Min/Max-Schaltung oder dem Einsatz von Frequenzumrichtern. Eine räumlich tiefere Installation erhöht den Zulaufdruck und senkt das Kavitationsrisiko. Höher positionierte Zulaufbehälter erzielen den gleichen Effekt. Pufferbehälter stabilisieren Druck- und Temperaturverhältnisse, während Frequenzumrichter die Drehzahl an den Bedarf anpassen, Energie sparen und mechanische Belastungen reduzieren.

Diese Maßnahmen sind wirksam, erhöhen jedoch die Komplexität des Gesamtsystems. Jede zusätzliche Komponente bedeutet Investitions- und Wartungskosten – und stellt eine potenzielle Fehlerquelle dar. Aus Sicht der Anlagenverfügbarkeit ist dies kritisch, weil der Ausfall einer Hilfskomponente den Betrieb der gesamten Anlage beeinträchtigt.

Pumpe als Gesamtlösung

Anstatt Pumpen und Zusatzkomponenten isoliert zu betrachten, hilft ein systemischer Ansatz. Ziel ist es, Pumpen so auszulegen, dass viele der genannten Zusatzaggregate überflüssig werden. Ein gutes Beispiel sind selbstregelnde



Keywords

- **selbstregelnde Kreiselpumpen**
- **Verschleißminimierung**
- **Wartung**

Spezialkreislumpen mit hydrodynamischer Abdichtung und extrem niedrigem NPSH-Wert. Diese Pumpen benötigen keine Mindestzulaufhöhe, sind trockenlaufsicher und kommen ohne Mindestförderstrom aus. In vielen Fällen können Pufferbehälter, Gruben, hohe Stahlgerüste oder komplexe Überwachungssysteme entfallen. Das Ergebnis sind weniger Bauteile, geringere Investitions- und Wartungskosten, höhere Betriebssicherheit und eine vereinfachte Anlagenplanung – unabhängig von der Branche.

Hydrodynamische Abdichtung: Schlüssel zur Verschleißminimierung

Ein wesentliches Element, um den Verschleiß von Pumpen und die Ausfallzeiten von Anlagen zu minimieren, ist die hydrodynamische Abdichtung. Diese trennt das Fördermedium konsequent von Lagerung und Wellenabdichtung. Spezielle Rückenschaufeln am Laufrad fördern das Medium aktiv vom Wellendurchtritt weg, sodass die Dichtung im Betrieb keinem Förderdruck und keinem direkten Kontakt mit dem Fördermedium ausgesetzt ist. Diese Technik verhindert nicht nur Leckagen, sondern schützt die Dichtung auch vor Feststoffen und Kavitationseinflüssen. Weil während des Betriebs kein mechanischer Kontakt mit dem Fördermedium oder darin enthaltenen abrasiven Elementen besteht, sinkt der Verschleiß erheb-

lich. In vielen Anwendungen können einfache Stopfbuchsen als Sekundärdichtung eingesetzt werden, die das System im Stillstand abdichten und im Betrieb verschleißfrei bleiben. Für anspruchsvollere Medien, etwa überhitzte Flüssigkeiten oder aggressive Chemikalien, können doppelte Gleitringdichtungen mit Sperrflüssigkeit zum Einsatz kommen, die ebenfalls auf lange Standzeiten und hohe Betriebssicherheit ausgelegt sind.

Selbstregelung für hohe Verfügbarkeit

Ein weiterer Vorteil moderner Spezialkreislumpen ist ihre Fähigkeit zur hydraulischen Selbstregelung. Durch eine gezielte Modifikation des Laufrads fördert die Pumpe ausschließlich die Menge, die ihr durch den hydrostatischen Druck zugeführt wird. Dieses Prinzip sorgt dafür, dass sich die Fördermenge automatisch an den Zulauf anpasst, ohne dass mechanische oder elektronische Regelungen erforderlich sind. So wird nicht nur der Steuerungsaufwand reduziert, sondern es werden auch potenzielle Ausfallquellen eliminiert, was die Anlagenverfügbarkeit deutlich erhöht.

Weniger Verschleiß, höhere Verfügbarkeit

Die Kombination aus verschleißarmer Abdichtung, selbstregelndem Betrieb und niedrigem NPSH-Wert führt zu einer deutlichen Reduzie-

rung der Wartungsintervalle. Gleichzeitig steigt die Verfügbarkeit, da weniger Hilfssysteme benötigt werden und die Pumpe auch unter schwierigen Prozessbedingungen zuverlässig arbeitet. Für Betreiber in allen Industriezweigen gilt daher: Eine frühzeitige Einbindung des Pumpenherstellers in die Projektplanung kann nicht nur die Investitionskosten senken, sondern auch langfristig Betriebskosten reduzieren und die Nachhaltigkeit der Anlage verbessern.



Frank Bungartz,
Geschäftsführer, Paul Bungartz

Wiley Online Library



Paul Bungartz GmbH & Co. KG, Düsseldorf
Tel.: +49 211 577905 0
vertrieb@bungartz.de
www.bungartz.de

© Bilder Bungartz

Digitale Dosierpumpe mit Schrittmotor

Grundfos hat eine digitale Dosierpumpe für die Chemikaliendosierung in Industrie, Gebäudetechnik und Wasseraufbereitung entwickelt. Die DDA SMART Digital arbeitet nach dem Digital Dosing-Prinzip mit einem Schrittmotor und Drehzahlregelung. Der Einstellbereich beträgt 1:3000, was eine Anpassung der Fördermenge über einen breiten Leistungsbereich ermöglicht. Die Dosierung erfolgt pulsationsarm über den gesamten Regelbereich. Eine integrierte Durchflussregelung überwacht die Fördermenge kontinuierlich. Das System passt die Parameter automatisch an und verhindert damit Über- oder Unterdosierungen. Die Regelung arbeitet über den gesamten Betriebsbereich und gleicht

Schwankungen selbstständig aus. Dies erhöht die Prozesssicherheit auch unter wechselnden Betriebsbedingungen. Die Pumpe lässt sich über die Grundfos GO App für iOS und Android steuern. Über die Anwendung sind Fernkonfiguration, Überwachung und Firmware-Updates möglich. Pumpeneinstellungen können kopiert und auf andere Geräte übertragen werden. Die Inbetriebnahme erfolgt über geführte Setup-Menüs, die den Anwender durch die Konfiguration führen. Für die Integration in übergeordnete Systeme verfügt die Dosierpumpe über Feldbus-Schnittstellen. Diese sind bereits im Gerät integriert, was den Installationsaufwand reduziert und eine direkte Anbindung an bestehende Automatisierungssysteme ermöglicht.



Die Bauteile wie Ventile, Membranen und der komplette Bedienkubus sind als Ersatzteile verfügbar. Dies ermöglicht Reparaturen vor Ort und verlängert die Nutzungsdauer der Anlage. Die präzise Dosierung trägt zur Reduzierung des Chemikalienverbrauchs bei. www.grundfos.com

Peristaltikpumpe für bioanalytische Messsysteme

Das Biotechnologie-Unternehmen Dynamic Biosensors aus München setzt in seinem HeliX Biosensor-System eine peristaltische Pumpe von Spetec für die präzise Förderung von Flüssigkeiten ein. Das Messsystem dient der bioanalytischen Charakterisierung von Proteinen und molekularen Wechselwirkungen in der pharmazeutischen Forschung und Entwicklung. Im fluidischen System des Biosensors transportiert die Peristaltikpumpe Precision Compact die für das jeweilige Experiment notwendigen

Flüssigkeiten zum definierten Zeitpunkt mit der erforderlichen Flussrate durch den Biochip. Die Pumpe arbeitet nach dem Verdrängerprinzip: Ein flexibler Schlauch wird zwischen Rollen in einem Pumpenkopf eingespannt. Die Flüssigkeit bleibt dabei im Schlauch eingeschlossen, ein direkter Kontakt mit dem Pumpenmechanismus findet nicht statt. Das Aggregat fördert die Medien über längere Zeiträume pulsationsfrei. Ein Schrittmotor treibt die Rollen im Pumpenkopf an. Die Integration in das mikrofluidische

System erfolgte über eine angepasste Ansteuerlektronik. Die Wartung beschränkt sich auf den periodischen Austausch der Schläuche. Nach Angaben von Dynamic Biosensors arbeitet die Pumpe zuverlässig ohne technische Ausfälle. Das Gerät erfüllt die Anforderungen an Flussrate, Präzision und Langzeitstabilität für die Messung molekularer Wechselwirkungen. www.spetec.de



© Spetec

Innovationen für Umwelt und Zukunft

Wie NETZSCH Pumpen & Systeme der Entstehung von Mikroplastik und PFAS begegnet

PFAS-arme Statoren, Digitalisierung und neue Materialien – eine Branche im Wandel. NETZSCH setzt neue Maßstäbe bei Pumpensystemen.

► Pumpensysteme stehen heute vor großen Herausforderungen – NETZSCH beweist jedoch, dass nachhaltige Innovation nicht nur möglich, sondern auch sinnvoll ist.

Mit wachsendem Bewusstsein für Umwelt- und Gesundheitsschutz rücken auch die Herausforderungen rund um die Themen Mikroplastik und PFAS zunehmend in den Fokus des öffentlichen Interesses. Branchen wie die Abwasser- und Chemieindustrie stehen vor der Aufgabe, innovative und nachhaltige Lösungen zu entwickeln. NETZSCH Pumpen & Systeme ist sich seiner Verantwortung bewusst und handelt aktiv, um Innovation und Zukunftsfähigkeit in Einklang zu bringen.

Neues Zeitalter für Elastomere: PFAS-Vermeidung im Fokus

Seit weltweit strengere Regulierungen für PFAS (per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen) diskutiert werden, hat NETZSCH keine Zeit verloren: Umgehend startete das Unternehmen ein Entwicklungsprogramm für PFAS-arme Statormischungen. Zwar wird der Einsatz von Flour-haltigen Mischungen (FKM) immer auf den Prüfstand gestellt und nach Möglichkeit vermieden, doch eine komplette Abkehr von FKM ist stand heute noch nicht umsetzbar. Viele Einsatzfälle lassen bislang keine alternative Lösung zu. Mit sogenannten „NFS Typen“ (Non-Fluoro-Surfactant) geht NETZSCH jedoch einen weiteren Schritt, um den Einsatz von FKM zu minimieren.

Erste Statoren aus diesen modernen Mischungen stehen bereits auf dem Prüfstand – und überzeugen. Intensive Dauerlauf- und Temperaturtests zeigen: Die neuen Statoren sind nicht nur umweltfreundlicher, sondern auch leistungsstark und langlebig. In 2026 soll die endgültige Freigabe der neuen Mischungen erfolgen.

Zudem werden, wo möglich, auch Maschinentypen eingesetzt, die keine Elastomere benötigen, beispielsweise im Lebensmittelbereich, sodass in den dortigen Abwässern kein Mikroplastik aus Pumpen von NETZSCH zu finden ist.

Verbesserte Abriebseigenschaften – weniger Mikroplastik

Mikroplastik – ein Schlagwort, das für viele zum Symbol der Umweltbelastung geworden ist. NETZSCH begegnet diesem Problem, indem bei der Entwicklung der neuen Rotor-Stator-Kombinationen besonderer Wert auf eine herausragende Abriebbeständigkeit gelegt wurde. Das Ziel: weniger abriebbedingte Mikroplastikpartikel und damit ein spürbarer Beitrag zum Schutz von Gewässern und der Umwelt. Auch hier zeigen sich vielversprechende Werkstoffkombinationen auf den Prüfständen, welche genau diese Eigenschaften erfüllen können.

Smart und nachhaltig: Digitalisierung als Gamechanger

Innovation hört bei den Materialien nicht auf. NETZSCH setzt auch auf intelligente Pumpen und digitale Überwachungssysteme. Smarte Sensorik erkennt frühzeitig, wenn Pumpen verschleiben, und warnt rechtzeitig, bevor es zu erhöhtem Abrieb und damit zu einem Anstieg von Mikroplastik kommt. So wird nicht nur die Lebensdauer der Pumpe verlängert, sondern auch die Umwelt geschont – ein echter Mehrwert für Betreiberinnen und Betreiber und die Natur.



Transparenz und Verantwortung entlang der Lieferkette

Auch in der Lieferkette setzt das Unternehmen auf Wandel. Alle Zulieferer von Elastomeren und Kunststoffen wurden aufgefordert, ihr Portfolio zugänglich auf PFAS-freie oder zumindest PFAS-arme Materialien umzustellen. So entsteht ein Innovationsnetzwerk, das weit über die Werkstore von NETZSCH hinauswirkt.

Hightech-Statoren für komplexe Aufgaben

Neben den Entwicklungen im Bereich Elastomer-Statoren hat NETZSCH mit Feststoffstatoren aus Hochleistungskunststoffen einen weiteren Schritt in Richtung Zukunft gemacht. Diese Hightech-Komponenten eignen sich hervorragend für anspruchsvolle Anwendungen in Sachen chemischer Beständigkeit und punk-

ten auch mit Recyclingfähigkeit. Das Ergebnis: Eine verbesserte Recyclingfähigkeit der Materialien und ein deutlicher Beitrag dazu, dass weniger Kunststoffabfälle im Kreislauf verbleiben. So wird nicht nur die Wiederverwertung erleichtert, sondern auch das Risiko einer Umweltbelastung durch schwer recycelbare Komponenten minimiert.

Fazit: Ein Unternehmen zeigt Haltung

Die Herausforderungen für Pumpensysteme in der heutigen Zeit sind groß – doch NETZSCH zeigt, dass nachhaltige Innovation möglich und sinnvoll ist. PFAS-arme Statoren, digitale Intelligenz und der Einsatz von Hightech-Materialien beweisen, wie aus Verantwortung und technischem Know-how zukunftsweisende Lösungen entstehen. Wer heute auf NETZSCH setzt,

investiert nicht nur in langlebige und effiziente Technologie, sondern auch in den Schutz von Umwelt und Ressourcen.

NETZSCH Pumpen & Systeme GmbH, Waldkraiburg

Tel.: +49 8638 630

info.nps@netzsch.com

www.pumps-systems.netzsch.com

Ausfälle vermeiden – Nutzungsdauer von Ölen verlängern

Im Geschäftsbereich Fluidcontrol widmet sich Bühler Technologies seit Langem der Entwicklung von Lösungen zur Verlängerung der Nutzungsdauer von Hydraulik- und Schmierölen. Dabei zeigt die Erfahrung, dass eine einfache, aber entscheidende Frage oft übersehen wird: „Wie gelangt das Öl in den Behälter?“ Bereits bei der ersten Inbetriebnahme entscheidet sich, ob der unvermeidbare Verschleiß im System sofort oder erst unter Betriebsbelastung einsetzt. Seitdem Reinheitsklassen nach ISO 4406 zur Bewertung des Ölzustands herangezogen werden, wissen die meisten Betreiber, dass Neuöl nicht automatisch die gewünschte Reinheit aufweist. Deshalb beginnt Ölpflege schon beim Befüllen – idealerweise mit einem Spülprozess. Dieser kann zunächst darauf beschränkt sein, den Behälter und seine unmittelbare Umgebung zu reinigen, um Montageschmutz und Verunreinigungen im Frischöl zu entfernen. Bei komplexen Systemen wird anschließend die gesamte Anlage, gegebenenfalls abschnittsweise, gespült.

Sauberes Befüllen – von Anfang an

Der Befüllvorgang sollte so gestaltet sein, dass außer dem frischen Öl keine weiteren Verunreinigungen ins System gelangen. Jeder Ölbehälter sollte daher über einen festen Befüllanschluss verfügen, vorzugsweise mit einer Schnellkupplung. Um den unterschiedlichen Anforderungen von Erstausrüstern und Betreibern gerecht zu werden, hat Bühler Technologies eine innovative Lösung entwickelt, die beiden Seiten Vorteile bietet: Das Bühler FC-Terminal.

Anstelle eines einfachen Belüftungsfilters wird auf dem standardisierten Lochbild des Ölbehälters ein multifunktionales Modul installiert. Dieses vereint einen hochwertigen Belüf-

tungsfilter mit austauschbarem Element, eine Füllstands- und Temperaturüberwachung, einen Befüllanschluss mit Schnellkupplung sowie einen festen Probenahmeanschluss – ebenfalls mit Schnellkupplung. Der Erstausrüster spart Platz, Logistik und Montagekosten. Der Betreiber erhält einen zentralen Wartungspunkt mit sicheren Anschlüssen für das Befüllen und die regelmäßige Entnahme von Ölproben zur Laboranalyse. Diese Proben sind repräsentativ und frei von Sekundärverschmutzungen. Für Betreiber mit höherem Automatisierungsgrad bietet das System optional eine Überwachung des Belüftungsfilters.

Effiziente Ölpflege und Condition Monitoring

Wird die Befüll- oder Spülpumpe an eine im Steuerungssystem vernetzte Steckdose angeschlossen, lässt sich der Befüllvorgang über die integrierte Füllstandsmessung automatisieren. Das minimiert das Risiko von Überfüllungen, besonders in unübersichtlichen Anlagen. Mit dem Bühler FC-Terminal sind die grundlegenden Informationen zu Füllstand und Temperatur am Anfang und Ende des Systems verfügbar. Das Öl erreicht die gewünschte Reinheitsklasse und kann seinen Dienst aufnehmen.

Um die Nutzungsdauer des Öls zu maximieren, muss sein Zustand kontinuierlich überwacht werden. Eine präzise Filtration entfernt im Betrieb entstehende Partikel aus Feststoffen und Elastomeren. Ausgestattet mit einer Überwachung, kann der Filter zudem als „Verschleißdetektor“ dienen. Zur Stabilisierung



Mobiles Service Aggregat zur Befüllung, Spülung und Filterung kleiner und mittlerer Anlage.



CM-Terminal bestückbar mit verschiedenen Sensoren zur Ölüberwachung.

der Öltemperatur kommen systemgerecht dimensionierte Kühler für Luft oder Wasser zum Einsatz. Idealerweise kombiniert man Kühlung und Filtration in einer Nebenstromeinheit, um sicherzustellen, dass stets optimal temperiertes und gereinigtes Öl ins System gelangt.

Sensoren für umfassendes Monitoring

Zusätzliche Sensoren komplettieren ein professionelles Condition Monitoring. Da der Feuchtegehalt des Öls die Nutzungsdauer beeinflusst und Öle hygroskopisch sind, empfiehlt sich eine kontinuierliche Feuchteüberwachung. In manchen Anwendungen ist auch die Überwachung von freiem Wasser unverzichtbar. Je nach Investitionsvolumen eines Hydraulik- oder Schmierystems kann die Installation eines Alterungssensors oder eines CM-Terminals sinnvoll sein. Damit erhält der Betreiber kontinuierliche Informationen über den Zustand von System und Öl, wodurch häufige Laboranalysen entfallen. Für Schmieranlagen stehen zudem spezifische Sensoren zur Verfügung.

www.buehler-technologies.com



Keywords

- SAF
- Magnetkupplung
- Achsschubentlastung

Mehrere HZM-Modelle
in einem Tanklager für SAF

SAF sicher fördern

Wie innovative Pumpentechnologie die Dekarbonisierung der Luftfahrt vorantreibt

Die Luftfahrt steht unter Druck: Klimaziele, steigende Kosten und die Abhängigkeit von fossilen Lieferketten verlangen neue Lösungen. Sustainable Aviation Fuels (SAF) gelten dabei als Schlüssel zur Dekarbonisierung – vorausgesetzt, sie lassen sich sicher und wirtschaftlich in die Infrastruktur integrieren. Genau hier setzt eine neue Pumpenbaureihe an.

Mit der Anerkennung von Bioenergie als Schlüsseltechnologie in den EU-Klimazielen steigt die Bedeutung erneuerbarer Kraftstoffe wie SAF spürbar an. Gerade die Luftfahrt, die nur eingeschränkt elektrifizierbar ist, benötigt treibstoffbasierte Lösungen, um Emissionen nachhaltig zu

senken. SAF gelten daher als zentrales Element der Dekarbonisierung, während zugleich Unabhängigkeit von fossilen Lieferketten geschaffen wird. Damit dieser Markt wachsen kann, braucht es robuste Prozesslösungen wie die Pumpentechnologie von Dickow, die Betriebssicherheit, Energieeffizienz und eine hohe Verfügbarkeit gewährleisten.

Sustainable Aviation Fuels im Überblick

SAF sind flüssige Treibstoffe, aus erneuerbaren Reststoffen oder synthetischen Verfahren. Sie sind vollständig Drop-in-fähig und können ohne technische Anpassungen in bestehenden Flugzeugtriebwerken genutzt werden. Obwohl sie chemisch weitgehend mit Jet A1 vergleichbar sind, weisen SAF spezifische Unterschiede auf:

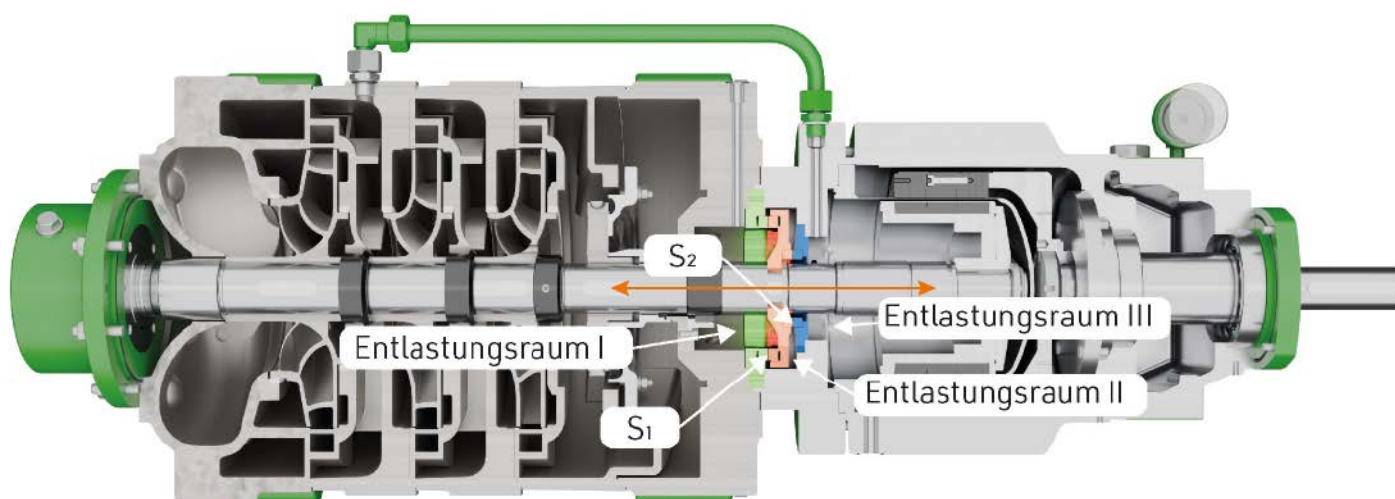
- deutlich geringerer Schwefel- und Aromatengehalt,
- leichte Abweichungen bei Dichte und Viskosität,
- erhöhte Anforderungen an die Materialbeständigkeit von Elastomeren und Dichtungen.

Diese Eigenschaften machen eine präzise abgestimmte Pumpentechnologie erforderlich, um Betriebssicherheit und Anlagenverfügbarkeit langfristig sicherzustellen.

Politischer Rahmen und Marktdynamik

Der weltweite Bedarf an Flugtreibstoff liegt bei etwa 300 Mio. t pro Jahr. Davon entfällt bislang weniger als ein Prozent auf SAF. Mit der ReFuelEU Aviation-Verordnung hat die Europäische Union erstmals verbindliche Beimischungsquoten eingeführt, um den Markthochlauf deutlich zu beschleunigen. Wesentliche Vorgaben:

- ab 2025: mindestens 2 % SAF-Beimischung an EU-Flughäfen
- ab 2030: mindestens 6 %, davon 1,2 % aus synthetischen Kraftstoffen bis 2050: Zielquote 70 %, davon 35 % synthetische Kraftstoffe
- Pflicht für Fluggesellschaften, die von Flughäfen in der EU abfliegen, mindestens 90 % des Jahresbedarfs an EU-Flughäfen zu tanken (Vermeidung von "Tankering"). Diese Regulierung schafft Planungssicher-



Horizontaler Teilschnitt auf Achshöhe: Durch die Axialschubentlastung werden die axialen Bewegungen der Pumpenwelle (oranger Pfeil) und aller darauf montierten Komponenten reduziert. Bei achsialem Schub verändern sich die Spaltweiten S1 und S2 automatisch, sodass der variable Druck im Entlastungsraum II die Kräfte ausgleicht und selbsttätig ein Schubgleichgewicht erreicht wird.

heit und erhöht den Druck, Produktionskapazitäten schnell auszubauen. Damit wächst in Raffinerien, Terminals und Tanklagern die Nachfrage nach Pumpentechnologien, die Effizienz, Betriebssicherheit und Flexibilität vereinen.

Herausforderungen in der Prozessindustrie

Mit dem steigenden Einsatz von SAF entstehen für die Prozessindustrie neue Anforderungen. Die Kraftstoffe unterscheiden sich in Zusammensetzung und Eigenschaften von fossilem Kerosin: geringerer Schwefel- und Aromatengehalt, leichte Schwankungen bei Dichte und Viskosität sowie höhere Ansprüche an die Materialbeständigkeit.

Für Betreiber bedeutet das: Pumpen müssen einen dauerhaft verlässlichen und lecksicheren Betrieb gewährleisten – auch bei variierenden Kraftstoffqualitäten. Zudem erfordern die neuen Medien eine präzise abgestimmte Fördertechnik, die Prozesssicherheit und Anlagenverfügbarkeit langfristig sicherstellt.

HZM-Baureihe für SAF-Förderung

Die HZM-Baureihe ist speziell auf die Anforderungen von SAF ausgelegt. Ihre mehrstufige Bauweise ermöglicht hohe Förderdrücke, während die integrierte Leitapparatechnologie Strömungsverluste minimiert und den Energiebedarf senkt. Die hermetische Magnetkupplung gewährleistet absolute Leckagesicherheit, und die sorgfältige Werkstoffauswahl sichert die Beständigkeit von Dichtungen und Elastomeren auch bei variierenden Kraftstoffqualitäten.

Vorteile im Überblick:

Die Magnetkupplung gewährleistet eine hohe Leckagesicherheit, indem sie nachgelagerte Prozesse schützt und Emissionen effektiv verhindert. Dank ihrer robusten Konstruktion bietet

die Anlage eine zuverlässige Betriebssicherheit, selbst bei wechselnden Kraftstoffqualitäten. Eine optimierte Hydraulik trägt zur Effizienzsteigerung bei, indem sie den Energieverbrauch deutlich reduziert. Die verschleißarme Bauweise sorgt für eine verlängerte Verfügbarkeit, was die Standzeiten erhöht und die Wartungskosten senkt. Zudem ermöglicht der modulare Aufbau eine flexible Anpassung an unterschiedliche Förderstrecken und Einsatzbedingungen.

Achsschubentlastung und Schubkompensation

Ein Alleinstellungsmerkmal der HZM-Baureihe ist die Achsschubentlastung mit doppelseitiger Entlastungsscheibe. Durch diese konstruktive Lösung werden in der Pumpe Axialkräfte selbstregelnd ausgeglichen. Dies ermöglicht einen stabilen, kontaktlosen Betrieb auch bei hohen Förderdrücken, reduziert Abrieb, verlängert die Lebensdauer der Lager und minimiert Wartungsaufwand und Wartungshäufigkeit. Die schwimmend gelagerte Pumpenwelle bewegt sich mit allen daran montierten Komponenten zur Saugseite. Dickow hat mit der doppelseitigen Entlastungsscheibe (orange) und den beiden Anlaufringen (grün und blau) eine konstruktive Lösung entwickelt, die ohne Sensorik, Steuerelektronik oder andere Verschleißteile auskommt. Bewegt sich die Welle Richtung Saugseite, verkleinert sich der Abstand S1, wodurch der Druck im Entlastungsraum I höher ist als im Entlastungsraum II und III. Dadurch bewegt sich die Welle entgegengesetzt Richtung Antriebsseite bis der Abstand S2 sich verkleinert und dadurch wiederum der Druck im Entlastungsraum III höher ist als im Entlastungsraum I und II. So bleibt die Welle in einem stabilen, natürlichen Gleichgewicht, schont Lager und Verschleißteile und verlängert effektiv die Betriebsdauer zwischen zwei Wartungen.

Kundennutzen und Perspektiven im SAF-Kontext

Sustainable Aviation Fuels entwickeln sich von der Übergangslösung zur festen Säule der Energiewende – insbesondere in der Luftfahrt, die auf flüssige Energieträger angewiesen bleibt. Damit dieser Wandel gelingt, braucht es zuverlässige Prozesslösungen, die Betriebssicherheit, Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit vereinen.

Dickow Pumpen erfüllt diese Anforderungen: höchste Betriebssicherheit in kritischen Infrastrukturen, spürbare Kostenvorteile im Betrieb und Skalierbarkeit für den schnellen Ausbau der SAF-Produktion. Zugleich tragen die Pumpen dazu bei, die Abhängigkeit von fossilen Lieferketten zu verringern und die Versorgung nachhaltig abzusichern.



Alexander Hammer,
Geschäftsführer, Dickow Pumpen

Wiley Online Library



Dickow Pumpen GmbH & Co. KG, Waldkraiburg

Tel.: +49 8638 602293
mayer-stankovic@dickow.de
www.dickow.de



Keywords

- **Cybersecurity**
- **OT/IT-Sicherheit**
- **Wasserstoffanlagen**
- **Fernwartung**



BremerhavenBus nutzt den mit
Windstrom erzeugten Wasserstoff
für Brennstoffzellenbusse.

360 Grad sicher

Security-Lösung für mobile und dezentrale Wasserstoffanwendungen

Cyber-Angriffe nehmen in Schwere, Anzahl und Professionalität stetig zu. Umso notwendiger sind lückenlose Security-Lösungen, die IT und OT ganzheitlich betrachten. Der wirksame Schutz vor Cyber-Angriffen gehört gerade in mobilen und dezentralen Applikationen zum A und O einer sicheren Automatisierung. Wie ein solches Konzept in der Praxis aussehen kann, lässt sich in Norddeutschland erleben.

Und zwar handelt es sich um das Wasserstoffprojekt HY.City.Bremerhaven, welches eine Wasserstoffproduktion und -tankstelle beinhaltet. HY.City.Bremerhaven wurde von GP Joule und Greenfuels gegründet. Eine 360-Grad-Security-Lösung von Phoenix Contact schützt die Anlage wirksam vor Cybercrime. Bremerhaven setzt beim Klimaschutz auf Wasserstoff in der Mobilität. Für die Betreibergesellschaft HY.City.Bremerhaven hat GP Joule als Systemintegrator eine regenerative Lösung realisiert. Das Unternehmen aus dem norddeutschen Reußenköge integriert seit seiner Gründung im Jahr 2009 erneuerbare Energien in regionale Energiesysteme. Die Wertschöpfungskette reicht von der Erzeugung über die Umwandlung und das Verteilen bis zur Nutzung. Wasserstoff spielt bei dieser ganzheitlichen Betrachtung eine zentrale Rolle.

Tankbarer Wasserstoff

In Bremerhaven arbeiten die Elektrolysecontainer mit dem Strom aus erneuerbaren Energien. Der dabei generierte Wasserstoff lässt sich tanken. Ein Abnehmer des Treibstoffs ist Bremerhaven-Bus, der öffentlich-rechtliche ÖPNV-Dienstleister der Region. Dieser verwendet tankbaren Wasserstoff, da die Omnibusse mit ihren Brennstoffzellen eine höhere Reichweite erzielen, als es mit einer Batterie möglich wäre. Nur so lassen sich die langen Touren in der ländlichen Region ohne störende Ladestopps bewältigen.

Was sich als erfolgreiches Beispiel einer Energie- und Mobilitätswende präsentiert – die technischen Lösungen dahinter sind anspruchsvoll. Sichtbar wird diese Aussage z. B. beim Schutz des Systems vor Cybercrime. Für die Sicherheit gegenüber Hackerangriffen ist beim Projekt in Bremerhaven sowohl lokal auf der

Betriebsebene als auch über den Standort hinaus in Richtung Cloud zu sorgen. Konzipiert und umgesetzt hat den Aufbau Phoenix Contact im Rahmen seines 360-Grad-Security-Ansatzes.

Übergreifende Steuerung aus der Cloud

Anlagenteile oder komplette Produktionsstandorte sicher vor Cyber-Angriffen zu schützen, bedeutet mehr als das passende technische Equipment zum Einsatz zu bringen. Der Schutz von OT und IT beginnt bereits in den Köpfen des Managements und der Belegschaft. Folglich kann ein 360-Grad-Ansatz ebenfalls in organisatorischen Veränderungen resultieren. „Für nachhaltige Cybersecurity ist ein Prozess zu etablieren, bei dem IT und OT zusammenarbeiten. Dieses Vorgehen hat zum Ziel, die Gesamtwertschöpfung zu sichern, ohne dabei die Besonderheiten beider Bereiche außer Acht



zu lassen“, erklärt Hauke Kästing, Security-Experte bei Phoenix Contact.

In der Tat: IT und OT rücken immer näher zusammen. Das zeigt auch die Anlage von GP Joule. Während die Automatisierung vor Ort klassisch der OT zuzurechnen ist, gehören die Cloud-Services eher zur IT. Beide Bereiche kooperieren in Bremerhaven eng, was letztlich die Stärke der Lösung von GP Joule ausmacht. Zur Erläuterung: Zentrale Steuerungs- und Koordinierungsfunktionen wickelt das Unternehmen über die Cloud ab, die ihrerseits auf die Automatisierung vor Ort Einfluss nimmt. Hier ist zu beachten, dass die Services nicht nur dazu dienen, Daten auszuwerten und Dashboards bereitzustellen. Vielmehr bündelt das Unternehmen in der Cloud ebenfalls Marktdaten des Strommarkts – dies mit dem Ziel, die Anlagen vor Ort mit maximaler monetärer Wertschöpfung zu betreiben. Wann lohnt es sich bspw. regenerativ erzeugten Strom zu verkaufen, wann wiederum die Elektrolyse zu starten. Die Cloud empfängt also Daten aus der Anlagenebene zur Analyse und übernimmt ebenso die übergreifende Steuerung des Verbunds von GP Joule. „Wir haben somit einen bidirektionalen Datenfluss mit konkreten Befehlsabläufen“, berichtet Marian Hieke, Abteilungsleiter Technik im Geschäftsbereich Hydrogen von GP Joule. Dieser Aufbau macht schnell deutlich, wie wichtig die sichere Kommunikation innerhalb eines OT-IT-Verbunds zu sein hat.

Absicherung dezentraler Standorte

Vor diesem Hintergrund betrachtet das 360-Grad-Security-Konzept von Phoenix Contact nicht nur die Datenübertragung zwischen Standort und Cloud. Darüber hinaus gehört die verlässliche Absicherung dezentraler Standorte zur Lösung. „Wurde die IT erfolgreich angegriffen, ist schnell auch die OT betroffen“, erklärt Hauke Kästing. Ein weiterer Grund für harte Security-Standards auf der OT-Ebene: Der

Schutz vor Angriffen aus der Mitte heraus. Zu diesem Zweck wurde ein schutzbedarfsgerechtes Netzwerkkonzept entwickelt. Dazu kommen am Standort Bremerhaven Security-Router vom Typ FL mGuard zum Einsatz. Sie schützen die unterschiedlichen Prozesssektoren.

Kombination mit funktionaler Sicherheit

Wie ein solcher Aufbau mobil funktioniert, verdeutlicht der detaillierte Blick in den Schaltschrank des von GP Joule konzipierten Wasserstofftrailers. Dieser bildet unter dem Namen HY.Runner das logistische Bindeglied zwischen Elektrolysestandort und Verbrauchern. Aus Kommunikationssicht stellt HY.Runner den Signalfloss zur Produktion sicher und hält ebenfalls Kontakt zur übergeordneten Leitwarte in der Cloud. Die zentrale Aufgabe des Datenaustausches besteht darin, Teilprozesse zu koordinieren und die Schnittstelle für den wirtschaftlichen Betrieb zu liefern – bis hin zur Abrechnung gegenüber Kunden. Realisiert wird die sichere Datenübertragung ebenso mit dem Fernwartungsrouter FL mGuard.

Die Hardware ist zudem eingebettet in Beratungs- und Engineering-Dienstleistungen, die bei Phoenix Contact gerade in puncto Cybersecurity immer mehr gefragt sind. Das Produkt- und Beratungsportfolio hat der Spezialist für elektrische Verbindungstechnik und Automatisierung in einem 360-Grad-Security-Programm gebündelt – letztlich mit dem Ziel, Projekte dieser Art ganzheitlich begleiten zu können. Eine derart umfassende Leistung ist notwendig, weil „Anlagen wie unsere sonst keine Chance hätten, eine Genehmigung zu bekommen“, erläutert Marian Hieke. „Ich rechne fest damit, dass die Auflagen zur Cybersecurity in Zukunft weiter zunehmen werden.“

Diese Aussage gewinnt allein deshalb an Bedeutung, da der Rundumschutz auch die funktionale Sicherheit im „HY.Runner“ beinhaltet. Installiert ist eine Sicherheitssteuerung

Der Router TC mGuard bildet die Schnittstelle zur Cloud und schafft dabei maximale Sicherheit gegenüber Cyber-Angriffen.

nach SIL 2 mit der wesentlichen Safety-Funktion „Sicherer Halt“. Die in den Automationsverbund integrierte Sicherheitssteuerung überwacht z.B. Druckgrenzen beim Betanken des mobilen Speichers. Würden Hacker nach einem erfolgreichen Angriff die Möglichkeit erhalten, die Eingriffsgrenzen zu verschieben, wäre die Sicherheitstechnik laut Marian Hieke „quasi blind und würde davon ausgehen, dass alle Systeme im grünen Bereich sind“. Welche Auswirkungen dieses Szenario haben kann, ist angesichts der hohen Reaktivität von Wasserstoff schnell vorstellbar. Hinzu kommt, dass der Tankwagen bei Transportaufgaben auf öffentlichen Straßen fährt.

Fazit

Der Blick nach Bremerhaven zeigt, wie wichtig ein wirksames Sicherheitskonzept gerade dann ist, wenn IT- und OT-Strukturen ganzheitlich zusammenarbeiten. Das Wasserstoffprojekt macht ebenfalls deutlich, dass Anlagen dieser Art künftig lediglich mit Security-Lösungen genehmigungsfähig sind. Aufgrund der Komplexität des Themas ist es sinnvoll, wenn Hersteller, OEMs, Generalunternehmer und Betreiber eng kooperieren, um aus dem Blick der Prozesstechnik heraus den besten Weg einzuschlagen. Diese Aussage mündet schließlich im 360-Grad-Ansatz von Phoenix Contact.



Thorsten Sienk,
Fachredakteur Technologie
und Nachhaltigkeit,
Corporate Communications,
Phoenix Contact

Wiley Online Library



Phoenix Contact, Blomberg

Tel.: +49 5235 3 1200 0
www.phoenixcontact.com/power-to-x



Roland Dunker, Head of Digital Services, R. Stahl, betont, dass der digitale Zwilling in Zukunft Zeit und Ressourcen spart und Transparenz entlang der Wertschöpfungskette schafft.



Keywords

- *Digitaler Zwilling*
- *Digitaler Produkt Pass*
- *Verwaltungsschale*

Praxisnutzen des digitalen Zwillings

Digital Twin Days zeigen, wie Daten Transparenz und Effizienz schaffen

Maschinen, die ihre eigene Geschichte erzählen – von der Herstellung über den Einsatz bis hin zum Recycling. Klingt nach Science-Fiction? Für die Teilnehmer der ersten R. Stahl Digital Twin Days wurde diese Vision greifbare Realität. Experten aus Industrie, Forschung und Verbänden zeigten, wie digitale Zwillinge, Verwaltungsschalen und digitale Produktpässe (DPP) längst die Produktionshallen erobern. Prozesse werden transparenter, Daten effizient nutzbar, Nachhaltigkeit messbar – und Innovation in der Industrie 4.0 unmittelbar umsetzbar.

Die ersten R. Stahl Digital Twin Days boten namhaften Experten aus Industrie, Forschung und Verbänden eine Plattform, um den praktischen Nutzen von digitalen Produktpässen (DPP) und Verwaltungsschalen (AAS) in der Industrie 4.0 zu diskutieren. Ziel der Veranstaltung war es, zu zeigen, wie diese Technologien Datenflüsse automatisieren, Nachhaltigkeit fördern und Unternehmen auf die 2026 kommenden EU-Vorgaben vorbereiten. Mit praxisnahen Beispielen und Demonstrationen wurde deutlich, dass digitale Zwillinge und standardisierte Datenmodelle längst kein theoretisches Zukunftsthema mehr sind, sondern reale Anwendungen in der Industrie finden.

„Der digitale Produktpass wird zu einer zentralen Technologie der Industrie 4.0, die Unternehmen Transparenz, Effizienz und Nachhaltigkeit ermöglicht“, betonte Dr. Stefan Schork

vom ZVEI. Der DPP bündelt sämtliche Produktinformationen – von Herstellung, Materialeinsatz und Nutzung bis zu Reparaturfähigkeit und Recycling – in maschinenlesbarer Form und erlaubt so automatisierte Datenflüsse über verschiedene Systeme hinweg. Standardisierte Schnittstellen wie QR-Codes und Verwaltungsschalen erleichtern die Integration in bestehende Produktions- und Gebäudesysteme. Besonders die Möglichkeit, Nachhaltigkeitsleistungen transparent darzustellen, macht den DPP für Unternehmen unverzichtbar.

Effizienz durch digitale Datenketten

Dr. Carl-Philipp Ding vom Digital Data Chain Consortium zeigte eindrucksvoll, wie digitale Zwillinge in großen Industrieprojekten eingesetzt werden. Klassisch gehen bis zu 80 % der relevanten Daten zwischen Asset Management,

Montage, Instandhaltung und Engineering verloren. Digitale Zwillinge verbinden physische Objekte eindeutig mit ihren digitalen Informationen, wodurch alle Daten effizient nutzbar werden – unabhängig von der Rolle des Nutzers. „Schon Teilimplementierungen bieten sofort Mehrwert“, so Ding. Die Harmonisierung von Standards wie VDI 2770 und der Asset Administration Shell ermöglicht den datenübergreifenden Austausch und die Interoperabilität zwischen Unternehmen.

Frank Schnicke vom Fraunhofer IESE demonstrierte, wie Open-Source-Plattformen wie BaSyx digitale Anwendungen und Verwaltungsschalen vereinfachen. Die Plattform erlaubt es, Daten standardisiert zu erfassen, zu prüfen und zu teilen, ohne tiefes technisches Wissen. Anwendungen reichen von Produktionsprozessen bis zur Überwachung kritischer Infrastruktur.

Integration in Engineering-Prozesse

Ein zentrales Thema war die Effizienzsteigerung im Engineering. Constantin Liepert und Siegmund Broja (Siemens Industry Software) zeigten, wie AAS-Integration in der PLM-Software Teamcenter und Comos den manuellen Aufwand drastisch reduziert. Ingenieure müssen Daten nicht mehr mühsam aus unterschiedlichen Quellen sammeln, sondern können sie zentral abrufen, prüfen und in Stücklisten integrieren. „Durch die Nutzung von AAS sparen Ingenieure bis zu 60 % Zeit“, berichteten die Referenten. Auch Henry Bloch und Richard Zielinski von Aucotec betonten die Vorteile einer kooperativen Plattform, die von Planung über Elektrotechnik und Steuerung bis zum Data Handover alle Phasen abbildet. Standardisierte Submodelle innerhalb der AAS sorgen für konsistente Datenstrukturen, ermöglichen die Rückverfolgbarkeit und erleichtern die Kundenintegration: Der Kunde kann den aktuellen Stand seines Projekts einsehen, ohne dass PDF- oder E-Mail-Ketten nötig sind.

Johannes Geyrhalter von Eplan ergänzte, dass verwaltete, standardisierte Datenflüsse die Grundlage für KI-Anwendungen bilden. Mit AAS können Produktionsbenachrichtigungen, End-of-Life-Erkennung und automatische Anpassungen in Projekten umgesetzt werden.

Digitale Zwillinge als Werkzeug für Planung und Betrieb

Prof. Dr. Michael Hoffmeister von der IDTA unterstrich die Bedeutung digitaler Zwillinge für Frontloading: Prozesse werden bereits in der Planungsphase simuliert, bevor physische Maschinen gebaut werden. So lassen sich Fehler frühzeitig erkennen und kostspielige Nacharbeiten vermeiden. Digitale Zwillinge werden als modulare Verwaltungsschalen umgesetzt, die Mechanik, Elektrik und Software abbilden und interoperabel zwischen Partnern nutzbar sind. „Die Technologien sind schon praktikabel einsetzbar – und die Zukunft liegt darin, sie breiter zugänglich zu machen“, erklärte Hoffmeister.

Sebastian Schröder von der DKE machte deutlich, dass Normen und digitale Produktpässe ein Booster für das gesamte Ökosystem sind. Verwaltungsschalen integrieren regulatorische Anforderungen wie Ökodesign oder Cyber Resilience Act und schaffen eine standardisierte, dezentrale Datenbasis. Praktische Erfahrungen zeigte Britta Waligora von Complement: Pilotprojekte mit kleinen Produktgruppen erlauben einen schrittweisen Einstieg, der interne Ressourcen schon und erste Erfolge liefert.

Prozessindustrie: Effizienz und Compliance

Michael Riester (Endress + Hauser) präsentierte, wie digitale Zwillinge und Verwaltungsschalen (AAS) die Prozessindustrie effizienter machen: Sie erhöhen die Informationsverfügbarkeit, verbessern die Produktqualität und optimieren den Ressourceneinsatz. Durch den Abbau manueller Schnittstellen und Medienbrüche las-



Die ersten Digital Twin Days boten ein sehr informatives Programm mit renommierten Experten der Branche.

sen sich Arbeitsabläufe deutlich verschlanken. Pilotprojekte bestätigen, dass eine schrittweise Einführung direkt messbare Vorteile bringt. „Mut zum Testen, eine Schritt-für-Schritt-Strategie und enge Zusammenarbeit aller Beteiligten sind entscheidend für den Erfolg der Digitalisierung“, betonte Riester. Ronny Becker von der IGR demonstrierte, wie durch NOA und Verwaltungsschale Eigensicherheitsnachweise automatisiert werden. Sensorinformationen, Geräteseriennummern und Zertifikate fließen direkt in Anwendungen und werden sofort aktualisiert – eine enorme Zeitersparnis und Risikominimierung für den Betrieb.

Martin Mayer von Zeta zeigte, wie physikalische digitale Zwillinge für Reinraumprozesse oder Wartungsplanung genutzt werden. Durch Simulationen, 3D-Darstellung und standardisierte Bausteine können Betriebszustände vorausschauend geplant werden. Die Kombination aus Technik, Softwarelösungen und Training der Mitarbeiter ermöglicht effiziente, internationale Einsatzszenarien. Mayer betonte: „Technologie allein reicht nicht – der Mensch muss sie anwenden können.“

Fazit: Silos aufbrechen, Daten teilen, Zukunft sichern

Die R. Stahl Digital Twin Days machten deutlich, dass Datenflüsse, Standardisierung und digitale Zwillinge die Zukunft der Industrie 4.0 bestimmen. Silos müssen aufgebrochen, Daten aktiv geteilt und Innovationsprojekte konsequent in die operative Umsetzung überführt werden. Geduld, Hartnäckigkeit und Vernetzung mit Partnern sind entscheidend. Die Vielzahl an Praxisbeispielen zeigte, dass die Digitalisierung bereits greifbare Effekte auf Effizienz, Compliance und Nachhaltigkeit hat.

„Wer frühzeitig digitale Zwillinge implementiert, spart Zeit, Ressourcen und steigert die Transparenz entlang der gesamten Wertschöpfungskette“, fasste Roland Dunker, Head of Digital Services bei R. Stahl die Veranstaltung zusammen. Die Kombination aus technologischen Lösungen, offenen Standards und praxisnaher Umsetzung schafft die Basis für die Industrie 4.0 – effizient, nachhaltig und zukunftssicher. Die R. Stahl Digital Twin Days waren somit ein erfolgreicher Auftakt für den Austausch zwischen Forschung, Industrie und Anwendern und zeigten klar: Digitale Transformation gelingt nur, wenn Technologie, Standards und Menschen gemeinsam wirken.



Kerstin Wolf,
Public Relations,
R. Stahl Schaltgeräte

Wiley Online Library



R. Stahl, Waldenburg
Tel.: +49 7942 943 0
sales-ex@r-stahl.com · www.r-stahl.com

Die Barrieren konventioneller Risikomanagement-Konzepte reduziert iaHAZOP deutlich. Zudem „verst“ iaHAZOP komplexe Wechselwirkungen.

Keywords

- *Digitales Risikomanagement*
- *Echtzeitbewertung*
- *Anlagensicherheit*

Risikomanagement wird interaktiv

Sicherheitsbewertung an dynamische Produktionsumgebungen anpassen

Ein zeitgemäßes technisches Risikomanagement wird auch dynamischen Produktionsumgebungen gerecht. Statische, teils noch papierbasierte Analysen können hingegen nicht alle relevanten Daten berücksichtigen. Eine interaktive Software vernetzt alle verfügbaren Wissensquellen und erlaubt so eine Risikobewertung in Echtzeit mit „Rundumblick“.

Jede Änderung an einer produzierenden Anlage kann dazu führen, dass neue Risiken entstehen und die vorherige Risikobeurteilung deshalb nicht mehr passt. Ohne eine gültige und zur Anlage passende Dokumentation darf allerdings nicht produziert werden. Dies stellt eine Hürde dar, die erhebliche Verzögerungen mit sich bringen kann, gerade in dynamischen Umgebungen. Daran sind statische Verfahren nicht unschuldig. Starre Überarbeitungszyklen führen dazu, dass die Sicherheitsbewertung veraltet und neu entstandene Schadensmechanismen und Gefahren unerkannt bleiben.

TÜV Süd hat deshalb das HAZOP-Verfahren zur Risikobewertung zum digitalen interaktiven HAZOP, kurz iaHAZOP, weiterentwickelt. iaHAZOP dient im technischen Risikomanagement sowohl der Einschätzung während der Planungsphase als auch der Beurteilung im laufenden Betrieb. Es transferiert statische Risikobeurteilungen mitsamt ihrem isoliert gespeicherten Fachwissen in die digitale, vernetzte Welt. Dadurch wird Wissen universell zugänglich, und gleichzeitig werden Korrelationen zwischen verschiedenen Faktoren sichtbar.

Letzteres kann mitunter ein „Aufschaukeln“ von Auslösern zu ausgewachsenen Vorfällen verhindern. Mit iaHAZOP fließen alle sicherheitsrelevanten Informationen der Anlage in Echtzeit in die Bewertung ein.

Die Quellen zur Risikobewertung

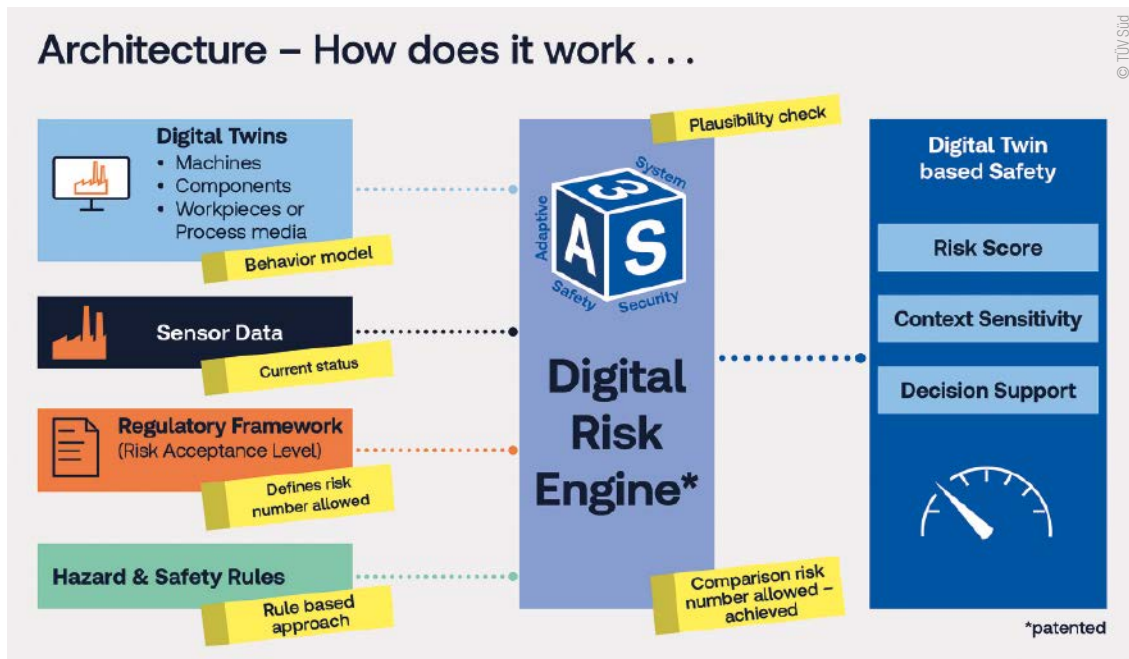
Die Risikobewertung mit iaHAZOP stützt sich auf verschiedene Quellen: Der regulatorische Rahmen bietet Leitlinien für die Umsetzung des Risikomanagements und akzeptable Grenzwerte für Risiken. Diese dienen, im Abgleich mit den berechneten Risiken, der Einschätzung des Anlagenzustands als sicher oder nicht sicher.

Die essenzielle Basis für eine jederzeit aktuelle Risikobewertung sind Echtzeit-Sensordaten bspw. über Füllstand oder Druck in Kesseln. Digitale Zwillinge berechnen und prognostizieren die Reaktionen der Anlage in bestimmten Situationen. Außerdem liefern sie wesentliche Kontextinformationen zu den Sensordaten, die anschließend eine ganzheitliche Bewertung durch iaHAZOP ermöglichen. Das Risikomanagement bildet auf dieser Grundlage den Anlagenzustand adaptiv und jederzeit

transparent ab. Dabei ist der bisherige digitale Reifegrad des Unternehmens nicht entscheidend. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, z.B. bei der Wahl der Softwarearchitektur, die den Weg in die Nutzung des digitalen Zwillings für iaHAZOP ebnet.

Als Basis für die Analyse dienen hauptsächlich Knowledge Graphs und Hazard Rules. Knowledge Graphs, die „Wissensspeicher“ in der Risikobeurteilung, bestehen aus bekannten HAZOP-Inhalten und digitalisiertem Expertenwissen. Sie stellen die Beziehung der für den sicheren Anlagenbetrieb wichtigen Elemente und Prozesse sowie deren Hierarchie untereinander dar.

Hazard Rules sind ein formalisiertes Regelwerk, das messbare physikalische Größen und beschreibbare chemische Wechselwirkungen nutzt, um mögliche Gefährdungen zu erkennen. Einmal aufgestellt, können die Hazard Rules für gleichartige Gefährdungen erneut angewendet werden. Zusätzlich werden die Informationen mit iaHAZOP nicht mehr isoliert betrachtet, sondern mit anderen Quellen verbunden.



Mit iaHAZOP passt sich das Risikomanagement dynamischen Prozessen an und wird so agil wie die Fertigung selbst. Digitale Zwillinge unterstützen bei der modernen Risikoauswertung.

Schäden minimieren

Die Echtzeitverbindung zur Anlage macht auch die Risikoanalyse bei Arbeiten an Anlagen (Last Minute Risk Analysis, kurz LMRA) deutlich präziser und schneller, während das Personal gleichzeitig entlastet wird. Dadurch trägt das digitalisierte Risikomanagement mit iaHAZOP dazu bei, Gefahren zu erkennen und Schäden zu vermeiden.

Ein Beispiel ist eine Armatur, die lange nicht gewartet worden war und deren Anzeigedaten deshalb nicht mehr zuverlässig waren. Die Leitwarte zeigte sie als ordnungsgemäß in Betrieb und geschlossen. Allerdings gab es eine durch Erosion verursachte, unentdeckte Sitzleckage. In der Folge führte das rückwärtsströmende Medium zu einer Explosion. Ursache war hier die Kombination aus einem langen Wartungsintervall, wodurch sich die Gefahr einer Erosion erhöhte, und der überschätzten Zuverlässigkeit der Anzeigedaten. iaHAZOP nutzt einen sogenannten Health Score, um diese Zuverlässigkeit von Anlagendaten zu bewerten, und berücksichtigt dabei auch Wartungspläne. Durch die Vernetzung der Informationen wäre die Gefahr rechtzeitig sichtbar geworden.

In einem anderen Fall war ein Kesselventil nach einer LMRA zur Wartung freigegeben worden. Tatsächlich enthielt das System aber noch Restdruck. Der entwichene Dampf führte zu behandlungsbedürftigen Verletzungen. Zudem stand die Anlage als Folge deutlich länger still als für die Anlagenrevision geplant. Ein Abgleich der Sensordaten mit zusätzlichen Quellen hätte diese Situation erkannt und die LMRA dadurch zuverlässiger gemacht.

Unterbleibt nach einer Änderung im Anlagenbetrieb die Aktualisierung der Risikobeurteilung, kann dies ebenfalls zu Schäden führen, weil neue Gefahrenquellen nicht erkannt werden. Im Beispiel hat ein Säureaustritt einen mehrwöchigen Produktionsstopp verursacht, weil Reparaturen und eine umfangreiche Reinigung nötig waren. Mit der Software fällt auf, wenn die Anlagenparameter nicht mehr zur bestehenden Bewertung passen, die Beurteilung demnach nicht aktuell ist. Neue Schadensquellen werden so „enttarnt“ und können sich nicht negativ auswirken.

Vernetzung ist der Schlüssel

Wenn die Anlagensicherheitsbewertung auf alle verfügbaren Daten nicht nur zugreift, sondern diese auch miteinander in Beziehung setzt, wird der Produktionsprozess deutlich sicherer und störungsfreier. So werden auch Wechselwirkungen der einzelnen Komponenten untereinander sichtbar. Im laufenden Betrieb kombiniert iaHAZOP unterschiedliche Risikofaktoren, um mögliche Störungen vorauszusehen. Auf diese Weise entsteht eine ganzheitliche, präzisere Entscheidungshilfe für die Verantwortlichen. Produktionsstopps lassen sich damit reduzieren.

In der vernetzten Auswertung mit dem Softwaresystem zeigen sich zudem Ansätze für eine (teilweise) Automatisierung der Prozesse. Je nach Bedarf kann dies das Risikomanagement beschleunigen oder bei der Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben unterstützen. Auch das universell zugängliche Fachwissen ist ein Vorteil, weil es die Erfahrung der Fachkräfte auch nach deren Ausscheiden im Unternehmen hält.

Fazit

Modernes Risikomanagement mit iaHAZOP berücksichtigt alle verfügbaren Informationsquellen und vernetzt sie miteinander. Digitale Zwillinge der Anlagen ermöglichen den sofortigen Abgleich gemessener und berechneter Daten und zeigen so im laufenden Betrieb Gefahrenquellen und Handlungsbedarf auf. Damit wird die Anlagensicherheitsbewertung so dynamisch wie die Produktion selbst und schützt diese effektiv vor Schäden und Ausfällen.



Michael Pfeifer,
Senior Expert Adaptive
Safety, TÜV Süd



Alexander Kurdas,
Maschinensicherheits-
ingenieur, TÜV Süd

Wiley Online Library



TÜV Süd Industrie Service GmbH, München

Tel.: +49 151 656 146 95

michael.pfeifer@tuvsud.com

Tel.: +49 151 414 836 57

alexander.kurdas@tuvsud.com · www.tuvsud.com



Keywords

- *Elastomerdichtungen*
- *Materialprüfung und Validierung*
- *Explosive Gasdekompression*
- *Hydrogen*

Garantiert sicher

Elastomer- und PTFE-Dichtungen für extreme Bedingungen in Wasserstoffsyste- men

Wasserstoff stellt besondere Anforderungen an Dichtungsmaterialien. Das kleinste Molekül überhaupt führt zu höheren Permeationsraten als bei anderen Fluiden. Spezielle Elastomere werden als O-Ringe in 100 % Wasserstoffatmosphäre bei bis zu 1.000 bar getestet. Prüfungen nach ISO 23936-2 und NORSOK M-710 bestätigen die Rapid Gas Decompression (RGD)-Beständigkeit.

Wasserstoff gilt als nachhaltiger und sauberer Energieträger für Mobilität und nachhaltige Stromerzeugung und unterstützt die Dekarbonisierung emissionsintensiver Industrien. Die Zuverlässigkeit und Sicherheit von Wasserstoffsyste-
men hängen jedoch entscheidend von der Zuverlässigkeit der Dichtungen der wasserstoffführenden Systeme ab. Die Abdichtung ist kein Nebenaspekt, sondern der entscheidende Faktor dafür, ob Wasserstoffprojekte vom Pilotstadium in die Serienproduktion übergehen können. Bei Drücken bis 1.000 bar und Temperaturen zwischen -40 und +150 °C dürfen nicht die kleinsten Leckagen auftreten.

Anwendungen wie Elektrolyseure, Brennstoffzellen, Kompressoren und Speichersysteme müssen unter extremen Bedingungen sicher arbeiten. Neben hohem Druck müssen die Dichtungslösungen weite Temperaturschwankungen bewältigen und arbeiten bei dynamischen

Dichtungen häufig ohne Schmierung. In einer 100 %igen Wasserstoffatmosphäre bestehen zusätzliche Risiken durch schnelle Gasdekompression (RGD) und Wasserstoffversprödung, die die Materialintegrität gefährden können.

Dichtungsmaterialien für Wasserstoffanwendungen

Unter diesen anspruchsvollen Anforderungen versagen herkömmliche Elastomerdichtungen oft frühzeitig. Sie zeigen Aufquellen, Schrumpfen, Versprödung oder Mikroleckagen und gefährden damit die Systemintegrität, die Betriebszeit und die Systemfunktion. Die Konsequenz ist eindeutig: Nur Materialien mit niedriger Permeation sowie guter Beständigkeit machen Anwendungen in Wasserstoffanlagen zuverlässig und sicher. Die rich-

Während Standardelastomere ein hohes Leckagerisiko aufweisen, insbesondere bei 1.000 bar, zeigen validierte Lösungen minimale Leckagen, bestätigt in 100 %-Wasserstoff-Tests.





Die Anwendungskompatibilität von Standardelastomeren ist eingeschränkt, während spezialisierte Lösungen für Brennstoffzellen, Kompressoren, Ventile, Elektrolyseure, H₂-Speicher und weitere Anwendungen geeignet sind.

konstruiert, dass sie unter Druck abdichten, Extrusion minimieren und über weite Temperaturbereiche hinweg zuverlässig funktionieren.

Die Validierung der Dichtungslösungen von Angst+Pfister erfolgt in 100 % -Wasserstoffumgebung. Sicherheitsorientierte Prüfprotokolle gehen dabei weit über theoretische Modelle hinaus. Dichtungen werden auf Permeation, Leckage, Alterung, Lebensdauer und RGD-Beständigkeit im akkreditierten Labor getestet – bei Drücken bis zu 1.000 bar. Die Versuche bestätigen, dass das anspruchsvolle Anforderungsprofil erfüllt wird: niedrige Permeation, RGD-Beständigkeit und zuverlässige Leistung unter extremen Drücken und Temperaturen.

Validierte Leistung, bewährte Sicherheit

Das Wasserstoff-Dichtungsportfolio von Angst+Pfister ist nach internationalen Standards wie NORSOK M-710 und ISO 23936-2 validiert. Die Materialien zeigen breite Temperaturstabilität für statische und dynamische Anwendungen sowie hohe Extrusionsbeständigkeit bei hohen Drücken. Die Geometrien sind speziell für Ventile, Gehäuse, Anschlüsse, Kompressoren und Brennstoffzellen entwickelt. Der End-to-End-Support reicht vom Engineering bis zur Logistik und wird durch europäische Local-for-Local-Fertigung ergänzt. Zertifizierte Labore schaffen Vertrauen für sichere Systeme und längere Lebensdauer.

tige Materialauswahl und Dichtungslösung sind daher entscheidend, um Leckagen zu vermeiden und Sicherheit zu gewährleisten.

Die Entwicklung solcher Dichtungslösungen muss auf molekularer Ebene ansetzen. Dichtungen aus speziellen Elastomeren wie Fluorkautschuk (FKM), Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM) und hydrierter Nitrilkautschuk (HNBR) können auch mit Hochleistungsthermoplasten wie Polytetrafluorethylen (PTFE) und ultrahochmolekularem Polyethylen (UHMW-PE) kombiniert werden. Diese Materialien sind so entwickelt, dass sie Leckagen, Extrusion und schnelle Gasdekompression widerstehen können. Neben den Materialien spielt die konstruktive Lösung eine wichtige Rolle. So entsteht Zuverlässigkeit erst durch die Kombination der Materialien mit anwendungsspezifischen Geometrien. O-Ringe, PTFE-Lippendichtungen, federgespannte Profile und Stützringe sind so

Anwendung Wasserstoffspeicher

Ein konkreter Anwendungsfall verdeutlicht die praktische Bedeutung validierter Dichtungslösungen. Ein Hersteller von Wasserstoffspeichersystemen hatte mit frühzeitigen Dichtungsschäden in Ventilen von Wasserstoffspeichern bei bis zu 1.000 bar zu kämpfen. Standarddichtungen zeigten Ausfälle bereits nach 10.000 Zyklen. Angst+Pfister entwickelte daraufhin für die dynamische Anwendung ein Dichtsystem bestehend aus einer speziellen PTFE-Lippendichtung mit PEEK-Feder und PEEK-Stützringen gegen Extrusion. Nach über 60.000 Testzyklen in 100 % Wasserstoff zeigte das System keine Leckagen und keine Versprödung. Zwischenwartungen wurden dadurch überflüssig, was die Betriebssicherheit erhöhte und Wartungskosten reduzierte. Wasserstoffdichtungen sind nicht nur eine Frage der chemischen Beständigkeit. Es geht darum, Diffusion, Druckfestigkeit und Sicherheitsmargen unter extremen Bedingun-

gen zu kontrollieren. Anwender sind besonders beeindruckt von Tests der Elastomere in 100 % Wasserstoff und unter Druck. Genau dieses Maß an Validierung wird benötigt, um einer Lösung für Wasserstoffanwendungen zu vertrauen und sie unter den beschriebenen kritischen Bedingungen einzusetzen.

Fazit: Geprüfte Dichtungsleistung für Wasserstoffsicherheit

Wasserstoff ist die Zukunft – aber nur mit Materialien, die heute Leistung bringen. Angst+Pfister-Dichtungslösungen erfüllen die wachsenden Anforderungen von Wasserstoffmobilität, -speicherung und -infrastruktur mit einem vollständig getesteten und validierten Portfolio aus Elastomeren und Thermoplasten.

Die Technologien werden von führenden Herstellern in ganz Europa eingesetzt, und wir bleiben führend bei Testvalidierung, Materialwissenschaft und applikationsspezifischer Unterstützung.



Peter Schäfer,
Senior Engineer,
Angst+Pfister



Lorena Casasola,
Material Engineer,
Angst+Pfister

Wiley Online Library



Angst+Pfister Group, Zürich, Schweiz

Tel.: +41 44 306 61 11

ch@angst-pfister.com · www.angst-pfister.com

Dr. Özlem Weiss,
Geschäftsführerin,
Expertants

Dr. Kathrin Rübberdt,
Bereichsleiterin
Wissenschaft und
Industrie, Dechema

Additive Fertigung in der Verfahrenstechnik

Anwendungen, Herausforderungen und Perspektiven für den 3D-Druck in der Chemieindustrie



Keywords

- 3D-Druck
- Chemieindustrie
- Modulare Anlagen
- Katalysatoren
- Wärmetauscher

Additive Fertigung (auch „Additive Manufacturing“, kurz: AM) gilt als etablierte Technologie für die chemische Industrie – ist jedoch noch nicht flächendeckend im Einsatz. Industrielle Anwendungen stehen noch vor Herausforderungen wie Materialvielfalt, fehlenden Standards und komplexen Zertifizierungsprozessen. Dennoch zeigen Beispiele wie optimierte Wärmetauscher, statische Mischer oder die X3D-Katalysatoren von BASF, dass AM bereits heute wirtschaftlich relevante Lösungen bietet. Experten wie Dr. Kathrin Rübberdt, Dechema, und Dr. Özlem Weiss, Expertants, sehen enormes Potenzial für Effizienzsteigerung, Defossilisierung und modulare Produktionskonzepte – ein Wendepunkt mit weitreichenden Chancen.

CITplus: In einem White Paper beschreiben Sie additive Fertigung als „stille Revolution“ statt einer flächendeckenden Umwälzung. Wie würden Sie den aktuellen Reifegrad der additiven Fertigung in der chemischen Industrie einschätzen?

Dr. Kathrin Rübberdt: Wir sehen die Technologie an einem interessanten Wendepunkt. Vor zehn Jahren wurde additive Fertigung als „nächste industrielle Revolution“ angekündigt; dabei wurden teilweise falsche Erwartungen geweckt. Heute ist der Ansatz deutlich realistischer. Die Technologie ist in speziellen Anwendungsfeldern ausgereift und fest etabliert, aber nicht so flächendeckend im Einsatz, wie damals vorhergesagt. Gerade in der Katalysatorentwicklung oder bei komplexen Reaktorgeometrien stellen wir einen hohen Reifegrad fest, während andere Bereiche noch am Anfang stehen.

Sie erwähnen, dass die AM-Landschaft in der Verfahrenstechnik eher „fragmentiert“ als „technologisch geschlossen“ wirkt. Was sind die Gründe für diese Fragmentierung?

Dr. Özlem Weiss: Diese Fragmentierung hat mehrere Ursachen. Erstens ist die Anwendungsvielfalt enorm groß – vom Laborzubehör bis zu industriellen Katalysatoren oder Wärmetauschern. Diese unterschiedlichen Anwendungen erfordern verschiedene Materialien, Drucktechnologien und Expertise. Zweitens wird viel Kompetenz nur innerhalb der Unternehmen in spezialisierten Abteilungen aufgebaut und bleibt damit auf dem Markt weitgehend unsichtbar. Große Konzerne wie BASF oder Evonik haben eigene AM-Einheiten, die sehr gezielt an spezifischen Anwendungen arbeiten. Der Austausch zwischen diesen Inseln der Expertise ist noch begrenzt. Drittens fehlt es an

standardisierten Workflows, die einen breiteren Einsatz erleichtern würden.

Im Laborbereich hat sich AM bereits als „unverzichtbares Standard-Werkzeug“ etabliert. Welche Anwendungen haben sich hier als besonders wertvoll erwiesen?

Dr. K. Rübberdt: Im Labor sind es vor allem die maßgefertigten Einzellösungen, die AM unersetzlich machen. Denken Sie an spezielle Minireaktoren, die für einen bestimmten Versuchsaufbau optimiert sind, individuell angepasste Rührwerke oder sogar kleine Zentrifugen. Besonders wertvoll sind auch Adapter und Komponenten für Analysegeräte, die kommerziell nicht erhältlich sind oder nur als teure Sonderanfertigungen. Der 3D-Druck ermöglicht es Forschern, sehr schnell und kosteneffizient eigene Lösungen zu entwickeln, wenn Standard-Equipment nicht passt.

Welche konkreten Beispiele können Sie für additiv gefertigte Komponenten nennen, die in der industriellen Verfahrenstechnik bereits erfolgreich im Einsatz sind?

Dr. Ö. Weiss: Ein hervorragendes Beispiel sind statische Mischer, die in vielen verfahrenstechnischen Prozessen eingesetzt werden. Durch AM können sie mit komplexen internen Strukturen gefertigt werden, die mit konventionellen Methoden kaum herstellbar wären. Auch Wärmetauscher mit optimierten Geometrien für verbesserten Wärmeübergang sind ein Paradebeispiel. KSB, ein Pumpenhersteller, fertigt bereits über den eigenen Bedarf hinausgehend eine Vielzahl an kundenspezifischen Komponenten und Ersatzteilen mittels 3D-Druck. Besonders spannend ist auch die X3D-Technologie von BASF zur Herstellung von Katalysatoren mit deutlich größerer aktiver Oberfläche, die ab 2026 im industriellen Maßstab produziert werden sollen. Diese Beispiele zeigen, dass AM bereits heute

wirtschaftlich relevante Anwendungen in der industriellen Verfahrenstechnik hat.

Sie beschreiben Flow Chemistry als einen Bereich, in dem AM nicht nur inkrementell wirkt, sondern überhaupt erst Innovationen ermöglicht. Können Sie diese revolutionären Möglichkeiten näher erläutern?

Dr. K. Rübberdt: Die Flow Chemistry ist tatsächlich ein Paradebeispiel für den transformativen Einfluss von AM. Hier werden diskontinuierliche Batch-Prozesse durch kontinuierliche Prozesse ersetzt, was zwei entscheidende Vorteile bietet: Erstens können wir mit viel kleineren Volumina arbeiten bei ähnlicher Produktionsmenge, und zweitens lassen sich Parameter wie der Wärmeaustausch deutlich effizienter gestalten.

Die Herausforderung liegt in den komplexen Reaktorstrukturen im Bereich der Milli- und Mikrofluidik, die mit konventionellen Fertigungsverfahren kaum oder nur sehr teuer herzustellen

sind. AM ermöglicht es, diese komplizierten inneren Strukturen präzise zu fertigen – mit Kanälen und Mischzonen, die gezielt für bestimmte Reaktionen optimiert sind. Wir können sogar Reaktorgeometrien herstellen, die an biologische Strukturen erinnern – mit organisch anmutenden, verzweigten Kanälen, die eine optimale Durchmischung der Reaktanden garantieren.

Diese Strukturen wären mit konventionellen Methoden schlicht nicht herstellbar. AM öffnet hier die Tür zu völlig neuen Reaktorkonzepten, die chemische Prozesse grundlegend effizienter und nachhaltiger gestalten können.

Die BASF plant ab 2026 mit X3D-Technologie hergestellte Katalysatoren im industriellen Maßstab zu produzieren. Welche Vorteile bietet dieser Ansatz gegenüber konventionellen Katalysatoren?

Dr. Ö. Weiss: Die X3D-Technologie von BASF ist ein hervorragendes Beispiel für disruptives

CITplus-Tipp

Exzellenzpreis der Rapid.tech 3D 2026

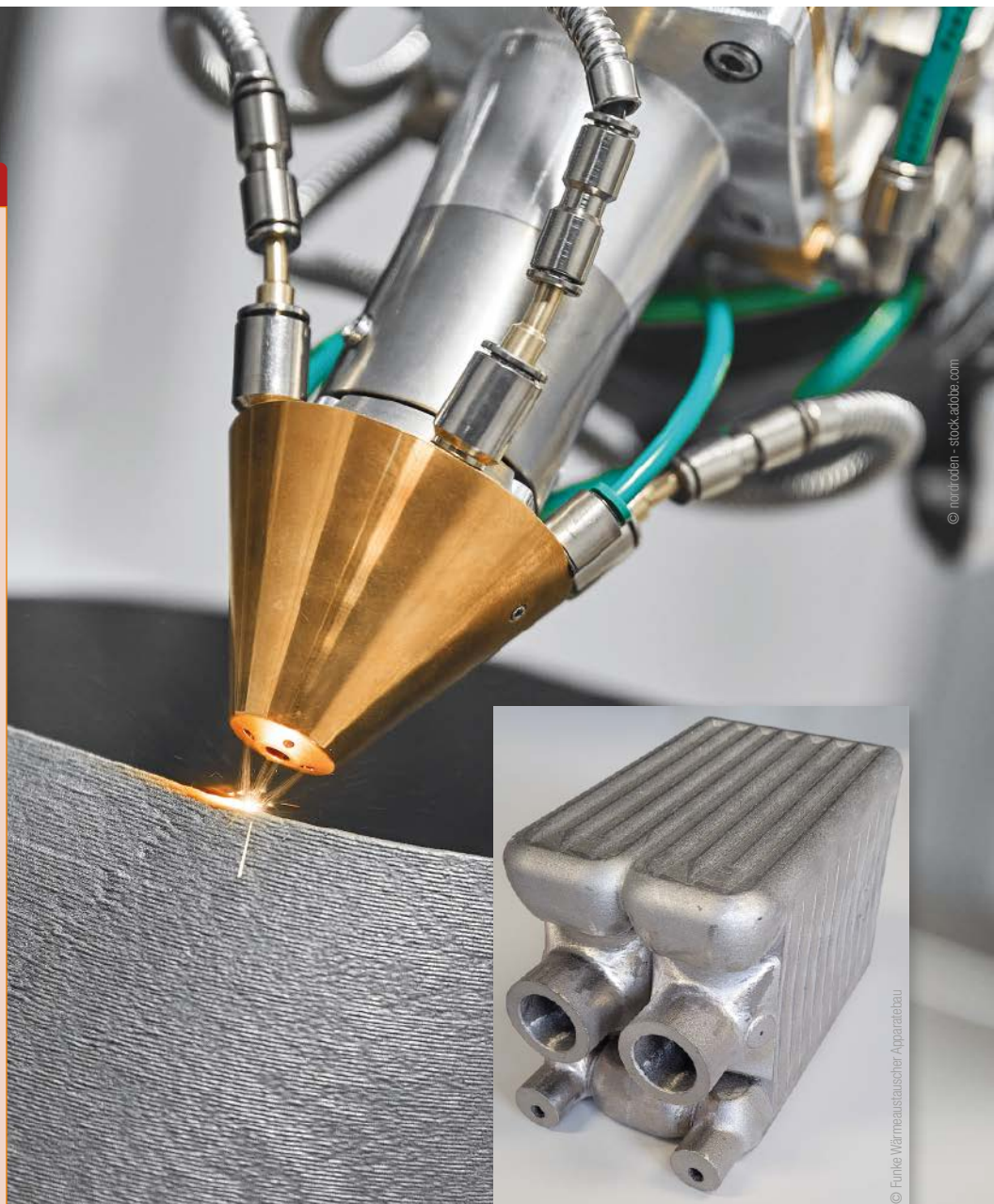
Mit dem neuen Exzellenzpreis der Rapid.tech 3D würdigt die Fachveranstaltung für additive Fertigung erstmals herausragende Projekte und Produkte, die zeigen, wie AF Leistungsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit und Design nachhaltig verändern können. Die Verleihung findet am 6. Mai 2026 im Rahmen der festlichen Abendgala in Erfurt statt. Schirmherr des Preises ist der Thüringer Ministerpräsident Prof. Dr. Mario Voigt.

Ins Rennen um den Exzellenzpreis kann man in drei Kategorien gehen, die die Bandbreite additiver Innovation abbilden:

- **Improve.Performance.** – Projekte, die Bauteile leichter, stärker oder funktional effizienter machen.
- **Reduce.Costs.** – Lösungen, die Prozesse wirtschaftlicher gestalten und Ressourcen schonen.
- **Rethink.Design.** – AF-gerechte Konstruktionsansätze, die Produkte neu denken und Funktionen integrieren.

Die Fachjury setzt sich aus Fachbeiräten der Rapid.tech 3D zusammen und nominert bis zu neun Projekte; ab dem 15. Februar 2026 läuft das Community Voting online.

Mehr Informationen und Einreichung über



Innovationspotenzial. Konventionelle Katalysatorträger werden typischerweise durch Sinterprozesse hergestellt, deren innere Struktur begrenzt kontrollierbar ist. Die Herstellung der X3D-Katalysatoren basiert auf 3D-Druck und erlaubt so optimierte Trägerstrukturen, die mechanisch sehr stabil sind und durch ihre offene Struktur den Druckabfall in Reaktoren verringern. Es entstehen deutlich größere aktive Oberflächen für die katalytischen Reaktionen, während der Katalysator kompakter und leichter wird. Besonders wegweisend ist zudem, dass nicht nur der Träger, sondern auch das katalytisch aktive Material selbst direkt im 3D-Druck verarbeitet werden kann. Die Vorteile sind beeindruckend: Erstens ein geringerer Energieaufwand durch optimierte Kanalstrukturen, zweitens höhere Umsatzraten durch die vergrößerte aktive Oberfläche und drittens eine präzise Kontrolle über die Porengrößen und -strukturen, was für viele katalytische Prozesse entscheidend ist. Die X3D-Katalysatoren sind laut BASF seit 2019 industriell im Einsatz und ein Ausbau der Produktionskapazitäten ist geplant, was zeigt, dass sich diese Anwendung etabliert hat und der Schritt in den Markt erfolgreich vollzogen wurde. Die geplante Umsetzung im industriellen Maßstab ab 2026 verdeutlicht das enorme Potenzial dieser Technologie.

Welche technischen Hürden müssen noch überwunden werden, damit AM in der Verfahrenstechnik breiter eingesetzt werden kann?

Dr. K. Rübberdt: Eine wichtige Hürde ist die Oberflächenqualität. Zwar sind wir heute weit von den groben Strukturen der Anfangszeit entfernt, dennoch benötigen die Oberflächen häufig noch eine finale Bearbeitung. Bei komplexen Innengeometrien, die von außen nicht zugänglich sind, stellt das eine besondere Herausforderung dar.

Auch bei den Materialien gibt es noch Entwicklungsbedarf, besonders wenn es um chemische Beständigkeit, Temperaturstabilität und mechanische Belastbarkeit geht – alles Eigenschaften, die in der Verfahrenstechnik kritisch sind. Die Prozesswiederholbarkeit ist ein weiteres Thema: Um additive Fertigung in der Serienproduktion einzusetzen, muss sichergestellt sein, dass bei jedem Druck exakt die gleichen Eigenschaften erzielt werden. Andererseits sehen wir heute schon Komponenten, die bei sehr hohen Drücken eingesetzt werden können – das galt vor zehn Jahren als Utopie. Da ist also noch viel Potenzial.

Zertifizierung ist ein Hindernis für den Einsatz in sicherheitsrelevanten Bereichen. Welche Fortschritte wurden hier bereits erzielt und wo bestehen noch Lücken?

Dr. Ö. Weiss: Damit die additive Fertigung den Schritt aus dem Prototypenbau in die industrielle Endfertigung machen konnte, war zunächst der Aufbau eines soliden Normenfundaments notwendig. In den vergangenen 20 Jahren sind auf internationaler Ebene fast 50 ISO-Normen

veröffentlicht worden, weitere rund 20 befinden sich in Bearbeitung. Diese Standards decken nahezu alle Schritte der Prozesskette ab – von der Terminologie und Designprozess über Material-Feedstocks und Qualifizierungsprozesse bis hin zur Qualitätskontrolle. Parallel dazu haben frühe Anwenderbranchen wie die Luftfahrt und die Medizintechnik ihre bestehenden Produkt- und Prüfnormen um AM-spezifische Anforderungen erweitert.

Auf dieser Grundlage ist es heute möglich, additiv gefertigte Bauteile standardisiert herzustellen und sie damit auch in sicherheitskritischen Bereichen einzusetzen. So haben erste AM-Komponenten bereits erfolgreich die Prüfungen im Rahmen der EU-Druckgeräterichtlinie (PED 2014/68/EU) bestanden und sind zugelassen worden. Das zeigt, dass additive Verfahren inzwischen regulatorisch anschlussfähig sind.

Lücken bestehen vor allem bei ganz neuen Werkstoffen und Verbundmaterialien – eigentlich eine der großen Stärken der additiven Fertigung. Hier stoßen wir aber an Grenzen, weil bestehende Prüfmethoden und Produktnormen auf diese neuartigen Materialsysteme nicht ausgelegt sind. Das führt dazu, dass Zulassungen deutlich aufwändiger werden.

Bei Zertifizierungen selbst sehe ich die Herausforderung weniger in der Technik als in den zusätzlichen Kosten für losgelöste eigene AM-Lösungen, wenn sie nicht gesetzlich erforderlich sind. Das behindert eher Markteintritte und Akzeptanz. Wichtig wäre aus meiner Sicht, dass Regulatoren und Standardisierungsgremien stärker auf die klassischen Industrien zugehen und sich in bestehende Normungs- und Prüfprozesse einbetten. Das würde das Innovationstempo spürbar erhöhen. Ich bin dennoch sehr optimistisch: Medical und Luftfahrt haben eindrucksvoll gezeigt, dass additive Fertigung in sicherheitskritischen Anwendungen etabliert werden kann. Ich bin überzeugt, dass auch die Prozessindustrie mit steigender Zahl von Anwendungen nachziehen wird.

Wie könnte ein idealer Workflow in der Zukunft zur Integration additiver Fertigung aussehen?

Dr. K. Rübberdt: Ein idealer Workflow beginnt nicht mit einem fertigen Bauteilentwurf, der nachträglich für additive Fertigung angepasst wird, sondern mit einer völlig neuen Herangehensweise an das Design. Künftig sollten Entwickler von Anfang an in den Möglichkeitsräumen des AM denken und konstruieren.

Konkret könnte ein solcher Workflow so aussehen: Zunächst erfolgt eine digitale Anforderungsanalyse, in der die funktionalen Ziele definiert werden – etwa ein optimaler Wärmeübergang oder ideale Strömungseigenschaften. Statt dann konventionell zu konstruieren, würden generative Designalgorithmen eingesetzt, die auf Basis dieser Anforderungen optimale Strukturen vorschlagen, die speziell auf AM ausgerichtet sind.

Diese Entwürfe durchlaufen anschließend digitale Simulationen – Strömungssimulationen, Festigkeitsanalysen oder thermische Simulationen – deren Ergebnisse direkt in Optimierungsschleifen zurückfließen. Im Idealfall könnte man sogar experimentelle Daten aus 3D-gedruckten Prototypen in Echtzeit in die Simulation einspeisen.

Die resultierenden Designs würden häufig organisch anmutende, bioinspirierte Strukturen sein, die konventionell kaum herstellbar wären, aber ideal für den 3D-Druck geeignet sind. Die gesamte Prozesskette wäre dabei digital durchgängig – vom ersten Entwurf bis zur finalen Produktion, mit lückenloser Dokumentation für die spätere Zertifizierung.

Wie kann AM konkret zur Defossilisierung der chemischen Industrie beitragen?

Dr. Ö. Weiss: AM bietet mehrere Ansatzpunkte für die Defossilisierung. Erstens kann es durch optimierte Designs zu energieeffizienteren Komponenten führen. Nehmen wir Wärmetauscher: Mit AM können wir Strukturen herstellen, die den Wärmeübergang massiv verbessern und damit den Energiebedarf reduzieren.

Zweitens ermöglicht AM die Entwicklung und schnelle Pilotierung von Power-to-X-Anlagen, die für die Energiewende entscheidend sind. Die Elektrolyse und anschließende Synthese von grünem Wasserstoff oder synthetischen Kraftstoffen erfordert hocheffiziente Reaktoren, die oft geometrisch komplex sind – ein ideales Einsatzfeld für AM.

Drittens unterstützt AM dezentrale und modulare Produktionskonzepte. Statt große Mengen an Produkten und Materialien um die Welt zu transportieren, können kleinere, modulare Anlagen näher am Verbraucher errichtet werden. Die Komponenten für diese dezentralen Anlagen könnten ebenfalls lokal mittels AM hergestellt werden, was den Transportaufwand und damit CO₂-Emissionen reduziert.

Nicht zuletzt trägt AM zu effizienteren chemischen Prozessen bei, die weniger Energie benötigen und einen höheren Umsatz ermöglichen. All diese Faktoren zusammen können einen signifikanten Beitrag zur Defossilisierung der chemischen Industrie leisten.

Welche Lektionen könnte die chemische Industrie aus dem Einsatz von AM in anderen Branchen wie der Luft- und Raumfahrt oder der Medizintechnik ziehen?

Dr. K. Rübberdt: Die Luft- und Raumfahrtindustrie hat früh auf AM gesetzt und konsequent Leichtbau-Optimierungen vorangetrieben. Hier könnte die chemische Industrie lernen, wie man systematisch Topologieoptimierung in den Designprozess integriert, um Material einzusparen und gleichzeitig funktionale Eigenschaften zu verbessern.

Von der Medizintechnik können wir lernen, wie personalisierte, hochspezialisierte Lösungen effizient umgesetzt werden. Die Möglichkeit,

Implantate oder Prothesen individuell anzupassen, entspricht in der Verfahrenstechnik dem Bedarf an kundenspezifischen Reaktoren oder Komponenten für Spezialanwendungen.

Besonders wertvoll sind auch die Erfahrungen dieser Branchen mit Zertifizierungsprozessen. Sowohl in der Luftfahrt als auch in der Medizintechnik wurden regulatorische Hürden früh angegangen und praktikable Lösungen entwickelt. Die chemische Industrie kann von diesen etablierten Prozessen profitieren, anstatt das Rad neu zu erfinden.

Nicht zuletzt ist die Materialforschung in diesen Branchen weit fortgeschritten – von biokompatiblen Materialien in der Medizintechnik bis zu hochtemperaturfesten Legierungen in der Luftfahrt. Dieses Wissen lässt sich durchaus auf die speziellen Anforderungen der Prozessindustrie übertragen, etwa bei chemischer Beständigkeit oder Temperaturstabilität.

Sie plädieren für einen „intensiveren Austausch zwischen Akteuren der Verfahrenstechnik und angrenzenden Branchen“. Welche Kooperationsformen wären hier besonders vielversprechend?

Dr. Ö. Weiss: Wir sehen großes Potenzial in branchenübergreifenden Forschungs Kooperationen zwischen Chemieunternehmen, Anlagenbauern und Technologieanbietern. Gemeinsame Forschungsprojekte mit klarem Anwendungsbezug, aber auch offenem Austausch über Grundlagenthemen, könnten die fragmentierte Landschaft zusammenführen.

Besonders vielversprechend sind auch offene Innovationsplattformen, auf denen Unternehmen spezifische Herausforderungen präsentieren können, für die dann branchenübergreifend Lösungen entwickelt werden. Die Rapidtech 3D-Messe ist ein gutes Beispiel für eine Plattform, die solche Verbindungen ermöglicht.

Auch Technologietransfer-Netzwerke, die gezielt AM-Knowhow aus fortgeschrittenen Branchen in die chemische Industrie bringen, wären sehr wertvoll. Hier könnten Organisationen wie die Dechema eine koordinierende Rolle übernehmen.

Nicht zuletzt sollten wir gemeinsame Standardisierungsinitiativen fördern. Die AM-Technologie muss in Standards für Materialeigenschaften und Prüfverfahren stärker berücksichtigt werden. Solche Standards entstehen am besten im gemeinsamen Dialog aller beteiligten Branchen – von Materialherstellern über Anlagenbauer bis zu den Endanwendern in der chemischen Industrie.

Welche wirtschaftlichen Faktoren werden die Verbreitung von AM in der chemischen Industrie in den kommenden Jahren am stärksten beeinflussen?

Dr. K. Rübberdt: Mehrere wirtschaftliche Faktoren werden entscheidend sein. An erster Stelle stehen die Materialkosten, die für AM immer noch deutlich höher sind als bei konventionellen

Verfahren. Mit zunehmendem Einsatz der Technologie erwarten wir hier jedoch Skaleneffekte und sinkende Preise.

Zweitens wird die Entwicklung der Anlagenkosten eine wichtige Rolle spielen. Die Investitionskosten für industrielle 3D-Drucker sind aktuell noch hoch, aber wir sehen bereits eine Tendenz zu kostengünstigeren Systemen bei gleichzeitig steigender Leistungsfähigkeit.

Ein dritter entscheidender Faktor ist die Gesamtbetriebskostenrechnung. Hier muss die Industrie lernen, nicht nur die direkten Herstellungskosten zu betrachten, sondern auch indirekte Vorteile wie höhere Prozesseffizienz, reduzierten Energieverbrauch oder längere Lebensdauer der Komponenten.

Nicht zuletzt werden regulatorische Faktoren und Nachhaltigkeitsanforderungen den Einsatz von AM beeinflussen. Mit steigenden CO₂-Preisen und strengeren Effizienzanforderungen gewinnen AM-Lösungen an Wirtschaftlichkeit, wenn sie zu nachhaltigeren Prozessen beitragen.

Wie schätzen Sie das Potenzial von AM im Kontext modularer Produktionskonzepte ein, und welche Veränderungen könnte dies für die Lieferketten bedeuten?

Dr. Ö. Weiss: Das Potenzial von AM für modulare Produktionskonzepte ist enorm. Die Idee modularer Anlagen, die Evonik und andere verfolgen, passt perfekt zu den Stärken des 3D-Drucks: individuelle, komplexe Komponenten in kleineren Stückzahlen herzustellen, die genau auf den jeweiligen Prozess zugeschnitten sind.

Additive Fertigung kann hier die Schnittstellen zwischen Modulen optimieren und sicherstellen, dass das „Plug and Play“-Prinzip in der chemischen Produktion Realität wird. Statt große, monolithische Anlagen zu bauen, können wir flexiblere, rekonfigurierbare Systeme entwickeln, bei denen einzelne Module je nach Bedarf kombiniert werden.

Für die Lieferketten bedeutet dies eine grundlegende Veränderung. Statt standardisierte Komponenten global zu transportieren, könnten wir zu einem dezentraleren Modell übergehen: Digitale Designs werden global geteilt, aber physische Komponenten lokal hergestellt. Dies reduziert nicht nur Transportwege und CO₂-Emissionen, sondern macht die Lieferketten auch widerstandsfähiger gegen Störungen, wie wir sie während der Pandemie erlebt haben.

Langfristig könnte dies zu einer viel flexibleren Chemieindustrie führen, die schneller auf Marktveränderungen reagieren kann und kleinere, aber hochspezialisierte Produktionsstandorte betreibt – ein Paradigmenwechsel von der Massenproduktion hin zu „Mass Customization“.

Wenn Sie fünf Jahre in die Zukunft blicken: Welche AM-Anwendungen in der chemischen Industrie werden dann zum Standard gehören?

Dr. K. Rübberdt: In fünf Jahren werden meiner Einschätzung nach AM-produzierte statische

Mischer, Wärmetauscher und spezielle Reaktorinnenteile zum Standard gehören – überall dort, wo komplexe Geometrien einen klaren Mehrwert bieten. Die additive Fertigung von Ersatzteilen wird sich ebenfalls als Standard etablieren, besonders für ältere Anlagen, bei denen die Originalteile nicht mehr verfügbar sind.

Ein weiterer Bereich, der sich durchsetzen wird, sind maßgeschneiderte Katalysatorträger mit optimierten geometrischen Strukturen. Auch bei Mikroreaktoren für die Flow Chemistry wird AM zum Standard werden, da die Vorteile in Bezug auf Effizienz und Flexibilität hier besonders deutlich sind.

Dr. Ö. Weiss: Ich erwarte zudem, dass sich AM-Komponenten in modularen Produktionskonzepten als Standard etablieren werden. Die Schnittstellen zwischen den Modulen, die anwendungsspezifischen Verbindungselemente und interne Strukturen werden zunehmend auch additiv gefertigt sein.

Nicht zuletzt werden wir einen Durchbruch bei multifunktionalen Bauteilen sehen – Komponenten, die mehrere Funktionen in einem Element vereinen, etwa eine Reaktorkammer mit integrierten Sensoren und Kühlkanälen. Solche integrierten Ansätze, die die Komplexität reduzieren und gleichzeitig die Funktionalität erhöhen, werden in fünf Jahren keine Exoten mehr sein, sondern zum Standard-Repertoire in der chemischen Verfahrenstechnik gehören.

Das Interview führte Dr. Etwina Gandert, Chefredakteurin CITplus.

Wiley Online Library



Dechema e.V., Frankfurt am Main

Tel.: +49 69 7564 0
info@dechema.de · www.dechema.de

Expertants GmbH, Frankfurt am Main

Tel.: +49 69 505064 330
welcome@expertants.com · www.expertants.com

Messe Erfurt GmbH, Erfurt

Tel.: +49 361 4000
rapidtech@messe-erfurt.de · www.rapidtech-3d.de



Abb. 1: Pharma-Wirkstoff-Produktion im Evonik-Standort in Dossenheim.

Prozessoptimierung mit Metall-3D-Druck

Evonik schließt zur Prozessoptimierung Lücken zwischen Simulation und Praxis mit additiver Fertigung



Keywords

- Verfahrenstechnik
- Rapid Prototyping
- Metall-3D-Druck

In der modernen Verfahrenstechnik ermöglichen fortschrittliche Berechnungen und Simulationen nahezu unbegrenzte Möglichkeiten zur Optimierung von Strömungsverhältnissen, Vermischungseigenschaften und Wärmeübergängen. Dennoch stoßen konventionelle Fertigungsverfahren bei der Realisierung innovativer Designvarianten für Reaktoren, Wärmeübertrager und andere Anlagenteile oft an ihre Grenzen. Hier kommt der Metall-3D-Druck ins Spiel.

Während der 3D-Druck mit Kunststoffen bereits weit verbreitet ist und Drucker für Privatpersonen erschwinglich geworden sind, bleibt der Metall-3D-Druck aufgrund der hohen Anschaffungskosten vorwiegend der Industrie vorbehalten. Die Kompetenzen im Bereich von

additiven Manufacturing und deren Integration mit anderen digitalen Technologien, wie bspw. Strömungssimulationen, wurden im Rahmen des Evonik Competence Center SAM 3D entwickelt (Abb. 2). SAM steht für Simulation und Additive Manufacturing, während 3D für Disruptive Digi-

tal Design steht. Mit Hilfe neuer Technologien können Apparate der Verfahrenstechnik neu gedacht werden. Die gewonnenen Designfreiheiten ermöglichen neue Reaktionsführungen mit reduziertem Rohstoff- und Energiebedarf und tragen damit zur Reduktion von unerwünsch-

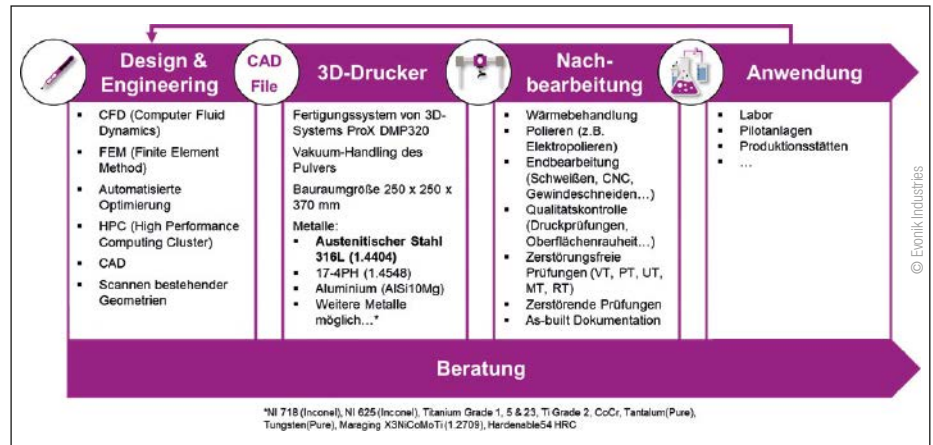


Abb. 2: Herstellungsprozess eines 3D-gedruckten Bauteils.

- Strömungsoptimierte Wärmeübertrager: Die strömungsoptimierten Formen im Inneren des Wärmeübertragers sorgen für optimale Wärmeübertragung, sodass deutlich kleinere Baugrößen ermöglicht werden.
- Statische Mischer: Der statische Mischer wird direkt in der durchströmten Rohrleitung verbaut. Das Design der statischen Mischer wird mithilfe von Strömungssimulationen (CFD) optimiert. Durch Rapid Prototyping und Tests werden die Modelle validiert. Dies ermöglicht eine präzise Anpassung der statischen Mischer an die jeweilige Anwendung (Abb. 3).
- Heizschuhe für Rohrleitungsarmaturen: Diese optimieren die Temperierung des Mediums innerhalb der Armatur.
- Reaktoren mit optimierter Flüssigkeitsströmung: Diese ermöglichen eine Umsatzsteigerung chemischer Reaktionen.
- Sonderrührorgane mit besonderen Eigenschaften: Der in Abbildung 4 dargestellte Rührer zeichnet sich durch komplexe Geometrien, die eine verbesserte Mischleistung bieten, aus.



Abb. 3: links: Schnitt durch den statischen Mischer, rechts: statischer Mischer im eingebauten Zustand.



Abb. 4: 3D-gedrucktes Sonderrührorgan, rechts: 3D-Modell, links: gedrucktes Bauteil

ten Nebenprodukten und CO₂-Emissionen bei. Essenziell ist hierbei die Anbindung dieser neuen Technologien an die Betriebe von Evonik sowie an die Forschung und Entwicklung. Durch die Möglichkeit des Rapid Prototypings lassen sich so die Entwicklungszeiten in Projekten erheblich verkürzen. Evonik hat das Potenzial dieser Technologie erkannt und produziert an seinem Standort in Hanau eine Vielzahl von Bauteilen mittels 3D-Druck. Der Einsatz von 3D-Druck wird insbesondere dann in Betracht gezogen, wenn Simulationen im Rahmen der Prozessentwicklung, etwa durch eine CFD-Analyse (Computational Fluid Dynamics) zeigen, dass komplexe Bauteilgeometrien zu verbesserten Strömungsverhältnissen führen und somit Mischungs- oder Wärmeübergänge optimieren können. Zudem bieten sich Vorteile wie Gewichtsreduktion und die Fähigkeit, sehr komplexe Baugruppen als einzelnes Teil herzustellen.

Zu den erfolgreich eingesetzten 3D-gedruckten Bauteilen zählen:

Von der Idee bis zum gedruckten Bauteil

Der Prozess von der Idee bis zur Verwendung eines 3D-gedruckten Bauteils lässt sich in vier Schritte unterteilen (Abb. 5). Zunächst wird die durch Simulationen ermittelte optimale Geometrie in ein druckbares 3D-Modell umgewandelt und mit Hilfe spezieller CAD-Software für den 3D-Druck vorbereitet. Dieses Modell wird an den Drucker übertragen. Bei Evonik kommt ein Verfahren des Direktmetalldrucks zum Einsatz, das die Herstellung sehr komplexer Teile mit höchster Fertigungsgüte ermöglicht. Bei diesem Fertigungsprozess werden die Teile Schicht für Schicht aufgebaut. Lose Metallpulverpartikel werden mit einem Hochpräzisionslaser miteinander verschmolzen. Der Laser wird auf die Pulverpartikel gerichtet, um selektiv nacheinander dünne horizontale Schichten aufzubauen. Jede Schicht hat je nach Einstellung eine Schichtdicke von 30 bis 90 µm. Durch die Verbindung jeder neuen Schicht mit der vorherigen wird mit hoher Fertigungsgüte ein qualitativ hoch-

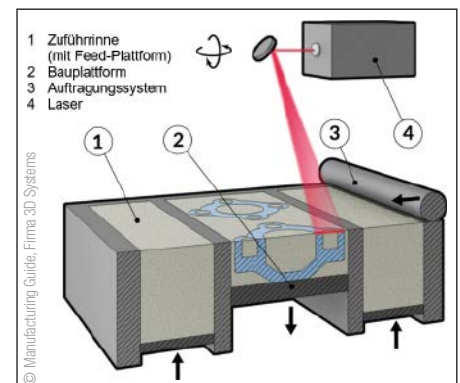


Abb. 5: schematische Darstellung des 3D-Drucks.

wertiges Bauteil erzeugt. Da keine spanenden Werkzeuge eingesetzt werden und kein Werkstoff entfernt wird, ist der Materialverbrauch sehr gering. Metallpulver, das nicht verschweißt wird, kann nach dem Druck gesammelt, gesiebt und zu ca. 95 % für einen Folgedruck wiederverwendet werden.

In Abbildung 5 ist der Druckvorgang schematisch dargestellt. Abhängig von der Größe und Komplexität des Bauteils kann der Druckprozess von wenigen Stunden bis zu mehreren Tagen dauern. Der Bauraum des bei Evonik verwendeten Druckers ist auf 250 x 250 x 370 mm begrenzt. Einschränkungen der Baugröße können durch nachgelagerte Schweißprozesse überwunden werden, indem die 3D-gedruckte Bauteile untereinander oder mit konventionell hergestellten Komponenten verbunden werden.

Um die Oberflächenbeschaffenheit zu verbessern, können gängige Polierverfahren eingesetzt werden. Vor der Freigabe zur Anwendung werden diverse Prüfungen durchgeführt, um sicherzustellen, dass die geforderten Materialeigenschaften eingehalten werden. Langjährige Qualitätskontrollen bei Evonik haben gezeigt, dass die Werkstoffeigenschaften von 3D-gedruckten Bauteilen vergleichbar oder sogar besser sind als die von konventionell gefertigten Materialien.

Verwendung 3D-gedruckter Bauteile im Anwendungsbereich der Druckgeräterichtlinie

In verfahrenstechnischen Anlagen müssen die verwendeten Armaturen und Behälter häufig den Anforderungen der Druckgeräterichtlinie

2014/68/EU entsprechen. Um die Vorteile des 3D-Drucks auch in diesem Bereich nutzen zu können, ist eine Zertifizierung der Hersteller von additiv gefertigten Druckgeräten erforderlich. Evonik war eines der ersten Unternehmen, das durch den TÜV Süd eine entsprechende Zertifizierung als Werkstoffhersteller für additiv gefertigte Bauteile als Halbzeuge erhalten hat. Voraussetzung hierfür war ein Qualitätsmanagementsystem nach Anhang I, Absatz 4.3 der Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU sowie nach dem Absatz 4.2 der Norm EN 764-5 Prüfbescheinigungen für metallische Werkstoffe und Übereinstimmung mit der Werkstoffspezifikation. Durch jährliche Überwachungsaudits durch die zugelassene Überwachungsstelle ist sichergestellt, dass die hohen Qualitätsansprüche, die erforderlich sind, um ein 3D-gedrucktes drucktragendes Bauteil in Verkehr zu bringen, dauerhaft eingehalten werden.

Im Vergleich zu konventionell hergestellten Druckgeräten müssen bis zur Inverkehrbringung additiv gefertigter Druckgeräte zusätzliche folgende Schritte durchgeführt werden:

- Qualifizierung des Druckverfahrens,
- Erstellung der PMA (PMA steht für „Particular Material Appraisal“ und kann als Einzelgutachten für Werkstoffe verstanden werden),
- Festlegung des Fertigungs- und Prüfplans,
- Beprobung der Begleitproben hinsichtlich der Werkstoffeigenschaften.

Inzwischen konnten erfolgreich mehrere 3D-gedruckte Druckgeräte durch Evonik in Verkehr gebracht werden.

Der Metall-3D-Druck stellt durch die neuen Möglichkeiten in der Bauteilgeometrie und schnelleren Produktionszeiten eine wegweisende Technologie dar, die nicht nur die Effizienz und Nachhaltigkeit in der chemischen Industrie steigert, sondern auch neue Möglichkeiten zur Prozessoptimierung eröffnet.



Dr. Senada Schaack,
Head of Evonik
Competence Center
SAM 3D – Simulation &
Additive Manufacturing



Jochen Bott,
Head of Special Plant
Construction & Technical
Conformity Hanau, Evonik
Operations

Wiley Online Library



Evonik Operations GmbH, Hanau-Wolfgang

Jochen Bott
Tel.: +49 152 09284838
jochen.bott@evonik.com · www.evonik.com

Rechtliche Anforderungen und praktische Umsetzung im Gefahrstoffmanagement

Die Mehrzahl der Unternehmen geht mit Gefahrstoffen um. Vor Aufnahme der Tätigkeit muss im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung eine mögliche Substitution geprüft und erforderliche Schutzmaßnahmen müssen festgelegt werden. Zentrale Informationsquelle ist das Sicherheitsdatenblatt, das Informationen zu Stoffeigenschaften, möglichen Gefährdungen und Schutzmaßnahmen liefert. Nach § 6 GefStoffV muss der Arbeitgeber für die Gefährdungsbeurteilung Informationen von seinen Lieferanten einholen. Da eine aktuelle Fassung verwendet werden muss, empfiehlt sich, turnusmäßig alle zwei Jahre aktuelle Versionen anzufordern. Der Arbeitgeber muss das Sicherheitsdatenblatt auf offensichtlich unvollständige, widersprüchliche oder fehlerhafte Angaben überprüfen. Hintergrund ist, dass eine Studie des Überwachungsprojekts Reach-EN-Force-6 (REF-6) feststellte, dass 44 % aller Sicherheitsdatenblätter nicht rechtskonform sind.

Grundsätzlich muss beim Umgang mit Gefahrstoffen ein Gefahrstoffverzeichnis erstellt werden (§ 6 Abs. 12 GefStoffV). Folgende Daten müssen mit Verweis auf das Sicherheitsdatenblatt mindestens enthalten sein: Bezeichnung des Gefahrstoffs, Einstufung oder Angaben zu den gefährlichen Eigenschaften, Angaben zu den verwendeten Mengenbereichen sowie Bezeichnung der Arbeitsbereiche, in denen Beschäftigte dem Gefahrstoff ausgesetzt sein können. Auf Grundlage der Gefährdungsbeurteilung muss der Arbeitgeber schriftliche Betriebsanweisungen erstellen. Diese müssen Informationen über vorhandene oder entstehende Gefahrstoffe, angemessene Vorsichtsmaßnahmen sowie Maßnahmen bei Betriebsstörungen, Unfällen und Notfällen enthalten. Die Betriebsanweisungen müssen in verständlicher Form und Sprache verfasst sein. Bei jeder maßgeblichen Veränderung der Arbeitsbedingungen, beispielsweise bei geänderter Einstufung eines verwendeten

Gefahrstoffs, muss geprüft werden, ob zugehörige Betriebsanweisungen noch aktuell sind oder angepasst werden müssen. In der Praxis kann der Prozess „Geplanter Umgang mit Gefahrstoffen“ in fünf Schritten erfolgen: Identifikation des Gefahrstoffs, Erfassung relevanter Informationen aus dem Sicherheitsdatenblatt (Zusammensetzung, H-Sätze, Grenzwerte, SVHC, CMR), Festlegung der Lagerbedingungen, Bewertung der Tätigkeiten und Expositionswege sowie Substitutionsprüfung. Verantwortliche im Arbeits- und Umweltschutz müssen Gefahrstoffe sicher und zuverlässig managen. Geeignete Software wie HSEQ erleichtert diese Arbeit erheblich, wenn Daten automatisch eingelesen, Betriebsanweisungen und Berichte auf Knopfdruck erstellt, ein schneller Gefahrstoffcheck bez. SVHC- und CMR-Stoffe durchgeführt und Prozesse abgebildet werden können. Beschäftigte gewinnen freie Kapazitäten für einen wirksamen Arbeits- und Gesundheitsschutz.

www.qumsult.de

Sicherheitsgerichtete HMI-Lösung für Prozessindustrie

Hima und Deuta haben gemeinsam eine SafeHMI-Lösung entwickelt. Das System kombiniert Hima-Sicherheitssysteme mit einem sicherheitsgerichteten Human-Machine-Interface-Panel auf Basis der IconTrust-Technologie von Deuta. Die Lösung ist für den Einsatz in sicherheitskritischen Anwendungen konzipiert und nach SIL 3 (IEC 61508) ausgelegt. Sie bietet kontextsensitive Alarmführung, sichere Bedienung und Anzeigeüberwachung. Die dynamische Alarmanzeige priorisiert relevante Alarme automatisch, stellt Handlungsanweisungen bereit und begrenzt die Anzeige auf maximal vier gleichzeitige Einträge. Eingaben, Quittierungen oder Übersteuerungen können über das Touchpanel vorgenommen werden, wobei alle Aktionen nach SIL 2/3 geprüft, dokumentiert und validiert werden. „Mit SafeHMI bringen wir die Anzeige- und Bedienlogik auf ein neues Sicherheitsniveau“, erklärt Bernd Schäfer, Produktmanager bei Hima. „Bediener erhalten in kritischen Situationen nicht nur Informationen, sondern klare Handlungsanweisungen.“ Die IconTrust-Technologie von Deuta überwacht kontinuierlich den Bildschirminhalt und erkennt Abweichungen zwischen dargestellten und erwarteten Werten. Die Anzeige ist bis zu SIL 3 zertifiziert. Die Lösung ist vollständig in die Hima Safety Plattform integriert. Konfiguration und Änderungen erfolgen über standardisierte Funktionsbausteine aus einer zertifizierten Bibliothek.

www.hima.com



Neue Funkfußschalter-Baureihe für industrielle Anwendungen

Steute hat eine Funkfußschalter-Baureihe für industrielle Anwendungen entwickelt. Das System RF GF SW2.4 LE-IND vermeidet Kabelverbindungen zwischen Fußschalter und Maschine. Dies reduziert Stolpergefahren am Arbeitsplatz und mechanische Beschädigungen durch Schweißspritzer oder Abrieb an der Kabelummantelung. Die kabellose Ausführung erhöht die Bewegungsfreiheit des Bedieners im Arbeitsbereich. Das Funksystem arbeitet nach dem Low-Energy-Prinzip und erreicht in Innenräumen eine Reichweite bis 45 m. Mehrere Funkschaltgeräte können parallel an einer Maschine oder in einem Fertigungsbereich betrieben werden, ohne dass es zu Interferenzen kommt. Der reduzierte Energieverbrauch ermöglicht lange Akku-Laufzeiten. Die Qualität des Funksignals wird kontinuierlich überwacht und an der Antenneneinheit angezeigt. Bei Verbindungsproblemen erhält der Anwender somit eine unmittelbare Rückmeldung. Das Gehäuse in Schutzart IP 67 besteht aus pulverbeschichtetem Aluminium und ermöglicht den Betrieb in feuchter und staubiger Umgebung. Der zulässige Temperaturbereich liegt zwischen -20°C und $+60^{\circ}\text{C}$. Die Fußschalter werden wahlweise mit einem oder zwei Pedalen geliefert, optional mit Schutzhaube. Der Empfänger verfügt über vier Schließer-Ausgangskontakte und ein Validate-Relais als Schließer für die Signalauswertung. Die redundante Übertragung zwischen Sender und Empfänger erhöht die Funktionssicherheit des Systems. Die Kopplung zwischen Empfänger und Fußschalter erfolgt über ein Pairing-Verfahren. LEDs zeigen die Betriebszustände an.

www.steute-controltec.com

Mikrodosierpumpen für Gasodorierung

Lewa hat zwei neue Modellgrößen in sein Sortiment hydraulisch angelenkter Mikrodosierpumpen aufgenommen. Die Modelle MAH4 und MBH6 erweitern das Spektrum verfügbarer Kombinationen aus Dosiermenge und Betriebsdruck für die Gasodorierung. Mikrodosierpumpen werden eingesetzt, um Gasen wie Erdgas, Flüssiggas (LPG), komprimiertem Erdgas (CNG), verflüssigtem Erdgas (LNG), Biogas, Sauerstoff oder Wasserstoff ein Odoriermittel zuzusetzen. Durch den charakteristischen Geruch können Gaslecks schnell erkannt werden. Das Lewa-Portfolio umfasst vier Baureihen hydraulisch angelenkter Mikrodosierpumpen (MAH, MBH, MLM15 und MLM40), die Dosiermengen von 10 ml/h bis 55 l/h liefern und Drücken bis zu 560 bar standhalten. Die neue MAH4 ist für 16 bar ausgelegt und ergänzt die MAH3 mit 20-25 bar. Sie ermöglicht die Erfüllung der Druckanforderungen in internationalen Erdgasnetzen mit Pipelines der Druckklasse PN16. Die neue

MBH6 deckt bis zu 0,6 l/h bei 42 bar ab. Beide neuen Modelle verfügen über eine Metallmembran und einen Magnetantrieb für gefährliche Umgebungen. Die Pumpen sind absolut dicht und durch ihre Metallmembranen diffusionsdicht für Odorierflüssigkeiten, was Verunreinigungen verhindert. Die trockenlaufsichere Konstruktion schützt die Pumpen vor Beschädigungen durch extreme Betriebsbedingungen oder Bedienfehler. Der Regelbereich der Mikrodosierpumpen beträgt bis zu 1:1000. Die Pumpen erfüllen die Anforderungen von Normen wie DVGW G280 und sind explosionsgeschützt bis EX-Zone 1.

www.lewa.com



Anlagenplanungssoftware mit VR-Viewer-Integration

CAD Schroer bietet beim Neukauf einer M4 Plant-Lizenz den VR-Viewer I4 Virtual Review für zwölf Monate ohne Aufpreis an. Die Kombination ermöglicht die Planung von Anlagen in 3D und deren Visualisierung in Virtual Reality. M4 Plant ist eine Software für die 3D-Planung von Anlagen unterschiedlicher Größe. Sie unterstützt regelbasierte Rohrleitungsplanung mit R&I-Integration sowie die Modellierung von Stahlbau, Klimasystemen, Kabeltrassen und Gebäuden. Die Software umfasst Konsistenz- und Kollisionsprüfungen, automatisch erzeugte Stücklisten und Berichte sowie Schnittstellen für 2D- und 3D-Formate. Die erstellten 3D-Planungen können direkt in den VR-Viewer importiert werden. Dieser ermöglicht VR-Rundgänge in den Planungsdaten, wobei mehrere Modelle in eine VR-Umgebung geladen und skaliert werden können. Nutzer können Abstände messen, Notizen im Kontext hinterlegen, Sichten speichern und Screenshots für die Dokumentation erstellen. Die Lösung richtet sich an Unternehmen aus dem Anlagenbau, Maschinenbau und Sondermaschinenbau. Der VR-Viewer kann auch von Vertriebs- und Marketingabteilungen für Präsentationen bei Kundenbesuchen oder auf Messen genutzt werden.

www.cad-schroer.de

Anlagentechnik

Armaturen



**GEMÜ Gebr. Müller
Apparatebau GmbH & Co. KG**
Gert-Müller-Platz 1
74635 Kupferzell
Tel.: +49 79 40 123-0
E-Mail: info@gemu.de
<http://www.gemu-group.com>

Armaturen



NOGE TECHNIK GMBH
Pappelstr. 2
85649 Brunnthal-Hofolding
Tel.: +49 8104 6498048
Fax: +49 8104 648779
E-Mail: info@noge-technik.de
<http://www.noge-technik.de>

Dichtungen/Pumpen



**RCT Reichelt
Chemietechnik GmbH & Co.**
Englerstraße 18 · D-69126 Heidelberg
Tel.: +49 6221 3125-0 · Fax: -10
info@rct-online.de · www.rct-online.de
*Schläuche & Verbinder, Halbzeuge aus
Elastomeren & Kunststoffen*

Pumpen



Lutz Pumpen GmbH
Erlenstr. 5-7 · Postfach 1462
97877 Wertheim
Tel./Fax: +49 9342 879-0 / 879-404
info@lutz-pumpen.de
<http://www.lutz-pumpen.de>



JESSBERGER GMBH

Jaegerweg 5 · 85521 Ottobrunn
Tel.: +49 89 6 66 63 34-00
Fax: +49 89 6 66 63 34-11
info@jesspumpen.de
www.jesspumpen.de

Rohrbogen/Rohrkupplungen



HS Umformtechnik GmbH
Gewerbestraße 1
D-97947 Grünsfeld-Paimar
Tel.: +49 93 46 92 99-0 · Fax: -200
kontakt@hs-umformtechnik.de
www.hs-umformtechnik.de

Ventile



**GEMÜ Gebr. Müller
Apparatebau GmbH & Co. KG**
Gert-Müller-Platz 1
74635 Kupferzell
Tel.: +49 79 40 123-0
E-Mail: info@gemu.de
<http://www.gemu-group.com>

Gefahrstoffe

Gefahrstofflagerung



Bauer GmbH
Eichendorffstr. 62
46354 Südlohn
Tel.: +49 2862 709-0
info@bauer-suedlohn.com
www.bauer-suedlohn.com



DENIOS SE
Dehmer Str. 54-66
32549 Bad Oeyenhausen
Fachberatung: +49 800 753 000-3

Containment



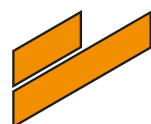
Bauer GmbH
Eichendorffstr. 62
46354 Südlohn
Tel.: +49 2862 709-0
info@bauer-suedlohn.com
www.bauer-suedlohn.com



DENIOS SE
Dehmer Str. 54-66
32549 Bad Oeyenhausen
Fachberatung: +49 800 753 000-3

Ingenieurbüros

Biotechnologie



**VOGELBUSCH
Biocommodities**
Vogelbusch Biocommodities GmbH
A-1051 Wien · PF 189
Tel.: +43 154661 · Fax: 5452979
vienna@vogelbusch.com
www.vogelbusch-biocommodities.com

*Fermentation, Destillation
Evaporation, Separation
Adsorption, Chromatographie*

Mechanische Verfahrenstechnik

Koaleszenzabscheider



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



THIELMANN ENERGIE TECHNIK GmbH
Dormannweg 48 · 34123 Kassel
Tel.: +49 561 50785-0
E-Mail: info@gts-thielmann.de
Website: www.gts-thielmann.de

Tröpfchenabscheider



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



THIELMANN ENERGIE TECHNIK GmbH
Dormannweg 48 · 34123 Kassel
Tel.: +49 561 50785-0
E-Mail: info@gts-thielmann.de
Website: www.gts-thielmann.de

Vibrationstechnik



Thermische Verfahrenstechnik

Abluftreinigungsanlagen



ENVIROTEC® GmbH
63594 Hasselroth
Tel.: +49 6055 88 09-0
info@envirotec.de · www.envirotec.de



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



A CECO ENVIRONMENTAL BRAND

**WK Wärmetechnische Anlagen
Kessel- und Apparatebau GmbH**
Industriestr. 8-10
D-35582 Wetzlar
Tel.: +49 641 92238-0 · Fax: -88
E-Mail: info@wk-gmbh.com
Website: www.wk-gmbh.com

Vakuumsysteme

www.vacuum-guide.com

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

Verdampfer



THIELMANN ENERGIE TECHNIK GmbH
Dormannweg 48 · 34123 Kassel
Tel.: +49 561 50785-0
E-Mail: info@gts-thielmann.de
Website: www.gts-thielmann.de

Wärmekammern



Bauer GmbH
Eichendorffstr. 62
46354 Südlohn
Tel.: +49 2862 709-0
info@bauer-suedlohn.com
www.bauer-suedlohn.com



DENIOS SE
Dehmer Str. 54-66
32549 Bad Oeyenhausen
Fachberatung: +49 800 753 000-3



Will & Hahnenstein GmbH
D-57562 Herdorf
Tel.: +49 2744 9317-0 · Fax: 9317-17
info@will-hahnenstein.de
www.will-hahnenstein.de

ABB	22	Easyfairs Deutschland	6	Kaeser Kompressoren	25	Steute Technologies	49
Aerzener Maschinenfabrik	26	Envirotec	50	Karlsruher Institut für Technologie	12	TAC Insights	6
Alino	50	Evonik Operations	46	Lewa	49	Thielmann	50
Angst + Pfister	40	Expertants	42	Lutz Pumpen	50	Toray Membrane Europe	16
Aquaenergy	19	Findeva	50	Messe Erfurt	42	TU Dresden	10
BASF	6	GEMÜ Gebr. Müller	50	Netzsch Pumpen & Systeme	30	TUM	10
Bauer Südlohn	50	Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh)	7, 11	Noge Technik	50	TÜV Süd Industrie Service	38
Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg	10	Grundfos	29	Paul Bungartz	28	Universität Duisburg-Essen	8
Bühler Technologies	31	Haus der Technik	2. US, 11	Phoenix Contact	34	Venjakob	50
CAD Schroer	49	Hima Paul Hildebrandt	49	Prominent	25	Verein Deutscher Ingenieure (VDI)-GVC	8
Concept Heidelberg	7	Hosokawa Alpine	7	Qumsult	48	Vogelbusch	50
Dechema	11, 12, 42	HS-Umformtechnik	50	R. Stahl	36	Wika Alexander Wiegand	7
Denios	50	Ing.-Büro Pierre Strauch	50	RCT Reichelt Chemietechnik	50, Beilage	Will & Hahnenstein	50
Dickow Pumpen	32	Jessberger	21, 50, 4. US	Spetec	5, 29	WK Wärmetechnische Anlagen Kessel- und Apparatebau	50

Impressum

Herausgeber

GDCh, Dechema e.V., VDI-GVC

Verlag

Wiley-VCH GmbH
Boschstraße 12, 69469 Weinheim
Tel.: +49 6201/606-0,
processtechnology@wiley.com,
www.processtechnology.wiley.com

Geschäftsführer

Dr. Guido F. Herrmann

Group Vice President

Harriet Jeckells

Publishing Director

Steffen Ebert

Produktmanager

Dr. Michael Reubold
Tel.: +49 6201/606-745
michael.reubold@wiley.com

Chefredakteurin

Dr. Etwin Gandert
Tel.: +49 6201/606-768
etwin.gandert@wiley.com

Redaktion

Dr. Volker Oestreich
voe-consulting@web.de

Redaktionsassistentz

Lisa Colavito
Tel.: +49 6201/606-018
lisa.colavito@wiley.com

Fachbeirat

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 2025

10 Ausgaben im Jahr
Druckauflage 15.000
IWW Auflagenmeldung: Q3 2025
Gesamtverbreitung 18.980
davon 4.094 E-Paper (tVA)



Bezugspreise Jahres-Abo 2025

10 Ausgaben 234,40 €, zzgl. MwSt.
Schüler und Studenten erhalten unter
Vorlage einer gültigen Bescheinigung
50 % Rabatt.

Im Beitrag für die Mitgliedschaft bei der
VDI-Gesellschaft für Chemieingenieurwesen
und Verfahrenstechnik (GVC) ist der Bezug
der Mitgliederzeitschrift CITplus enthalten.

CITplus ist für Abonnenten der Chemie
Ingenieur Technik im Bezugspreis enthalten.
Anfragen und Bestellungen über den
Buchhandel oder direkt beim Verlag (s. o.).

Wiley GIT Leserservice

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

Abbestellung nur bis spätestens 3 Monate
vor Ablauf des Kalenderjahres.

Produktion

Wiley-VCH GmbH
Boschstraße 12
69469 Weinheim

Bankkonto

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

Herstellung

Jörg Stenger
Melanie Radtke (Anzeigen)
Elli Palzer (Layout/Litho)

Anzeigen

Zurzeit gilt die Anzeigenpreisliste
vom 1. Oktober 2025

Stefan Schwartz
Tel.: +49 6201/606-491
sschwartz@wiley.com

Thorsten Kritzer
Tel.: +49 6201/606-730
tkritzer@wiley.com

Hagen Reichhoff
Tel.: +49 6201/606-001
hreichhoff@wiley.com

Sonderdrucke

Bei Interesse an Sonderdrucken
wenden Sie sich bitte an
Stefan Schwartz,
sschwartz@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 einge-
sandte Manuskripte übernehmen wir keine Haftung!
Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung
der Redaktion und mit Quellenangaben gestattet.
Dem Verlag ist das ausschließliche, räumliche und
inhaltlich eingeschränkte Recht eingeräumt, das Werk/
den redaktionellen Beitrag in unveränderter oder
bearbeiteter Form für alle Zwecke beliebig oft selbst zu
nutzen oder Unternehmen, zu denen gesellschafts-
rechtliche 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

Pumpen & Systeme

robust und leistungsstark

SICHER UND ZUVERLÄSSIG



Made in
Germany



ATEX
2014/34/EU



Geprüfte
Qualität

Für
dünnflüssige
bis hochviskose
Medien

- Elektrische und druckluftbetriebene Fasspumpen sowie Containerpumpen
- Horizontale und vertikale Exzentrerschneckenpumpen
- Druckluftmembranpumpen
- Dickstoffdosierpumpen
- Manuelle Handpumpen
- Kreiselpumpen
- Abfüllanlagen
- Pumpenzubehör



jesspumpen.de

JESSBERGER®
pumps and systems

JESSBERGER GmbH

Jägerweg 5 - 7
D-85521 Ottobrunn

Tel.: +49 (0) 89 - 66 66 33 400
info@jesspumpen.de
www.jesspumpen.de

