



VDI energie + umwelt

ZUKUNFT GESTALTEN: SMART • EFFIZIENT • NACHHALTIG

S p e c i a l:

Erneuerbare
Energien & hybride
Anwendungen



ENERGIEVERTEILUNG

Digitale Revolution
im Umspannwerk

SMART METERING

WAN-Technologien für den
Smart Meter Rollout

CHEMIKALIEN

Suche nach
fluorfreien Dichtungen



Jetzt VDI energie + umwelt upgraden: Mit dem E-Paper- Abonnement

Für nur
67,20 EUR
inkl. MwSt.

NEU: Nachfolgetitel von BWK und UmweltMagazin



Sie wollen jederzeit und überall Zugriff haben auf VDI energie + umwelt, um immer über die technisch und wirtschaftlich machbaren Lösungen informiert zu sein, damit die nachhaltige Energietransformation in Ihrem Unternehmen erfolgreich ist? Dann sichern Sie sich zusätzlich zu den 6 VDI energie + umwelt-Printausgaben pro Jahr auch Ihr Abo-Upgrade E-Paper: 67,20 EUR inkl. MwSt..

Ihre Vorteile: Downloadfunktion, Volltext-Suche, Lesezeichen, mobiloptimiertes Design, Zugriff auf das Archiv.



Technikwissen für Ingenieur*innen – jetzt bestellen:

ingenieur.de/abo-vdienergiuumwelt



Lassen Sie uns (wieder) über Chancen sprechen

Die gute Nachricht zuerst: in den ersten neun Monaten dieses Jahres haben die erneuerbaren Energien nach Angaben des Branchenverbands BDEW 56 % des Stromverbrauchs in Deutschland gedeckt. Es geht weiter voran mit dem Ausbau der Erneuerbaren. Besonders die Solarenergie erfährt derzeit einen Boom. Seit Anfang 2023 betrug allein der Zubau an Solarpaneelen auf Dächern, in der Fläche und auf Balkonen mehr als 20 GW an installierter Leistung – das entspricht gut und gerne der Leistung von 15 konventionellen Großkraftwerken, und das bei einer Bauzeit von nicht einmal zwei Jahren.

Doch angesichts der Weltlage mit Kriegen und Krisen ist das Thema Klima auf der Agenda merklich nach unten gerutscht. Daher ist es an dieser Stelle vielleicht umso wichtiger, wieder mehr über die Chancen zu sprechen, die sich aus der Transformation von der fossilen Welt hin zu einer 100 % fossilfreien Welt der Zukunft ergeben. Darin ist der weitere Ausbau der erneuerbaren Erzeugung „nur“ der weithin sichtbare Teil. Die weit aus komplexere Aufgabe ist es, die Projekte und wirtschaftlichen Aktivitäten konsequent nachhaltig zu planen, umzusetzen und zu betreiben. Nur so lässt sich das angestrebte Ziel „Netto-Null“ nachhaltig und fair erreichen. Für Vattenfall bedeutet Nachhaltigkeit, zu einer nachhaltigen Entwicklung der Gesellschaft als Ganzes beizutragen und so seinen Teil der Verantwortung für künftige Generationen zu tragen. Das Konzept steht auf den drei

Pfeilern Wirtschaftlichkeit, Umwelt und Soziales.

Und was bedeutet das nun konkret, zum Beispiel im Bereich der Offshore-Windenergie? Wann ist ein Meereswindpark nachhaltig? Hier haben wir vier Handlungsfelder definiert, auf denen wir

„Es gilt, die Latte immer ein wenig höher zu legen, um die hoch gesteckten Ziele für Klimaschutz und Nachhaltigkeit zu erreichen.“

zusammen mit unseren Partnern und Auftragnehmern nachhaltige Konzepte vorantreiben: der CO₂-Fußabdruck entlang der Wertschöpfungskette, die Erhöhung und Nutzung der Quote wiederverwertbarer Materialien, den Erhalt oder gar die Verbesserung der Biodiversität, und die soziale Verantwortung gegenüber den Menschen, die durch unsere Aktivitäten oder die unserer Auftragnehmer beeinflusst werden.

Beim CO₂-Fußabdruck sehen wir deutliche Fortschritte. Für die Turmelemente modernerer Windenergieanlagen nutzen wir bereits die Möglichkeit, CO₂-armen Stahl zu verwenden. Die Bauschiffe der neuesten Generation, die in unseren

Offshore-Projekten eingesetzt werden, fahren emissionsärmer. Im Hinblick auf die Quote wiederverwertbarer Materialien können bereits heute rund 85 % einer Windenergieanlage wiederverwertet werden, bis 2030 wir haben uns das Ziel von 100 % gesetzt. Dies gilt auch für die noch schwer recycelbaren Rotorblätter, die künftig ein zweites Leben als Fassadelemente oder als Ski haben könnten.

Auch das Thema Biodiversität nimmt eine positive Entwicklung. Neben den Lärmschutzmaßnahmen beim Bau oder der Minderung des Kollisionsrisikos von Vögeln während des Betriebs unserer Windparks erproben wir, wie sich die Biodiversität durch spezielle Designs der Gründungsstrukturen erhöhen lässt. Erste Ergebnisse zeigen, dass zahlreiche Arten die Fundamente der Windturbinen als Lebensraum annehmen.

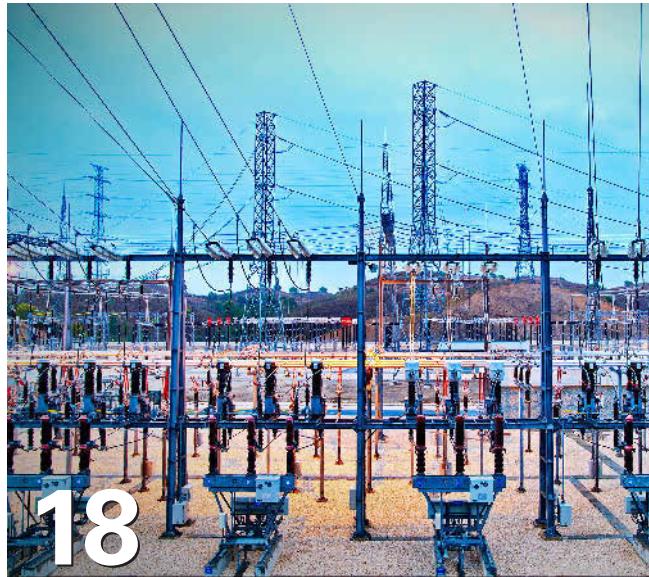
Dies sind einige Beispiele für kontinuierliche Verbesserungen. Es gilt, die Latte immer ein wenig höher zu legen, um die hoch gesteckten Ziele für Klimaschutz und Nachhaltigkeit zu erreichen. Letztlich ist dies kein Selbstzweck, sondern auch eine Frage der Wettbewerbsfähigkeit und der gesellschaftlichen Akzeptanz. ■



Dr.
**Eva
Julius-Philippe**

Meeresbiologin und
Leiterin des Bereichs
Umwelt und Nachhaltigkeit
bei Vattenfall

Foto: Vattenfall/Rolf Otipka

**18**

Innovative Ansätze wie die kurative Systemführung optimieren das bestehende Stromnetz. Wie das in der Praxis funktionieren kann, erarbeitet das Forschungsprojekt „kurSyV“. Foto: PantherMedia/fonsecanuno

**32**

Ein Unternehmen aus Israel stellt aus Restabfällen bei Temperaturen unter 200 °C Ersatzstoffe als Teilersatz für konventionelle Kunststoffe her. Sie lassen sich in vielen Kunststoffprodukten einsetzen. Foto: UBQ Materials

Standpunkt

- 3** Lassen Sie uns (wieder) über Chancen sprechen
Eva Julius-Philipp

Special: EE & hybride Anwendungen

- 6** Digitale Revolution im Umspannwerk
Digitaler Zwilling beschleunigt Planung und Weiterentwicklung
- 10** Modernisierung mittels Echtzeitdaten
Unterstützung der Nachfrage nach umweltbewussten Technologien
- 14** Industrielle Dekarbonisierung mit Wasserstoff
Würgen Wasserstoff-Herstellungskosten den Markt-Hochlauf ab?
- 18** Forschungsprojekt kurSyV
Wie kurative Maßnahmen das deutsche Stromnetz effektiver auslasten können
- 20** Mehr Klimaschutz für kleines Geld
Herausfinden, was sich kurz- und langfristig lohnt

DigitalForum

- 22** Aktuelles
- 24** DATENQUALITÄT
Datengewinnung für den CSDR-Nachhaltigkeitsbericht
Daten aus Umwelt- und Energiemanagementsystemen in der Nachhaltigkeitsberichterstattung nutzen
- 28** SMART METERING
WAN-Technologien für den Smart Meter Rollout
Breitband-Powerline-Technologie bewährt sich in der Praxis

UmweltForum

- 30** Aktuelles
- 32** RECYCLING
Kunststoffharze direkt aus Restabfall
Wertvolle Ressourcen zurückgewinnen
- 34** KREISLAUFWIRTSCHAFT
Runde Sache qua Design
Nachhaltige Kunststoffwirtschaft
- 37** RECYCLING
Geklebte Folien effizient recyceln
Folienrecycling
- 40** CHEMIKALIEN
Suche nach fluorfreien Dichtungen
Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen

WERKSTOFFE

Vibrieren, um zu Entspannen
Energieeffizient Werkstücke bearbeiten

EnergieForum

- 46** Aktuelles
- 48** STROMNETZE
Großbritanniens Herausforderungen mit Gleichstromleitungen
Gleichstromleitungen und Netzstabilität
- 53** INSTANDHALTUNG
Bahn frei dank Thermografie
Vorausschauende und zustandsorientierte Instandhaltung

- 57** NACHHALTIGKEITSBERICHTE
Transparentes
Nachhaltigkeitsmanagement
Corporate Sustainability Reporting Direktive

Aus Forschung & Entwicklung

- 64** KREISLAUFWIRTSCHAFT
Kreislauffähiges E-Fahrzeug
- 65** ENERGIESPEICHER
Hybrid-Energiespeichersysteme



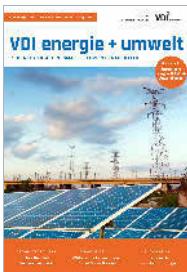
Für die vorausschauende und zustandsorientierte Instandhaltung ihres großen Netzes nutzt die Deutsche Bahn seit 40 Jahren Thermografie – mit Wärmebildkameras von Teledyne Flir. Foto: Teledyne Flir

Rubriken

- 12** Impressum
- 56** Vorschau
- 59** Organschaften
- 62** Aus den Unternehmen
- 63** Produkte
- 66** Literatur

Beilagen:

WEtell GmbH,
XPO Messe
Kontakt GmbH



Die Energiewende ist in vollem Gang. Damit sie nicht ins Stocken gerät, müssen einige Parameter stimmen. Insgesamt ist es die Digitalisierung, die wesentliche Impulse liefert, unser komplexes Energiesystem an kommende Energieformen zu adaptieren. Lesen Sie in dieser Ausgabe, welche Ansätze derzeit in der Entwicklung sind, um unser Land für fit für die umfassende Nutzung erneuerbarer Energien zu machen.

Foto: PantherMedia/gyn9037

Alle
Newsletter
kostenfrei



Immer auf dem
neuesten Stand:
Mit VDI Fachmedien-
Newsletter

Sie wollen als Ingenieur oder Ingenieurin immer auf dem neuesten Stand sein, wenn es um zukunftsweisende und praxisnahe Fachinformationen geht. Oder wenn Sie für Ihre berufliche Tätigkeit Expert*innenwissen aus Wissenschaft und Forschung, aus Wirtschaft und Produktion benötigen. Dann nutzen Sie jetzt die kostenfreien VDI Fachmedien-Newsletter mit ihren brandaktuellen Online-Beiträgen der Zeitschriften:

Bauingenieur,
Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft,
HLH, Konstruktion, Technische Sicherheit,
VDI energie + umwelt, VDI-Z,
wt Werkstattstechnik online.



Jetzt auswählen und bestellen!

Technikwissen für Ingenieur*innen

ingenieur.de/news



Simon Rümmele, Projektleiter im Bereich Netzentwicklung bei der naturenergie netze GmbH: „Mit Eplan können wir die Standardisierung und ein effizienteres Engineering der Sekundärtechnik vorantreiben.“ Foto: Eplan/Rittal

Digitaler Zwilling beschleunigt Planung und Weiterentwicklung

Digitale Revolution im Umspannwerk

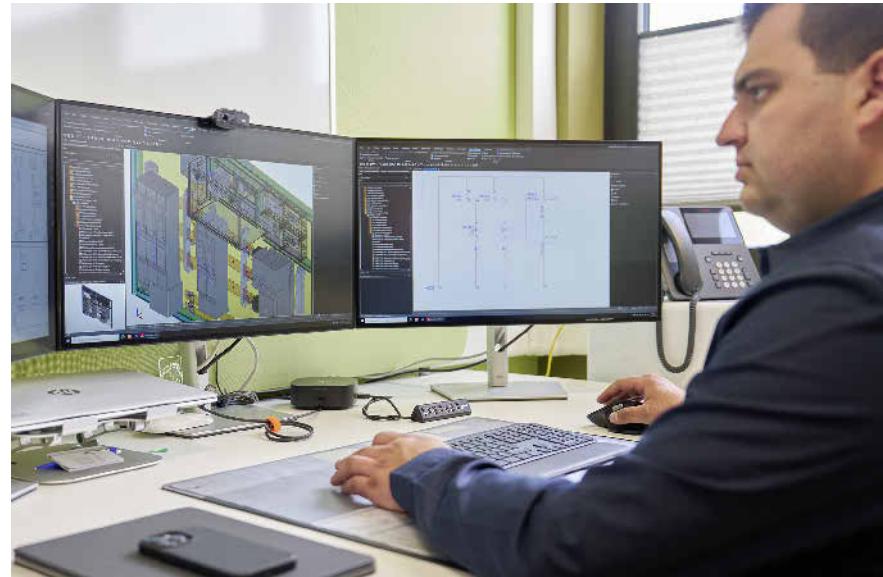
Der Energiesektor steht unter Hochdruck. Verteilnetzbetreiber im deutschen Stromnetz müssen ihre Infrastruktur für die Energiewende fit machen – und das schnell. Bis 2030 sollen 80 Prozent des Stroms aus erneuerbaren Energien kommen. Wie mehr Tempo in die Modernisierung von Umspannwerken kommt, zeigt ein Pilotprojekt bei der naturenergie netze GmbH. Mit den Software-Anbietern Eplan und entegra arbeitet der süddeutsche Verteilnetzbetreiber erstmalig an einem Digitalen Zwilling, der Planung und Weiterentwicklung von Umspannwerken immens beschleunigt.

Verteilen war einmal. Über Jahrzehnte wurde Energie tatsächlich einfach verteilt, in eine Richtung, von den kontinuierlich laufenden Kohle- und Atomkraftwerken über Umspannwerke bis – mehrfach heruntertransformiert – zu den Endverbraucherinnen und -verbrauchern. Aus dieser ruhigen „Einbahnstraße“ ist, um im Bild des Straßenverkehrs zu bleiben, ein belebtes Straßennetz in Innenstadtlage geworden. Der aktuelle Energie-Mix wechselt stündlich mit Wind und Wetter, eine verlässliche Grundlast gibt es kaum noch. Außerdem speisen Windkraft- und Solaranlagenbetreiber dezentral auf Mittel- und Niederspannungsebene ein, das Stromnetz arbeitet jetzt also im Zweirichtungsbetrieb. E-Auto-Ladestationen und Wärmepumpen sorgen für zusätzlichen Verbrauch, und auch die altbekannten Lastprofile mit dem „Peak“ am frühen Abend haben keine Gültigkeit mehr. Die Qualität der Versorgung muss aber immer gewährleistet sein, ebenso die 50-Hz-Frequenz.

Netzbetreiber stehen vor einer Mammutaufgabe. Sie müssen ihre Netze für diese komplexen Anforderungen fit machen. Für naturenergie netze gehören dazu der Neubau, aber auch die Modernisierung einiger bestehender Umspannwerke. Dabei besteht die Herausforderung nicht nur darin, die Werke an den steigenden Strombedarf anzupassen. Sie müssen vielmehr für eine weitaus größere Flexibilität ertüchtigt werden, was Energiequellen und -flüsse sowie die exakte Steuerung des Stroms betrifft.

Ein digitaler Zwilling

Die naturenergie netze hat sich frühzeitig darauf eingestellt und arbeitet aktuell an einem Pilotprojekt im Rahmen der Modernisierung einer Anlage. Der Umbau des Umspannwerks Rheinfelden wird dabei mit einem digitalen Konzept geplant und projektiert. Neu ist die Vorgehensweise bereits bei der Vorarbeit. Rainer Beck, Koordinator im Bereich Netzentwicklung bei der naturenergie netze: „Bevor wir in die Planung gehen, erstellen wir einen digitalen Zwilling des Umspannwerks, also ein digitales Abbild mit allen Daten sowohl für die stromführenden Komponenten – die Primärtechnik – als auch für die Steuerungsebene – die Sekundärtechnik – und natürlich für die



Engineering mit Eplan: Bei der Modernisierung von Sekundärtechnik – also der Steuerungs- und Schaltanlagen – setzt naturenergie netze auf 3-D-Planungs-Software von Eplan. Foto: Eplan/Rittal



Partnerschaftlich in die Zukunft (v.l.n.r.): Simon Rümmele (naturenergie netze), Jan-Oliver Kammesheidt (Eplan), Rainer Beck (naturenergie netze) und Matthias Schuy (entegra) erarbeiten in enger Zusammenarbeit eine „Projekt-Blaupause“. Die trägt dazu bei, dass sich Stromnetze zukunftsfähig ausbauen lassen – mit hoher Effizienz. Foto: Eplan/Rittal

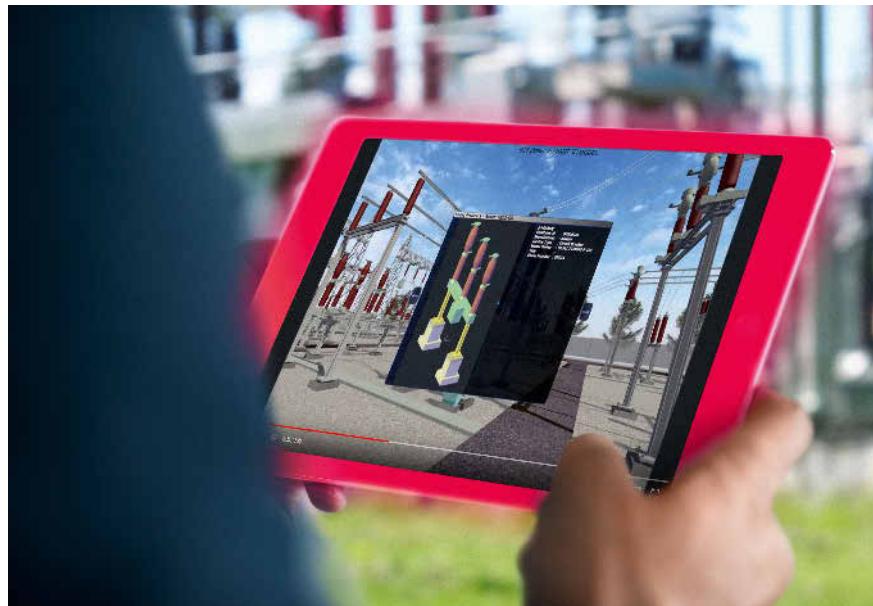
Gebäude mit der gesamten Peripherie. Dieser digitale Zwilling ist die Grundlage für unsere Umbauplanung.“

Diese Aufgabe ist auch deshalb anspruchsvoll, weil Primär- und Sekundärtechnik mit unterschiedlichen CAD-Software-Tools geplant werden. Lösbar wurde sie bei diesem Pilotprojekt dadurch, dass sich zwei führende Anbieter – entegra mit der Software-Lösung „primtech“ für die Primärtechnik und Eplan für die Sekundärtechnik – in dem VDE-ETG-Arbeitskreis „Digitale Zwillinge für Elektrische Energiesysteme“ auf eben das

vorbereiteten, was naturenergie netze für den ersten (Vor-)Planungsschritt benötigte: die Zusammenführung von Primär- und Sekundärtechnik in einem einheitlichen Modell.

Deutlicher Effizienzgewinn

Für dieses bislang einmalige Vorhaben suchten entegra und Eplan nach einem innovativen Verteilnetzbetreiber, der als Dritter im Bund ein Pilotprojekt einbringt. Da kam der Kontakt zu naturenergie netze gerade recht – zumal es sich um



Neustart im Umspannwerk: Der digitale Zwilling als Grundlage für die Planung. Foto: Eplan/Rittal

ein komplexes Projekt handelt. „Wir werden hier die gesamte Sekundärtechnik in einem vorhandenen und sehr komplexen Umspannwerk erneuern – und das bei laufendem Betrieb“, so Beck. Der Anreiz, sich an diesem Projekt zu beteiligen, ist offensichtlich: „Die Planung und Umsetzung der Modernisierung würde normalerweise zwei bis drei Jahre dauern. Mit der neuen Planungsmethodik wird es deutlich schneller gehen.“ Davon sind alle Beteiligten überzeugt. Matthias Schuy, Business Development Manager bei entega: „Was wir hier machen – Primär- und Sekundärtechnik eines Umspannwerks in einem digitalen Zwilling zu integrieren –, ist bisher einzigartig und verspricht großen Nutzen.“ Kann man das konkreter fassen? „Natürlich“, sagt Beck. „Schließlich müssen wir nachweisen, dass sich der Einmalaufwand, den wir investieren, schnell amortisiert. Nach der ersten Projektphase der Vorplanung zeichnet sich eine deutliche Zeiteinsparung beim Umbau von Umspannwerken ab – und das bei jedem Projekt.“

Ein Modell für alle Nutzer

Im ersten Schritt des Projekts wurden das Umspannwerk gescannt, die Typenschilder fotografiert und die erzeugten Primärtechnik-Daten mit denen aus dem Asset Management System abgeglichen. Als Ergebnis entstand ein valides, funktionales Primtech-3-D-Modell des Umspannwerks. Die in primtech erstellten Datensätze wurden dann über eine Schnittstelle vollautomatisch nach Eplan exportiert und darauf basierend wurde die Sekundärtechnik in Eplan geplant. Abschließend wurden die Daten aus der Sekundärtechnik in den digitalen Zwilling integriert. Diese Arbeiten sind nahezu abgeschlossen. Mit der Dokumentation des Ist-Zustands wurde die Basis für den effizienten Austausch der Sekundärtechnik des Umspannwerks gelegt. „Das ist ein ganz wichtiger Schritt. Alle Daten sind verifiziert. Grundsätzlich wird das Prinzip 'Single Source of Truth' beachtet. Dabei bleiben die Daten in den ursprünglichen Systemen unangetastet und werden

mit dem digitalen Zwilling verknüpft. So lassen sich Redundanzen vermeiden, die zukünftig problematisch werden könnten“, erklärt Jan-Oliver Kammesheidt, Global Vertical Market Manager Energy bei Eplan.

Bei der Architektur des gemeinsamen Datenmodells haben die Beteiligten – ganz im Sinne des Zwillingsgedankens – eine besondere Infrastruktur verwirklicht. „Es gibt nicht ein führendes System, sondern nur verschiedene Sichten auf ein und dasselbe Modell. Der digitale Zwilling macht jeweils ein Fenster auf zu den Systemen – zum Beispiel von primtech zu Eplan oder zu SAP. Damit erfüllt der digitale Zwilling eine seiner wesentlichen Funktionen, nämlich an zentraler Stelle Zugriff auf alle relevanten Informationen des Umspannwerks zu bieten“, sagt Schuy.

Sekundärtechnik standardisieren

Erleichtert oder überhaupt erst möglich wurde die Dreierkonstellation von entega, Eplan und dem Verteilnetzbetreiber, weil naturenergie netze vor zwei Jahren die Eplan-Software-Lösungen „Electric P8“ und „Pro Panel“ für die Planung der Sekundär-, sprich Steuerungstechnik eingeführt hat. Dafür verantwortlich war und ist Simon Rümmele, Projektleiter im Bereich Netzentwicklung bei der naturenergie netze: „Mit Eplan können wir die Standardisierung und ein effizienteres Engineering der Sekundärtechnik vorantreiben – und eine durchgängige Planung, die wir auch im Betrieb nutzen können, für die vorbeugende Instandhaltung und für Revisionen.“

Vom Maschinenbau lernen

Das Projekt zeigt: Die Anwender in der Elektrizitätswirtschaft profitieren von Erfahrungen und Lösungen aus dem Maschinenbau. Dort – wo Eplan seit Jahrzehnten aktiv ist – ist die Standardisierung und „Industrialisierung“ der Steuerungs- und Schaltanlagentechnik fest etabliert. Dieser Schritt steht für Umspannwerke vielfach noch aus, aber er muss kommen. „Bisher wurden Umspannwerke individuell geplant und als Unikat wie in einer Manufaktur gebaut. Damit ist der Bedarf an Modernisierungen und Neubauten, den die Energiewende bedingt, aber nicht darstellbar.

DIE NATURENERGIE NETZE GMBH

... ist die Netzbetreiberin für Südbaden. Das Unternehmen macht Stromverteilnetze und kommunale Energieinfrastruktur leistungsfähig für die Zukunft und sorgt für eine sichere Stromversorgung. Durch Modernisierung und Ausbau der entsprechenden Infrastruktur treibt sie die Energiewende voran. Das Netzgebiet umfasst im Westen die Region südlich von Freiburg bis zum Hochrhein, im Osten vom Bodensee bis nördlich von Villingen-Schwenningen. Die naturenergie netze GmbH gehört zur deutsch-schweizerischen naturenergie holding AG.

www.naturenergie-netze.de



Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokument ist ausschließlich für die interne Verwendung bestimmt.
Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.

Die Branche muss deutlich mehr standardisieren als bislang üblich. Wir unterstützen dabei und sind froh, dass wir mit naturenergie netze einen innovativen Partner gefunden haben. Mit dem gemeinsamen digitalen Zwilling für Primär- und Sekundärtechnik beschleunigen wir den Prozess erheblich und machen ihn zugleich sicherer“, erklärt Kammesheidt.

Starke Partner für den Umbau

Genau das ist die Absicht von naturenergie netze, wie Rümmele erläutert: „Wir möchten und müssen mehr digitalisieren, weil wir hier Chancen und Erleichterungen für die Zukunft sehen. Deshalb probieren wir neueste Technologien aus und werden in unserem Umspannwerk in Rheinfelden auch weitere Piloten einsetzen. Und mit Rittal, dem Schwesterunternehmen von Eplan, haben

wir zudem einen starken Partner für den Umbau der 'Hardware', der gesamten Schaltschranktechnik, an Bord.“

Auch die Standardisierung, für die der gemeinsame digitale Zwilling von entegra und Eplan eine Voraussetzung schafft, stand schon länger auf der Agenda von naturenergie netze. „Wir können uns vorstellen, im 110-kV-Bereich zwei Standardkonzepte und -gebäude zu nutzen, auf deren Basis wir Varianten bilden. Daran arbeiten wir auch mit den zentralen Primärzulieferern. Das wird ebenfalls Zeit und Planungsaufwand sparen. Und das müssen wir, denn wir werden gezwungen sein, einen Großteil unserer Umspannwerke an die veränderten Anforderungen anzupassen. Der digitale Zwilling und die Vorarbeiten, die entegra und Eplan leisten, werden uns dabei helfen. In partnerschaftlicher Zusammenarbeit erarbeiten wir hier wirklich eine Innovation, die dazu beiträgt, dass wir unsere Netze zukunftsfähig ausbauen

können – mit hoher Effizienz“, meint Beck.

Ergebnisse für alle Netzbetreiber relevant

Aber nicht nur naturenergie netze wird von dem Projekt profitieren. Kammesheidt: „Die Verteilnetzbetreiber tauschen sich offen aus, weil sie nicht im Wettbewerb stehen. Schon jetzt ist das Interesse groß. Ich bin sicher: Was wir hier und in der VDE-Arbeitsgruppe erarbeiten, werden viele Netzbetreiber für sich nutzen, um ihre Umbau- und Neubauprojekte schneller planen und umsetzen zu können.“ ■

www.eplan.de

Gerald Scheffels

Freier Fachjournalist

SOLARSOLUTIONS-DÜSSELDORF
SMART STORAGE EV CHARGING GREEN HVAC

27. & 28. November 2024
Messe Düsseldorf

Die Leitmesse für Experten erneuerbarer Energien in Nordrhein-Westfalen

Erwerben Sie Ihr kostenloses Ticket mit unserem individuellen Einladungscode

ENERGIEUMWELT24

Part of **SUSTAINABLE SOLUTIONS EUROPE**



Foto: Hexagon/AdobeStock



Unterstützung der Nachfrage nach umweltbewussten Technologien

Modernisierung mittels Echtzeitdaten

Die Welt steht unter enormem Transformationsdruck, um eine nachhaltige Zukunft zu gestalten. Versorgungsunternehmen müssen im operativen Bereich Modernisierungen durchführen, wobei die Nutzung von Echtzeitdaten entscheidend ist. Diese Daten ermöglichen es, Stromgewinnung und -verbrauch zu überwachen und Anpassungen vorzunehmen.

Angesichts der Besorgnis über den Klimawandel, die Verknappung natürlicher Ressourcen und der Umweltzerstörung ist die Umstellung auf nachhaltige Verfahren dringend geboten.

Die Energiewirtschaft ist Teil dieses Wandels durch die Einführung umweltfreundlicher dezentraler Alternativen zu fossilen Brennstoffen. Dies bringt jedoch Herausforderungen hinsichtlich der Stabi-

lität und Zuverlässigkeit von Stromnetzen mit sich.

Netzplanung: vom Alten zum Neuen

Früher basierte die Netzplanung auf einer vorhersehbaren Erzeugung aus zentralisierten fossilen Kraftwerken. Kohlekraftwerke sind kalkulierbare Quellen für den Grundbedarf, während Erdgaskraftwerke sich schnell an die Nachfrage anpassen.

Durch die Integration erneuerbarer Energien verringern Versorger ihren ökologischen Fußabdruck. Im 1. Quartal 2024 stammte der in Deutschland erzeugte Strom zu 58,4 % aus erneuerbaren Quellen¹⁾.

F U B N O T E

¹⁾ https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemeldungen/2024/06/PD24_219_43312.html

Dezentrale Energiequellen wie Sonnenkollektoren, haben jedoch zur Folge, dass die Abschätzung der Einspeisemengen kompliziert wird. Technologien wie Elektromobilität erhöhen den Druck auf die Versorgungsunternehmen, ihre Netze weiterzuentwickeln.

Auswirkungen der Mikrogeneration

Das Bestreben nach umweltfreundlicher Energieerzeugung und der Zuwachs dezentraler Energieressourcen (DER) haben tiefgreifende Auswirkungen auf die bestehende Infrastruktur von Energieversorgungsunternehmen (EVU). Die dezentralen Energieressourcen erzeugen, speichern oder verbrauchen Energie. Gängige Beispiele sind Photovoltaik (PV)-Anlagen, Elektrofahrzeuge und Ladestationen, Batterien und Wärmepumpen. Zwar verringert die Netzeinspeisung erneuerbarer Energie die Abhängigkeit von zentralen Kraftwerken, dies stellt aber auch neue Herausforderungen an das Netzmanagement. Zudem ist die Mikroerzeugung – wie beispielsweise mit PV-Anlagen – im Gegensatz zu herkömmlichen Kraftwerken witterabhängig, was die Vorhersage der Energieflüsse erschwert ist.

Um dieser Herausforderung gewachsen zu sein, müssen Versorgungsunternehmen in fortschrittliche Netzmanagementsysteme wie „Distributed Energy Resource Management Systems“ (DERMS) investieren.

Einführung von DERMS

Da erneuerbare Energiequellen in den Vordergrund des Erzeugungsmixes rücken und DERMS zu integralen Bestandteilen des gesamten Versorgungsnetzes werden, liegt das Hauptaugenmerk der EVU auf der effektiven Koordinierung der Lasten, um diese mit der intermittierenden und nicht-disponierbaren Erzeugung in Einklang zu bringen.

Mittels Kombination aus Hardware und Software ermöglichen DERMS die Kommunikation und Steuerung von DER in Echtzeit. Die Implementierung hilft den Versorgern, die Kleinsterzeugung zu managen, indem überschüssige Energie gespeichert oder ins Netz zurückgespeist werden kann. Dadurch lässt sich die Abhängigkeit von zentralen Kraftwerken verringert sowie eine effizientere Nutzung der Energie und die Reduzierung der Nachfragespitzen sicherstellen.



Solarparks und Windkraftanlagen gehören zu den beliebtesten Formen erneuerbarer Energien.

Foto: Hexagon

Angesichts der wachsenden Menge an Daten, die EVU zunehmend aus unterschiedlichen Quellen erhalten, ist es jedoch schwierig, daraus verwertbare Erkenntnisse abzuleiten. Ohne eine einfache Möglichkeit, diese Informationen mit raumbezogenen Daten anzureichern, sind Versorgungsunternehmen nicht in der Lage, Big-Data-Analysen durchzuführen und Künstliche Intelligenz (KI) zu nutzen, um Vorhersagen über Verbrauch und Zuverlässigkeit zu treffen.

Geospatial Asset Management

Um ihre Erkenntnisse zu vertiefen, haben sich Versorgungsunternehmen auf herkömmliche Geographische Informationssysteme (GIS) verlassen. Nun aber müssen sie feststellen, dass die Integration von Lösungen der nächsten Generation und die digitale Transformation durch veraltete Systemwelten behindert wird.

Steigende Anforderungen an qualitativ hochwertige Netzmodelle und die nahtlose Integration mit anderen Systemen verschärfen diese Herausforderungen zusätzlich. Die Anforderungen der Regulierungsbehörden, Berichte über Zustand, Wartung, Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit der Netze sowie Versorgungsunterbrechungen zu erbringen, führen dazu, dass bisherige GIS-Lösungen durch Geospatial Asset Management (GeoAM)-Systeme erweitert werden sollten.

Ein GeoAM-System leistet wesentliche Unterstützung bei Investitionsplanungen zur Netzmodernisierung, zur Effizienzsteigerung der Anlagenverwaltung und

Optimierung der Geschäftsprozesse. Um optimales Monitoring zu gewährleisten, benötigen Ingenieurinnen und Ingenieure, IT-Verantwortliche und Führungskräfte eine vollständige digitale Darstellung ihrer Netze, Anlagen und Betriebsmittel – dieses bietet eine GeoAM-Lösung. Das digitale Modell wird in Echtzeit aktualisiert und ist für mehrere Benutzerinnen und Benutzer im jeweils erforderlichen Format zugänglich.

Netzausgleich mit Echtzeitdaten und digitalen Zwillingen

Um Versorgungsnetze besser verwalten zu können, steht zudem die Technologie des digitalen Zwillinges zur Verfügung – unabdingbar angereichert mit raumbezogenen Informationen. Digitale Zwillinge liefern ein detailliertes Bild des Netzes und wertvolle Einblicke in den Netzbetrieb. Durch einen digitalen Zwilling lassen sich Probleme proaktiv angehen, bevor sie eskalieren. Denn ein digitaler Zwilling liefert Erkenntnisse, um Muster zu identifizieren, und unterstützt fundierte Entscheidungen auf Grundlage datengestützter Prognosen. Die Nutzerinnen und Nutzer können auch Bereiche identifizieren, in denen Netzverbesserungen und -verstärkungen erforderlich sind, insbesondere im Hinblick auf Einspeisepunkte von dezentralen externen Energiequellen.

Darüber hinaus ermöglichen die Echtzeit-Einblicke eines digitalen Zwillinges, Live-Informationen über Energieerzeugung, -verbrauch und -verteilung zu überwachen. So können EVU die Leistung aus



dezentraler Solarstromerzeugung analysieren und den Netzbetrieb entsprechend anpassen. Im Bereich E-Mobilität lassen sich Echtzeitdaten zu Lademustern und bidirektionalem Stromfluss zur Optimierung des Ladevorgangs nutzen. Und Batterien von E-Fahrzeugen können dazu verwendet werden, überschüssige Energie in das Netz einzuspeisen, um die Netzstabilität in Spitzenlastzeiten zu unterstützen.

Insgesamt profitieren die Versorgungsunternehmen von einer einzigen Informationsquelle – dem digitalen Zwilling, unabhängig davon, ob Mitarbeitende vom Büro oder im Außendienst, ob mit PC, Notebook oder mobilem Gerät auf das Modell zugreifen. Damit ist eine bessere Visualisierung, Analyse und Entscheidungsfindung im gesamten Unternehmen möglich.

Blick in die Zukunft

Niemand kann sich neuen Technologien verschließen. Der Druck von außen erhöht sich, der Übergang zu erneuerbaren Energiequellen und die Modernisierung der Infrastruktur der Versorgungsunternehmen sind unumgänglich. Neue Technologien helfen den Versorgern zwar, ihre Nachhaltigkeitsziele zu erreichen, sind aber auch mit Herausforderungen verbunden. Durch die Einführung von DERMS und digitalen Zwillingen werden EVU in der Lage sein, Angebot und Nachfrage besser auszugleichen, die Netzstabilität zu gewährleisten und gleichzeitig erneuerbare Energiequellen effektiv zu integrieren.

Die Entwicklung eines robusten digitalen Netzmodells, das alle Aspekte des Netzbetriebs berücksichtigt, ist eine kom-

plexe Aufgabe. Mit der weiteren Entwicklung dieser Technologien werden die Versorgungsunternehmen besser in der Lage sein, sich an die sich verändernde Energiewirtschaft anzupassen und ein widerstandsfähigeres und nachhaltigeres Netz anzubieten. ■

<https://hxgnutilities.com/de/>

Maximilian Weber



Senior Vice President
Utilities & Communications
der Safety, Infrastructure & Geospatial Division
von Hexagon

Foto: Hexagon

I M P R E S S U M

VDI energie + umwelt

ISSN 2942-734, 1. Jahrgang 2024

VDI energie + umwelt ist der Nachfolgetitel der Fachzeitschriften BWK (ISSN 1618–193X) und UmweltMagazin (ISSN 0173–363X).

Herausgeber

Verein Deutscher Ingenieure e. V., Düsseldorf

Organschaften

VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (VDI-GEU),
Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FFE) e. V., München,
VAIS Verband für Anlagentechnik und IndustrieService e. V., Düsseldorf
Verband der Betriebsbeauftragten e. V. (VBU), Essen
Verband für Nachhaltigkeits- und Umweltmanagement e. V. (VNU), Bad Soden

Redaktion

Elke von Rekowski, Chefredakteurin
Telefon: +49 211 6103–526
evonrekowski@vdi-fachmedien.de
Dr. Ralph H. Ahrens, Redakteur
Telefon: +49 211 6103–326
rahrens@vdi-fachmedien.de
Dipl.-Phys.-Ing. Udo Schnell
Redaktionsleitung VDI Fachmedien
Telefon: +49 211 6103–104
uschnell@vdi-fachmedien.de
Sandra Schüttler, Redaktionsassistentin
Telefon: +49 211 6103–124
sschuettler@vdi-fachmedien.de

Redaktionsbeirat

Dr.-Ing. Jochen Theloke, VDI-GEU, Düsseldorf
Prof. Dr.-Ing. Harald Bradke, Fraunhofer ISI, Karlsruhe
Dr.-Ing. Anna Gruber, FfE, München
Lennart Schleicher, Vorsitzender VNU, Frankfurt am Main
Prof. Dr.-Ing. Hans-Friedrich Hinrichs,

Geschäftsführer KTB GmbH, Gladbeck
Martin Ittershausen, Pressesprecher Umweltbundesamt, Dessau
Claudia Nauta, Produktmanagerin DGQ, Frankfurt am Main
Prof. Dr.-Ing. Klaus Gerhard Schmidt, Wissenschaftlicher Direktor Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V. (IUTA), Duisburg
Bernhard Schwager, Vorsitzender VBU, Essen

Autorenhinweise/Veröffentlichungsgrundlagen:
vdi-energie-umwelt.de

Verlag

VDI Fachmedien GmbH & Co. KG
Unternehmen für Fachinformationen
VDI-Platz 1, 40468 Düsseldorf
Postfach 10 10 22, 40001 Düsseldorf
Commerzbank AG
SWIFT/BIC-Code: DRES DE FF 300
IBAN: DE69 3008 0000 0212 1724 00

Geschäftsleitung

Ken Fouhy, B. Eng.

Layout

Ulrich Jöcker

Leitung Sales Solutions

Petra Seelmann-Maedchen
Telefon: +49 211 6188–191
pmaedchen@vdi-nachrichten.com

Anzeigenverkauf

CrossMediaConsulting
Wolfgang Ernd GmbH
Wichmannstraße 4 – Haus 1, 22607 Hamburg
Arnd Walgenbach
Telefon: +49 40 881449–370
Fax: +49 40 881449–11
awalgenbach@crossmediaconsulting.de

Es gilt der Anzeigentarif Nr. 1
vom 1. Januar 2024.

Vertrieb und Leserservice

Leserservice VDI Fachmedien
65341 Eltville
Telefon: +49 6123 9238–202
Fax: +49 6123 9238–244
vdi-fachmedien@vuservice.de

Bezugspreise

6 Ausgaben jährlich
(1/2, 3/4, 5/6, 7/8, 9/10,
11/12 als Doppelausgaben)
Jahresabonnement: € 366,10 (E-Paper € 314,60)
VDI-Mitglieder: € 329,49 (E-Paper € 283,14)
nur für persönliche Mitglieder
Studenten: € 160,50 (E-Paper € 137,80)
gegen Studienbescheinigung
Preise Inland inkl. MwSt.,
Ausland exkl. MwSt. zzgl. Versandkosten
(Inland: € 13,50, Ausland: € 22,14,
Luftpost auf Anfrage)
Einzelausgabe: € 62.– Inland inkl. MwSt.,
Ausland exkl. MwSt. zzgl. Versandkosten
Die Mindestlaufzeit beträgt 12 Monate.
Im Anschluss an die Mindestlaufzeit ist das
Abonnement jeweils zum Monatsende kündbar.

Druck
KLIMO AG, Hütte 53, 4700 Eupen, Belgien

Copyright

Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.
Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar.
Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen. Für unverlangt eingesandte Manuskripte kann keine Gewähr übernommen werden.

Weitere Informationen:
vdi-energie-umwelt.de

Auflage IVW-geprüft





Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokument ist ausschließlich für die interne Verwendung bestimmt.
Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.



Wasserstoffkompetenz als Wettbewerbsvorteil

Mit gezielten Schulungen zur Wasserstofftechnologie führen Sie Ihr Unternehmen in eine nachhaltige Zukunft

Unternehmen stehen vor der Herausforderung, den Energieträger Wasserstoff in ihre Produktionsabläufe einzubinden und Expertise aufzubauen. Insbesondere in Unternehmen mit energieintensiven, nicht elektrifizierbaren Prozessen, wie der Stahl- und Chemieindustrie sowie Mobilitätsanwendungen wird bereicheübergreifend Personal gesucht. Nicht nur befähigtes und technisches Personal

benötigt Weiterbildungen, auch Führungskräfte suchen aktuell nach Wissen als Grundlage für Entscheidungen über die Energieversorgung und den Einsatz von Wasserstoff und seinen Derivaten wie Methanol und Ammoniak. Hier setzen unsere Grundlagen-Seminare an, die später durch praxisorientierte Lehrgänge in Zusammenarbeit mit der Hochschule Hannover ergänzt werden.

Grundlagen und Wirtschaftlichkeit der Wasserstofftechnologie

In diesem Seminar vermitteln wir Ihnen ein tiefes Verständnis für die Grundlagen und wirtschaftlichen Aspekte der Wasserstofftechnologie.

- Einführung in die Wasserstofftechnologie
- Analyse der Kosten-Nutzen-Relationen und Rahmenbedingungen
- Konkrete Einsatzmöglichkeiten und Praxisbeispiele

Grundlagen der Wasserstoffinfrastruktur

Lernen Sie in diesem Seminar praxisnah technische Grundlagen und Methoden von Wasserstoffverteilungssystemen kennen.

- Aufbau der Infrastruktur
- Technologien für Transport und Verteilung
- Zukunftsperspektiven und Nachfrageentwicklung

Grundlagen der Wasserstoffspeicherung

Dieses Seminar bietet Ihnen umfassende Informationen zu verschiedenen Technologien und Möglichkeiten der Wasserstoffspeicherung.

- Übersicht zu Speichertechnologien
- Bewertung der Effizienz und des Kapazitätlimits
- Zukunftsaussichten und Innovationspotenziale

Der Arbeitsmarkt im Bereich Wasserstoff befindet sich im Aufbau, und es herreicht ein Mangel an Fachkräften. Es ist essenziell, dem Fachkräftemangel entgegenzuwirken und die eigenen Ressourcen durch gezielte Weiterbildung zu stärken.



Zu den Seminaren ►



Expertise und Tipps rund um Wasserstoff finden Sie hier:
tuev-nord.de/wissen/wasserstoff



Würgen Wasserstoff-Herstellungskosten den Markt-Hochlauf ab?

Industrielle Dekarbonisierung mit Wasserstoff

Breit angelegte Transformationen auf neue Energieträger erfordern einerseits Marktnachfrage, andererseits den Aufbau von Produktionsanlagen, Transport- und Verteil-Infrastruktur. Das Dilemma dabei: Hohe Herstellungskosten und Marktpreise erschweren den Aufbau des Nachfragemarktes, staatlicher Druck auf industrielle Nachfrager gefährdet deren Wettbewerbsfähigkeit, begründet Standort-Schließungen beziehungsweise Verlagerungen.

Genau dieses Dilemma zeigt sich bei der Entwicklung des Wasserstoffmarktes. Grundsätzliches Interesse an Wasserstoff ist in vielen Anwendungsbereichen vorhanden. Sobald allerdings Kosten und Verfügbarkeit betrachtet werden, kommt es zur Ernüchterung: Das politisch favorisierte Wunschprodukt grüner Wasserstoff wird absehbar nur in minimalen Mengen verfügbar bleiben. Auch bei künftigen, groß skalierten Produktionsanlagen betragen die zu erwartenden spezifischen Kosten mindestens 5 €/kg H₂. Soll das rein auf regenerative Stromerzeugung gestützte Konzept „Klimaneutrales Deutschland 2045“ ohne ausländische Unterstützung umgesetzt werden, benötigt allein die stromerzeugende Industrie für mehrtägige Speicherzwecke grünen Wasserstoff im Umfang von rund 3 Mio. t/a zur Rückverstromung einschließlich Deckung von Verlusten im Speicherzyklus¹⁾. Zur Herstellung dieser Menge aus vollständiger Verwendung von Überschüssen der regenerativen Stromerzeugung ist eine Elektrolyseleistung von rund 200 GW²⁾ erforderlich.

Für die industrielle Nachfrage als Prozessmedium gibt der Nationale Wasserstoffrat in seinem Grundlagenpapier vom 3. Mai 2024 [1] für das Jahr 2030 einen jährlichen Bedarf an klimaneutralem Wasserstoff von 1,7 bis 2,5 Mio. t H₂ an, die sich bei Erhalt der Industrien bis 2045 auf 7,5 bis 12,0 Mio. t H₂ erhöhen könnte. Diese Mengen sind in den nächsten



Foto: Adobe Stock/palangsi

Jahrzehnten als grüner Wasserstoff weder in Deutschland herstellbar noch durch Importe aus anderen Ländern zu ersetzen.

Eine Priorisierung der Anwendungsbereiche, wie in [2] beschrieben, liegt nahe. Außerdem müssen alternative Herstel-

F U ß N O T E N

¹⁾ Bei kostenoptimaler Verteilung der Speicher-aufgabe auf Akkumulatoren und grünen Wasser-stoff.

²⁾ Ergebnis einer eigenen, unveröffentlichten Projektionsrechnung und Modellierung.

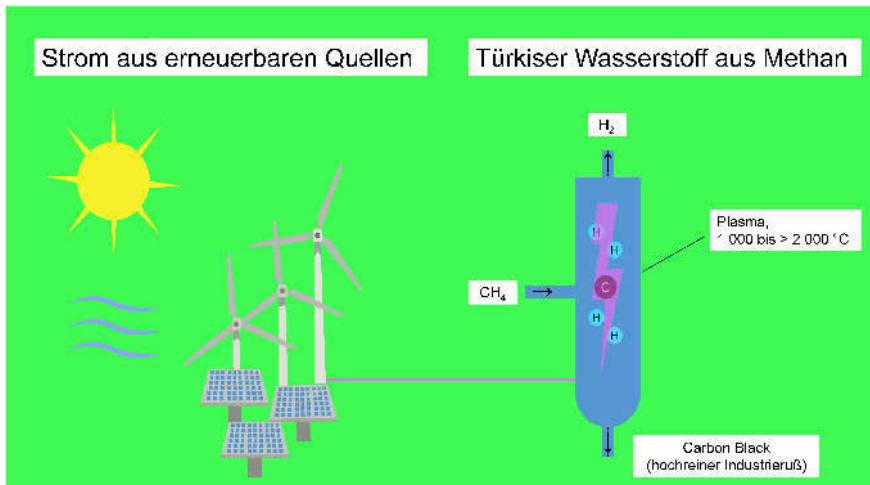


Bild 1 Schema der Hochtemperatur-Plasma-Pyrolyse. Grafik: Thomas Glimpel

lungsverfahren für klimaneutralen Wasserstoff in Betracht gezogen werden.

Elektrolytisch erzeugter Wasserstoff

Elektrolytisch erzeugter Wasserstoff trägt nur dann zur Minderung der CO₂-Emissionen bei, wenn die Bereitstellung von Elektrolysestrom nicht die Substitution fossiler Brennstoffe in der Stromerzeugung verhindert oder verzögert. Solange nicht sichergestellt ist, dass in einer Strommarkt-Region neue Elektrolysen überwiegend mit zusätzlich er-

zeugtem klimaneutralen Strom betrieben werden, verstärkt ihr Betrieb sogar die CO₂-Freisetzung: Bei Elektrolysestrom aus einem modernen, erdgasgefeuerten Kraftwerk ist die CO₂-Freisetzung je Tonne Wasserstoff etwa um den Faktor 1,5 höher als bei konventionell hergestelltem Wasserstoff aus Dampfreformierung von Methan, bei Strom aus einem der effizientesten Braunkohlekraftwerke sogar um mehr als Faktor 4.

Auf absehbare Zeit ist die Voraussetzung, dass die Inbetriebnahme neuer Elektrolysen keine negativen Auswirkungen auf das Emissionsgeschehen in der fossi-

gefeuerten Stromerzeugung hat, weder in Deutschland noch in Regionen mit erhöhtem Exportpotenzial gegeben. Dies muss bei Import-Überlegungen neben den erheblichen Mehrkosten für Transport und gegebenenfalls mehrfache Umwandlungsprozesse (wenn besser transportierbare Stoffe, wie zum Beispiel Ammoniak oder Methanol, hergestellt werden sollen) berücksichtigt werden.

Sinnvoller, als teure Elektrolyseanlagen unter Inkaufnahme langjähriger Emissionsnachteile betreiben zu müssen, sind alternative Produktionsverfahren für zumindest weitgehend klimaneutralen Wasserstoff aus Erdgas.

Wasserstoff aus Erdgas

Schweren Herzens und gegen einige Widerstände akzeptiert die Bundesregierung blauen Wasserstoff als Übergangstechnologie. Blauer Wasserstoff wird aus Erdgas nach dem klassischen Verfahren der Dampfreformierung gewonnen, ergänzt um eine Anlage zur CO₂-Abscheidung (Steam-Methan-Reforming, SMR; Carbon-Capture and Storage, CCS). Das abgetrennte CO₂ wird in unterirdische Lagerstätten verpresst, vorzugsweise unterhalb der Nordsee in sehr tiefen Formationen, die bei der Öl- und Erdgasgewinnung erschlossen wurden. Ein aktueller Vergleich zeigt, dass blauer Wasserstoff aus heutiger

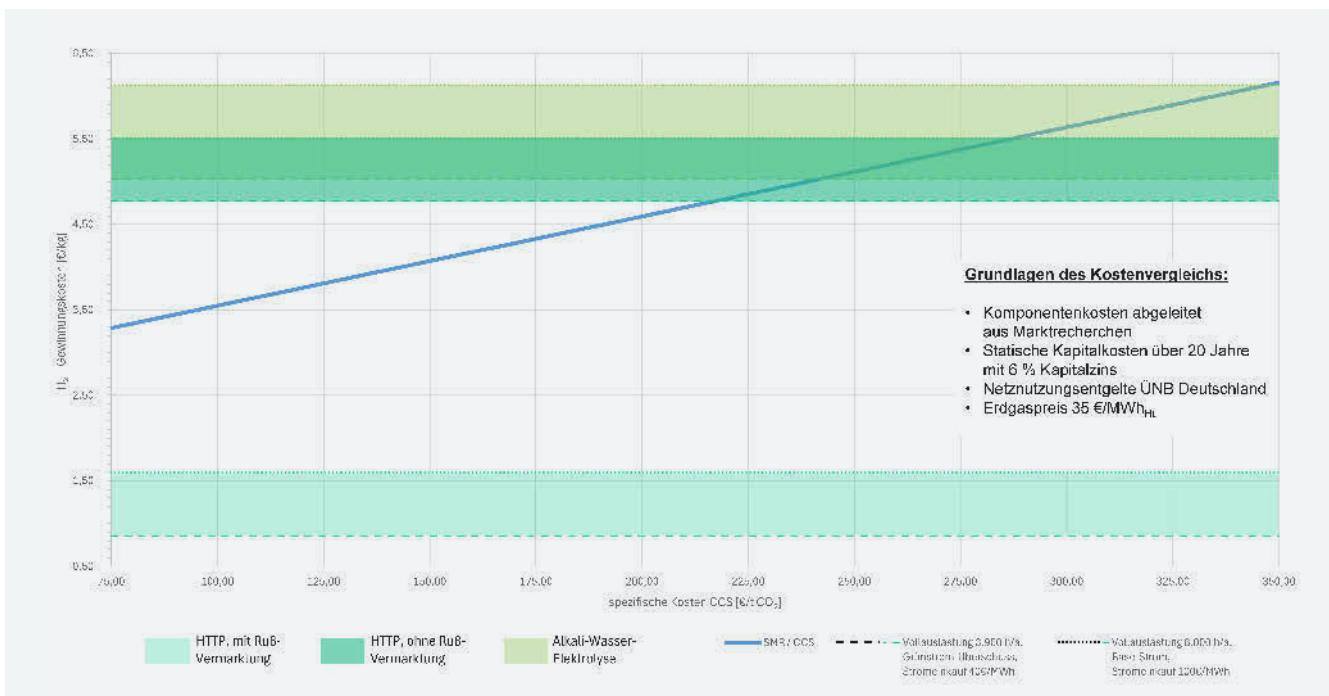


Bild 2 Kostenvergleich Wasserstoff-Gewinnung. Grafik: Adobe Stock/Oscarchen/Thomas Glimpel



Sicht die kostengünstigste Methode zur Gewinnung klimaneutralen Wasserstoffs ist. Dies wird sich allerdings ändern, wenn neue Lagerstätten für CO₂ erschlossen werden müssen beziehungsweise Marktpreise für Lagerkapazität durch immer höhere Inanspruchnahme steigen. Eine enge Korrelation mit der Entwicklung der EUA-Preise (European Union Allowances für CO₂-Emissionen) ist wahrscheinlich. Auch die EUA-Preise steigen auf längere Sicht: Verschmutzungsrechte werden bewusst verknappiert, und durch steigende Preise sollen auch teurere Emissionsminderungsmaßnahmen angereizt werden.

Gegenüber einer Wasserstofffarbe waren die Entscheiderinnen und Entscheider in Politik und Wirtschaft bisher erstaunlich blind: Türkis, die Farbe, die pyrolytisch aus Methan gewonnenen Wasserstoff markiert.

Methan-Pyrolyse

Auch bei der Methan-Pyrolyse (**Bild 1**) wird durch Zufuhr hoher Mengen hochwertiger Energie ein Methan-Molekül aufgespalten. Anders als bei SMR/CCS sind die Endprodukte nicht Wasserstoff und CO₂, sondern bei vollständiger Methan-Umsetzung Wasserstoff und hochfeiner kristalliner Kohlenstoff. Besonders gut geeignet für die großtechnische Wasserstoff-Gewinnung ist die Hochtemperatur-Plasma-Pyrolyse (HTPP). In einem elektrischen Lichtbogen wird Methan in den Plasma-Zustand gebracht, die Kerne der Atome werden in einen so hohen Energiezustand versetzt, dass sie sich voneinander lösen.

HTPP ist bereits entwickelt und industriell erprobt, wird bisher aber zur Gewinnung von hochreinem Kohlenstoff (Industrieruß) beziehungsweise Acetylen genutzt, Wasserstoff als Produkt stand bisher nicht im Fokus. Trotzdem wird es nach Einschätzung der Autoren etwa fünf bis sieben Jahre dauern, bis großtechnische Anlagen einen wahrnehmbaren Teil der Nachfrage bedienen. Das klingt lang, ist verglichen mit dem Auf- und Ausbau von emissionsfreier Stromerzeugung, Elektrolysen, der benötigten nationalen Infrastruktur sowie der Erschließung von vertretbaren Importmöglichkeiten kein Ausschlusskriterium für türkisen Wasserstoff, ganz im Gegenteil.

Blauer Wasserstoff ist Kostenführer, aber ...

Ein Vergleich der komplett auf das Produkt Wasserstoff bezogenen Kosten

von Elektrolyse, SMR/CCS sowie HTPP zeigt, dass die spezifischen Kosten bei HTPP zwar geringer sind als bei Elektrolyse, aber immer noch deutlich teurer als bei SMR/CCS (**Bild 2**). Diese Relation ändert sich signifikant, wenn dem zweiten werthaltigen Produkt Industrieruß Markt Erlöse gutgeschrieben werden. Je Tonne Wasserstoff entstehen bei HTPP 3 t Industrieruß, der aktuell zu einem Weltmarktpreis von über 1 400 US-\$/t gehandelt wird. Durch Vermarktung dieses Koppelprodukts reduzieren sich die remanenten Kosten für Wasserstoff aus HTPP auf etwas weniger als 1 €/kg, das ist geringer als die Herstellungskosten durch konventionelle Dampfreformierung ohne CO₂-Abscheidung. Der Wermutstropfen dabei: für Industrieruß gibt es eine weltweite Nachfrage von knapp 20 Mio. t/a. Insofern wird nur eine begrenzte Menge von Wasserstoff aus HTPP diesen Kostenvorteil genießen können. Trotzdem, bis die Marktpreise für Industrieruß auf eine zunehmende Vermarktung dieses Koppelprodukts aus HTPP reagieren, könnte eine hohe Produktionskapazität für türkisen Wasserstoff realisiert werden. Würde zum Beispiel der komplette Wasserstoffbedarf für eine Direkt-Reduktionsanlage bei ThyssenKrupp (knapp 150 kt/a) kostengünstig über HTPP erzeugt, stünde daraus eine vermarktbares Industrieruß-Menge von 450 kt/a zur Verfügung, weniger als 3 % des weltweiten Bedarfs.

Frühe Investments in die HTPP-Technologie würden belohnt, bis die Kostenentlastung durch Koppelprodukt-Vermarktung nachlässt. Später steigende Kosten für die Erschließung und Nutzung von CO₂-Lagerstätten wären ein Ausgleich für nachgebende anfängliche Kostenvorteile. Die nachweislich nicht klimaschädliche Lagerung eines später vielleicht nicht mehr vermarktbares Kohlenstoffs lässt sich kostengünstig in ehemaligen Tagebauen realisieren, die für diese Zwecke vorgehalten werden könnten. Falls der Erfindungsgeist von Ingenieurinnen und Ingenieuren sowie Chemikerinnen und Chemikern weitere attraktive Anwendungen von reinem Kohlenstoff aufdeckt, stellen diese Lagerstätten ein interessantes Rohstoffpotenzial dar.

Elektrolytisch aus Kernenergie hergestellter Wasserstoff erfüllt unter bestimmten Voraussetzungen eine taxonomisch privilegierte Einordnung der EU. Türkiser Wasserstoff hingegen ist bisher nicht als nachhaltig anerkannt. Soweit Erdgas als

Methanquelle verwandt wird, wäre diese Einordnung bedingt noch nachvollziehbar, nicht jedoch bei Einsatz von Methan aus Biomasse oder stofflicher Wiederverwertung.

Sowohl türkiser Wasserstoff als auch elektrolytisch aus Kernenergie hergestellter Wasserstoff unterstützen eine wirtschaftlich vertretbare industrielle Dekarbonisierung. Mit politischem Pragmatismus, Unternehmergeist und Ingenieurskunst kann HTPP ein aussichtsreicher Weg sein für die Nationen, die nicht auf Kernenergie setzen wollen. ■

L i t e r a t u r

- [1] Nationaler Wasserstoffrat (NWR): Update 2024: Treibhausgaseinsparungen und der damit verbundene Wasserstoffbedarf in Deutschland. Grundlagenpapier, 3.5.2024, https://www.wasserstoffrat.de/fileadmin/wasserstoffrat/media/Dokumente/2024/2024-05-03_NWR-Grundlagenpapier_Update_2024_Wasserstoffbedarf.pdf, zuletzt abgerufen am 26.9.2024.
- [2] Glimpel, Th.; Grellmann, K.: Rarität grüner Wasserstoff – Wer wird bevorzugt bedient? et Energiewirtschaftliche Tagesfragen 73 (2023), Nr. 5, S. 32-35.



Dr.
T h o m a s G l i m p e l

Unabhängiger
Management-Berater

thomas.glimpel@t-online.de

Foto: Peter Zulauf



Dr.
**B e r n h a r d
K n e i s s e l**

Unabhängiger
Management-Berater

bernhard.kneissel@t-online.de

Foto: Schafgans DGPh



**50%
Rabatt***

Jetzt auf E-Paper-Teamlizenz umstellen und profitieren

Ihre Vorteile:

- * 50% Rabatt auf den regulären Jahresabonnementpreis.
Angebot nur gültig für das erste Jahr sowie nur für Neu-Abonnent*innen.
- E-Paper für den Desktop
- Downloadfunktion
- Zugriff auf das Archiv
- Volltext-Suche über das Archiv seit 2015
- E-Paper bereits fünf Tage vor Printausgabe verfügbar

Anzahl Nutzer*nen	Preise in EUR
1	314,60
2–5	629,20
6–10	943,80
11–50	1.258,40
> 50	1.573,00

Alle Preise brutto.

Ihre Zugänge:

- Bis 10 Nutzer*innen = personenbezogene Zugangscodes
- Ab 10 Nutzer*innen = IP-Range

Jetzt E-Paper-Lizenz VDI energie + umwelt bestellen!



Technikwissen für Ingenieur*innen

Leserservice VDI Fachmedien

T +49 6123 9238-202

E vdi-fachmedien@vuservice.de





Praxispartner Alterric: Wie kurative Maßnahmen das deutsche Stromnetz effektiver auslasten können

Forschungsprojekt kurSyV

Während erneuerbare Energien in Deutschland ständig neue Bestmarken im Strommix aufstellen, hinkt der Ausbau des Stromnetzes hinterher. In volatilen Zeiten könnte das zu Engpässen oder Überlastungen führen. Innovative Ansätze wie die kurative Systemführung optimieren das bestehende Stromnetz. Wie das in der Praxis funktionieren kann, erarbeitet im Forschungsprojekt „kurSyV“ Alterric zusammen mit dem Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik und sechs weiteren Partnern.

m ersten Halbjahr 2024 stammten mehr als 60 % der Stromerzeugung in Deutschlands aus erneuerbaren Energien (EE) [1]. Um die energiepolitischen Ziele der Europäischen Union und der Bundesregierung – einen EE-Anteil von 80 % bis 2030 – zu erreichen, braucht es neben dem Zubau der erneuerbaren Stromerzeugung auch einen raschen Ausbau des Stromnetzes. Doch der wird durch komplexe Genehmigungsverfahren und lange Projektlaufzeiten ausgebremst. Weil die Einspeisung von Strom aus Wind- und Solarenergie so stark zunimmt, steigt das Risiko für Netzüberlastungen oder Engpässe. Durch die Volatilität der erneuerbaren Energien entstehen zusätzlich variierende Auslastungssituationen, die die Netzbetreiber ausgleichen müssen – zum Beispiel durch sogenannte Redispatch-Maßnahmen. Diese sind nicht nur technisch anspruchsvoll, sondern auch teuer. Die Kosten gehen in die Milliarden und werden zum Teil an Verbraucherinnen und Verbraucher weitergereicht. Um diese finanzielle Belastung zu reduzieren, braucht es dringend alternative Ansätze.

Um das Stromnetz stabil zu halten, nutzen Netzbetreiber präventive Maßnahmen und halten bei ihren Betriebsmitteln stets Kapazitäten frei. Diese Maßnahmen schaffen zwar Versorgungssicherheit, haben aber zur Folge, dass das Stromnetz nicht so stark ausgelastet werden kann, wie es technisch möglich wäre. Daher

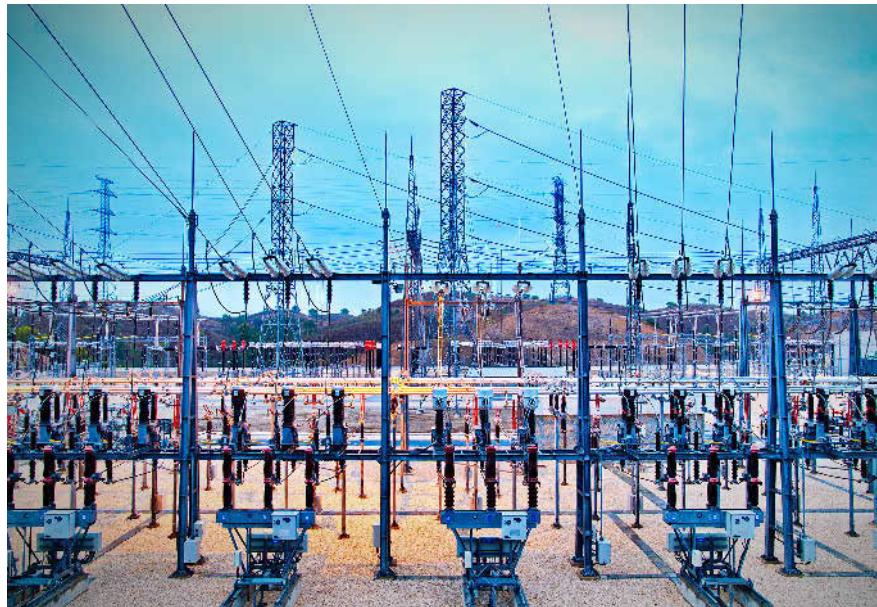


Foto: PantherMedia/fonsecanuno

sind neben dem Ausbau des Stromnetzes innovative Ansätze erforderlich, um die Systemführung zu optimieren und eine effektivere Nutzung zu ermöglichen. Hier kommen sogenannte kurative Maßnahmen ins Spiel. Wie diese in der Praxis umgesetzt werden können, untersucht das kürzlich gestartete Forschungsprojekt „kurative Systemführung im Verteilnetz“ (kurSyV) von Alterric und dem Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE sowie sechs weiteren Partnern.

Innovative Maßnahmen sorgen für Möglichkeit der Höherauslastung

„Eine kurative Systemführung kann helfen, die bestehende Netzinfrastruktur besser auszunutzen und reduziert notwendige präventive Maßnahmen gegen Engpässe. Mit dem innovativen Ansatz werden thermische Reserven genutzt – also die Fähigkeit zum Beispiel von Leitungen, kurzfristig höhere Ströme ohne unmittelbare Überhitzung zu tragen –

und sie greift erst nach dem Eintreten von vorab definierten Störungen ein“, sagt Dr.-Ing. Denis Mende, KurSyV-Projektpartner vom Fraunhofer IEE. Während die derzeit eingesetzten präventiven Maßnahmen Überlastungen vorbeugen, wird nicht das ganze Potenzial des Stromnetzes ausgeschöpft. Mit einer kurativen Systemführung kann das Stromnetz höher ausgelastet werden, ohne dabei die Netzstabilität zu gefährden – da im Normalbetrieb weniger Kapazitäten für Störfälle vorgehalten werden müssen. Im Falle einer Störung bringen hochgradig automatisierte Eingriffe das Stromnetz nahezu in Echtzeit wieder in einen sicheren Betriebszustand. In der Theorie gestaltet eine kurative Systemführung auch den Anschluss von EE-Anlagen sicherer, ohne dabei den wirtschaftlichen Betrieb zu gefährden. „Wie das in der Praxis – vor allem für Netzbetreiber – gelingen kann, erforschen wir gerade im Forschungsprojekt KurSyV“, so Mende.

Kurative Maßnahmen für die Praxis

„Frühere Forschungsarbeiten, etwa das Projekt 'InnoSys 2030', machten bereits das erhebliche Potenzial der kurativen Systemführung deutlich“, so Mende. InnoSys 2030 untersuchte, wie das im Jahr 2030 verfügbare Stromnetz durch eine innovative Systemführung noch mehr Leistung bei gleichbleibender Systemsicherheit erbringen kann. Im Projekt wurden nicht nur theoretische Grundlagen für ein kuratives Engpassmanagement im deutschen Strom-Übertragungsnetz erarbeitet. Es präsentierte auch konkrete Handlungsoptionen, die nun im Nachfolgeprojekt KurSyV auf Relevanz, Wirksamkeit und Praxistauglichkeit für das Verteilnetz überprüft werden. Dabei steht das 110-kV-Verteilnetz im Fokus: Das Hochspannungsnetz spielt eine zentrale Rolle beim Energietransport von Umspannwerken zu regionalen Verteilnetzen. Neben der Versorgung von größeren Städten und Industriegebieten bezieht das 110-kV-Netz auch das Potenzial von EE-Anlagen, Speichersystemen oder Verbrauchern wie großen Ladeparks mit ein. Da die Einspeisung von EE-Strom wie Wind- und Solarenergie in die Verteilnetze stark zugenommen hat, könnten diese Verteilnetze trotz bereits geplanter Maßnahmen und langfristigem Netzausbau zu einem Engpassfaktor werden.“



Foto: Alterric

PROJEKT DATEN KURSYV

Das Forschungsvorhaben „kurative Systemführung im Verteilnetz“ (KurSyV) entwickelt neue, kurzfristig umsetzbare Konzepte für die kurative Systemführung im 110-kV-Netz. Das im Mai 2024 gestartete und für drei Jahre angesetzte Forschungsvorhaben wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert (Förderkennzeichen 03EI6119). Das Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE übernimmt die Projektkoordination. Neben der Alterric Deutschland GmbH sind am Vorhaben beteiligt: Westnetz GmbH, Siemens AG, Universität Kassel (Fachgebiet Energiemanagement und Betrieb elektrischer Netze) sowie die assoziierten Partner LEW Verteilnetz GmbH, WRD Wobben Research & Development GmbH, Amprion GmbH.



denanlagen möglichst effektiv eingebunden werden. Damit sollen die Zusammenarbeit zwischen Netzbetreibern und Energieakteuren besser koordiniert und der EE-Zubau unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit beschleunigt werden. „KurSyV soll einen aktiven Beitrag dazu leisten, die Netze besser auszulasten und die Integration erneuerbarer Energien weiter voranzutreiben“, fasst Mende das wichtigste Projektziel zusammen.

Kurative Maßnahmen als Baustein für die deutsche Energiewende

KurSyV wird ein weiterer wichtiger Baustein für die deutsche Energiewende und die Optimierung des Stromnetzes sein. „Dank KurSyV könnten kurzfristig mehr erneuerbare Energiequellen in das bestehende Netz integriert werden“, ist sich Mende sicher. Das Projekt erarbeitet nicht nur Musterlösungen samt individuellen Anpassungsmöglichkeiten für Netzbetreiber, um die kurativen Maßnahmen in der Praxis umzusetzen. Es könnte auch einen großen volkswirtschaftlichen Nutzen mit sich bringen, denn die kurative Systemführung kann den Einsatz teurer präventiver Redispatch-Maßnahmen reduzieren, um das Stromnetz stabil zu halten. Zugleich gewinnen die Netzbetreiber mit der kurativen Systemführung für den notwendigen Netzausbau Zeit. Da die Stromnetze durch eine kurative Systemführung höher ausgelastet werden, nimmt das etwas Druck aus dem dringend nötigen Ausbau der Stromnetzinfrastruktur. Es wird ihn aber keinesfalls ersetzen. ■

Literatur

- [1] Statistisches Bundesamt (Destatis): Stromerzeugung im 1. Halbjahr 2024: Mehr als 60 % aus erneuerbaren Energien. Pressemitteilung Nr. 334 vom 4.9.2024, https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2024/09/PD24_334_43312.html, zuletzt abgerufen am 30.9.24.

Tammo Fleßner

Experte für elektrische Anschlusskonzepte und technischen Betrieb und Projektverantwortlicher bei Alterric Deutschland
 tammo.flessner@alterrict.com

Foto: privat



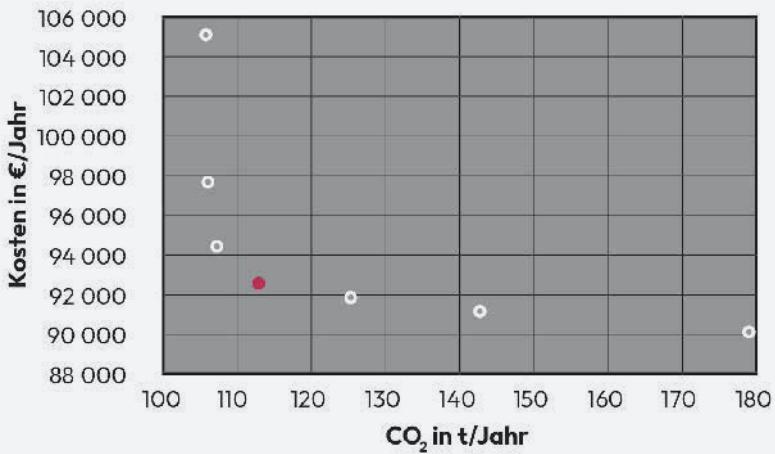
Herausfinden, was sich kurz- und langfristig lohnt

Mehr Klimaschutz für kleines Geld

Politische Ziele wie Dekarbonisierung, Wärmewende, Klimaneutralität, CO₂-Reduktion und entsprechende Gesetze zwingen Energieversorger und Industrieunternehmen zum Umbau ihrer Versorgungs- und Produktionssysteme. Erneuerbare Energien stärker integrieren, Elektromobilität vorantreiben, Fernwärmesysteme unabhängiger von fossilen Energieträgern aufstellen und viele weitere To-dos stehen auf der Agenda – und kosten Geld.

Potenziell kann die Transformation hin zu mehr Klimaneutralität immense Kosten verursachen. Das muss aber nicht sein. Oft gibt es Möglichkeiten, die schon für kleines Geld Einiges bewirken können, sowohl kurz- als auch langfristig. Doch in den komplexen Energiesystemen in EVU und in der Industrie gibt es zu viele Stellschrauben, deren mögliche Kombinationen und Auswirkungen nur schwer zu überblicken sind. Daher ist es für Entscheiderinnen und Entscheider meist schwierig, diese vielversprechenden günstigen Möglichkeiten aufzudecken.

So wie Autofahrerinnen und Autofahrer sich auf ihr Navigationssystem verlassen können, das ihnen zum Beispiel die schnellste, die kürzeste und die ökonomischste Route zeigt, benötigen auch Unternehmen eine datenbasierte Entscheidungshilfe für die sinnvolle Transformation ihres Energiesystems. Oft liegt der optimale Weg irgendwo zwischen den Extremen und man ist zu Kompromissen bereit, also zum Beispiel etwas mehr Fahrzeit in Kauf zu nehmen, wenn dafür der Strom- beziehungsweise Kraftstoffverbrauch signifikant niedriger ist. Analog dazu reicht es in puncto Energiesystem nicht, die beiden extremen Möglichkeiten „kostengünstigster Weg, um Gesetze zum Klimaschutz zu erfüllen“ und „CO₂-neutralster Weg, bei dem die Kosten keine Rolle spielen“ zu kennen. Im Wesentlichen geht es darum, möglichst viel CO₂ zu möglichst geringen Kosten einzusparen – oder um die Beantwortung von Fragen



Exemplarischer Zusammenhang zwischen Kosten und CO₂-Ausstoß in einem Energiesystem, dargestellt als Pareto-Front. Wichtigste Erkenntnis (in rot): Mit relativ geringen Investitionen können bereits sehr niedrige CO₂-Emissionen erreicht werden. *Grafik: Kisters*

wie „Was kostet mich eine CO₂-Einsparung von 30 %?“ oder „Wie viel CO₂ kann ich sparen, wenn ich 100 000 € investieren kann – und wie mache ich das am besten?“

Um der Erfüllung von Gesetzen im Kontext der Energiewende (unter anderem Gesetz zur kommunalen Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze, Klimaschutzgesetz) und dem Erreichen von Klimazieln näher zu kommen, lassen sich in vielen Energiesystemen Möglichkeiten aufdecken, die man kurzfristig und ohne Investitionen allein durch die Nutzung vorhandener Freiheitsgrade umsetzen kann. Nicht nur in EVU, sondern insbesondere in der energieintensiven Industrie liegen große Potenziale,

Energie einzusparen, verstärkt erneuerbare Energien einzusetzen und so zum Abbremsen des Klimawandels beizutragen.

Den Zusammenhang von Kosten und CO₂ aufdecken

EVU und Industrieunternehmen benötigen datenbasierte Entscheidungshilfen, um ihre Investitionen im Sinne der Energiewende auf eine sichere Basis zu stellen. Mathematische Optimierungssysteme zeigen den Unternehmen kosten- und CO₂-optimale Handlungsoptionen und Zukunftsszenarien. Damit finden sie erstens schnell heraus, welche Möglichkeiten zur CO₂-Einsparung in ihrem aktuellen Energiesystem bereits kurzfristig und kosten-



günstig realisierbar sind, und zweitens, welche Wege und Investitionen für den Umbau ihres Systems langfristig sinnvoll sind. Da die Zusammenhänge zwischen Kosten und CO₂ in der Regel nicht linear sind und eben nicht gilt, dass jeder eingesetzte Euro eine bestimmte Menge an CO₂ einspart, findet man mit einer Optimierungslösung diejenigen Möglichkeiten heraus, die sich lohnen. Verschiedene Szenarien des unternehmensindividuellen Energiesystems lassen sich durchspielen.

So funktioniert's

Grundlage ist ein mathematisches Modell, das das Energiesystem eines Unternehmens möglichst realitätsnah und detailliert abbildet. Alle Anlagen werden mit ihren technischen Details (zum Beispiel Dimensionierungen, Kennlinien, Wirkungsgrade, Umrechnungsfaktoren) und besonderen Restriktionen (zum Beispiel Startkosten, Mindestzeiten, Gradienten) konfiguriert und über die jeweiligen Ressourcenströme miteinander verbunden. Dynamische Informationen (zum Beispiel Preise, Bedarfsprognosen) werden integriert.

Das detaillierte Modell kennt alle potenziellen Flexibilitäten, wie zum Beispiel den Einsatz von Speichern zur Entkopplung von Ressourcen, den Einsatz flexibler Verbraucher, die Erhöhung oder Reduzierung der Leistung einer Anlage, die Wahl anderer Erzeugungstechnologien zur Deckung der Nachfrage und Take or Pay. Darüber hinaus gehen technische oder vertragliche Rahmenbedingungen, die eingehalten werden müssen, in das Modell ein, also beispielsweise die Verpflichtung zur Deckung von Bedarfsprognosen, technische Kennlinien der Anlagen und logische Verknüpfungen zwischen Anlagen. Der Aufbau eines solchen Modells funktioniert am einfachsten über eine grafische Oberfläche und eine Tool-Box mit vorgefertigten Komponenten aus vielen Branchen und Einsatzbereichen (zum Beispiel jegliche Arten von Erzeugern, Speichern und Verbrauchern).

Die Modellkomponenten und die dynamischen Informationen werden von der Software in ein Gleichungssystem umgewandelt, mit dem unterschiedliche Größen (unter anderem Kosten, CO₂-Ausstoß, Primärenergieeinsatz, Erlöse am Spot-Markt, usw.) optimiert werden können. Und das nicht nur jeweils einzeln, sondern auch gleichzeitig und nach

Wunsch gewichtet – Stichwort „multikriteriell“. Damit werden Zusammenhänge sichtbar.

Für das Beispiel „Kosten versus CO₂“ bedeutet dies konkret: Sowohl der angestrebt CO₂-Ausstoß als auch die Kosten, um diesen zu erreichen, sollen möglichst gering sein; es gibt also zwei Größen, die minimiert werden sollen. In einer multikriteriellen Optimierung kann der Anwender oder die Anwenderin festlegen, wie sich die Zielfunktion anteilig aus Kosten und CO₂-Menge zusammensetzt. Der Bestandteil „Kosten“ fasst alle anfallenden Kosten (Arbeitspreise und Leistungspreise von Vertragskomponenten sowie Änderungs- und Startkosten von technischen Komponenten) zusammen; der Bestandteil „CO₂“ berücksichtigt automatisch alle Mengen, die über CO₂-Bezugs- oder -Lieferverträge abgebildet sind. Zusätzlich können für beide Bestandteile Obergrenzen gesetzt werden, die den Bereich der Optimierungsergebnisse einschränken.

Aussagekräftige Ergebnisse

Basierend auf dem Modell beziehungsweise Gleichungssystem ermittelt eine Pareto-Optimierung nun den Zusammenhang zwischen Kosten und CO₂ und stellt ihn grafisch in einer Pareto-Front dar, üblicherweise für ein Jahr (**Bild**). Die Front wird eingegrenzt durch die CO₂-minimale Lösung (oben links) und die kostenminimale Lösung (unten rechts). Dazwischen liegt gut ersichtlich der Punkt, bis zu dem weitere Investitionen sinnvoll sind (rot markiert), beziehungsweise ab dem noch höhere Investitionen keine nennenswerten Verbesserungen in puncto CO₂-Reduktion mehr bringen.

Um beispielsweise Fragestellungen wie „Wie viel Mehrkosten entstehen, wenn ich meine CO₂-Menge um 10 % reduzieren möchte?“ beantworten zu können, kann man eine Optimierung nach minimalen Kosten durchführen und dabei die CO₂-Menge auf maximal 90 % der kostenminimalen Lösung beschränken.

Die Ergebnisse der Optimierungsrechnung zeigen auch, welche Maßnahmen bereits im bestehenden System ohne oder mit nur geringen Investitionen zu einer Reduktion der CO₂-Emissionen führen. Unter Umständen werden ganz andere Erzeuger eingesetzt, um den prognostizierten Bedarf zu decken. Oder die gleichen Erzeuger werden mit anderen Leistungen oder zu anderen Zeiten betrieben.

Auch Speicher können unterschiedlich eingesetzt werden, zum Beispiel Wärmespeicher: Mit Fokus auf Kostenminimierung werden sie nur dann eingesetzt, wenn es sich rechnet (gemessen an den volatilen Preisen); mit Fokus auf CO₂-Minimierung kommen sie dagegen deutlich stärker zum Einsatz, um CO₂-arme Wärme zu speichern.

Um solche Ergebnisse zu erhalten, reicht bereits ein kleines Optimierungsmodell, das innerhalb einer Studie in der „Kisterscloud“ schnell aufgesetzt ist. Dieses könnte – weiter verfeinert und detailliert – auch als Ausgangsbasis für spätere Ausbauplanungsrechnungen dienen, um verschiedene Technologien und Dimensionierungen miteinander vergleichen zu können. Wenn ein Modell dadurch groß und komplex wird, ist es wichtig, dass der Rechenkern Algorithmen einsetzen kann, die die Rechenzeit minimieren (zum Beispiel Aggregations- und Disaggregationsalgorithmen).

Fazit

Unternehmen, die ihre Investitionen in den Klimaschutz auf eine sichere Basis stellen und das Meiste aus ihrem Budget herausholen möchten, können mit datenbasierter Entscheidungshilfe-Software herausfinden, was in ihrem speziellen Fall sinnvoll ist. Oft erkennen solche Tools in existierenden Energiesystemen Möglichkeiten, die für menschliche Entscheiderinnen und Entscheider nicht auf der Hand liegen. Damit lassen sich Kosten und CO₂ sparen und unsinnige Investitionen vermeiden.



Dominik Funken

Product Owner
BelVis ResOpt
bei der Kisters AG

dominik.funken@kisters.de

Foto: Privat



Astrid Beckers

Marketing-Leiterin
bei der Kisters AG

astrid.beckers@kisters.de

Foto: Kisters

Risiko veraltete Software

Der Regierungsentwurf der EU-Richtlinie NIS2 wurde verabschiedet und betrifft Unternehmen, die als kritische Infrastruktur (Kritis) gelten. Neben IT-Netzwerken unterliegen auch industrielle Steuerungen, Bürogeräte sowie Maschinen den neuen Cybersicherheitsanforderungen. Jan Wendenburg, CEO des deutschen Cybersicherheitsunternehmens Onekey, weist darauf hin, dass Unternehmen sicherstellen müssen, dass alle vernetzten Geräte mit aktueller Software ausgestattet sind, um gegen Cyberangriffe geschützt zu sein. Onekey empfiehlt den Einsatz von Software-Stücklisten zur Erfassung und Prüfung der eingesetzten Software, um Schwachstellen zu identifizieren und die Compliance mit NIS2 und dem kommenden EU Cyber Resilience Act (CRA) zu gewährleisten.

www.onekey.com



Zukunftsweisend: Der neue Quest One Gigahub in Hamburg-Rahlstedt. Foto: Quest One

Automatisierte Produktion im Elektrolyseur-Gigahub steigert Effizienz

Mit dem Start der automatisierten Serienproduktion von PEM-Elektrolyse-Stacks setzt der neue Elektrolyseur-Gigahub von Quest One in Hamburg einen bedeutenden Meilenstein für die industrielle Fertigung von Elektrolyseuren zur Gewinnung von grünem Wasserstoff. Bundeskanzler Olaf Scholz hob bei der Eröffnung die entscheidende Rolle der Automatisierung hervor: „Die Produktion der Elektrolyseure war bisher Handarbeit. Mit der Einführung der automatisierten Fertigung im industriellen Maßstab sinken die Kosten und die Produktionszeiten erheblich.“ Dank der Automatisierung wird die Produktionszeit in Hamburg-Rahlstedt um 75 % gegenüber herkömmlichen Verfahren reduziert – ein zentraler Faktor für den raschen Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft. Im neuen Gigahub wird die hochautomatisierte Serienproduktion von PEM-Stacks auf zwei modernen Fertigungslinien durchgeführt. Die Produktion erfolgt auf den Linien „Titan“ und „Gerd“, die mithilfe von Lineartransportsystemen und Schwenkarmrobotern zahlreiche Arbeitsschritte übernehmen, die zuvor manuell ausgeführt wurden. Dadurch wird die Produktion eng getaktet und effizienter gestaltet. Die automatisierte Fertigung von PEM-Stacks, dem Herzstück der Elektrolyseure, bildet das Fundament für die Skalierung der Wasserstoffproduktion, um zukünftigen Anforderungen gerecht werden zu können. Mit einer potenziellen Gesamtkapazität von über 5 GW/a bei voller Ausbaustufe soll der Standort eine Schlüsselrolle bei der Bereitstellung von grünem Wasserstoff in Deutschland spielen.

www.questone.com



Rick Wilmer
ist CEO von
ChargePoint.
Foto:
ChargePoint

Laden von E-Fahrzeugen mit Blick auf Zukunft ausrichten

„Die Ladebranche diskutiert oft über die Gegenwart, ohne viel über die Zukunft zu sagen. Innovationen, die bisher als futuristisch galten, stehen kurz vor der Umsetzung und wir freuen uns darauf, die Trends und Technologien voranzutreiben, die das Laden von Elektrofahrzeugen grundlegend verändern werden“, so Rick Wilmer, CEO von ChargePoint.

www.chargepoint.com



In der Energieregion Arnsberg wird ein 450-MHz-Funknetz, getestet um die Digitalisierung der Stromnetze voranzutreiben. Foto: Westenergie

450-MHz-Netzerprobung für ausfallsichere Datenübertragung

Die Westenergie testet in der smarten Energieregion Arnsberg und Sundern ein 450-MHz-Funknetz, um die Digitalisierung der Stromnetze voranzutreiben. Dabei liegt der Fokus auf einer ausfallsicheren Datenübertragung, die durch das 450-MHz-Netz ermöglicht wird. Dieses Netz ist besonders für kritische Infrastrukturen geeignet, da es bei Versorgungsunterbrechungen bis zu 72 h funktioniert, eine hohe Gebäudedurchdringung aufweist und Priorisierungsmechanismen für wichtige Daten bietet. Im Pilotprojekt werden digitale Ortsnetzstationen und intelligente Stromzähler mit einer 450-MHz-Schnittstelle ausgestattet. Diese Technologie ermöglicht eine stabile Kommunikation, auch in schwierigen Umgebungen wie Kellern, und verbessert die Steuerung des Stromnetzes in Echtzeit. Digitale Ortsnetzstationen spielen dabei eine Schlüsselrolle, indem sie Live-Daten zur Netzsteuerung übermitteln und so eine schnelle Reaktion auf Netzschwankungen ermöglichen. „Je mehr Daten uns dazu vorliegen, umso besser können wir je nach Situation entscheiden und das Netz auf die zukünftigen Herausforderungen ausrichten“, erklärt Stefan Küppers, Technik-Vorstand der Westenergie AG. Das Projekt ist Teil des „E.on Labs“, das innovative Energiesysteme und die Digitalisierung der Netze erprobt.

www.westenergie.de

KURZ NOTIERT

Elektrofahrzeuge. Im Projekt „CombiPower“ entwickelt das Fraunhofer IEE mit Partnern eine kombinierte Antriebs- und Ladeeinheit für Elektrofahrzeuge. Ziel ist es, durch die Integration von Umrichtern Volumen, Gewicht und Kosten zu reduzieren sowie die Effizienz zu steigern. Im Kern des Projekts geht es darum, verschiedene Umrichter in einem Gerät zu kombinieren. Die Einheit ermöglicht bidirektionales Laden und soll zur Netzstabilität beitragen.

www.iee.fraunhofer.de

Dynamische Tarife. Consolinno Energy hat sein Home Energy Management System (HEMS) um dynamische Tarife und Netzstabilitätsfunktionen erweitert. Nutzende können in Echtzeit den Börsenstrompreis sehen, ihr E-Auto günstig laden und Netzabregelungen nachvollziehen. Die Vorgänge werden in einer App angezeigt. Die Erweiterung unterstützt Haushalte bei der Nutzung günstiger Tarife und fördert die Netzstabilität nach § 14a EnWG.

<https://consolinno.de>



DEN SMART METER ROLLOUT GEMEINSAM UMSETZEN.

In der VOLTARIS Anwendergemeinschaft Messsystem.

Mehr als 40 EVU und Netzbetreiber arbeiten hier zusammen an der individuellen Gestaltung ihres intelligenten Messstellenbetriebs. Profitieren Sie von Workshops und Schulungen, gebündeltem Know-how, Full Service-Leistungen, Synergien und Einsparungen. Steigen Sie mit ein! Mehr unter www.voltaris.de.



Nutzen von Daten aus Umwelt- und Energiemanagementsystemen für die Nachhaltigkeitsberichterstattung

Synergien in der Datenerhebung für die CSRD-Berichterstattung

Im Rahmen der Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) werden viele Unternehmen erstmalig verpflichtet, einen umfangreichen Nachhaltigkeitsbericht zu erstellen. Eine Herausforderung für Unternehmen ist dabei die Erhebung von umweltbezogenen Daten.

Wenn bereits ein Energie- oder Umweltmanagementsystem etabliert ist, werden bestimmte Daten erhoben, die für die CSRD-Berichterstattung genutzt werden können.

Die CSRD verpflichtet große und kapitalmarktorientierte Unternehmen zur Veröffentlichung eines umfassenden Nachhaltigkeitsberichts für das Geschäftsjahr 2024 [1]. Dabei werden die inhaltlichen Anforderungen sowie der Kreis der betroffenen Unternehmen sukzessive deutlich erweitert (**Bild 1**). Nach großen Unternehmen werden auch kapitalmarktorientierte kleine und mittlere Unternehmen über das Geschäftsjahr 2026 berichtspflichtig. Insgesamt sind in Deutschland zukünftig somit ungefähr 15 000 Unternehmen betroffen, EU-weit werden schätzungsweise 49 000 Unternehmen zukünftig zur Nachhaltigkeitsberichterstattung verpflichtet [2; 3].

Eine zentrale Herausforderung in der Nachhaltigkeitsberichterstattung nach der CSRD ist der Datenerhebungsprozess: In einer Umfrage gaben knapp 80 % der DAX-40-Unternehmen Datenqualität und -verfügbarkeit als zwei der größten Probleme an [4]. Für Unternehmen, die erstmals einen Nachhaltigkeitsbericht erstellen, sind Herausforderungen und Aufwand für die Datenerhebung immens. Allerdings erfassen viele Unternehmen bereits jetzt im Rahmen von Umweltmanagementsystemen (UMS) und Energiemanagementsystemen (EnMS) entsprechende Daten.

ESRS-Standards und Datenanforderungen

Die CSRD ist eine EU-Richtlinie, die neben den verpflichteten Unternehmen

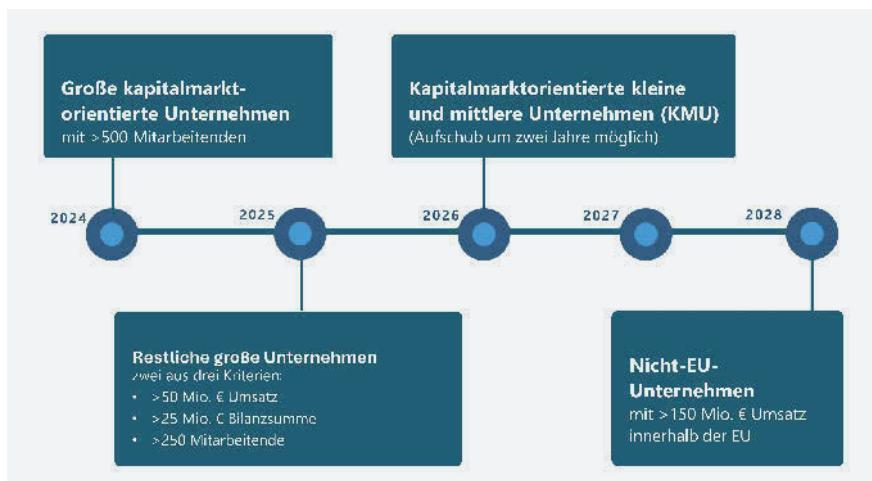


Bild 1 Übersicht über den Beginn der CSRD-Berichtspflicht betroffener Unternehmen. Die genannten Zahlen beziehen sich auf das Geschäftsjahr, über das Bericht zu erstatten ist (eigene Darstellung).

auch grundsätzliche Anforderungen an den Nachhaltigkeitsbericht festlegt. Die European Sustainability Reporting Standards (ESRS) [5] konkretisieren, was genau im Rahmen eines CSRD-Berichts offengelegt werden muss. Bisher gibt es zwölf sektorunabhängige Standards (**Bild 2**). Die zwei themenübergreifenden Standards (ESRS 1 und 2) geben allgemeine Anforderungen und Angaben vor, wie beispielsweise den Aufbau eines CSRD-Berichts oder die Durchführung einer Wessentlichkeitsanalyse. In der Wessentlichkeitsanalyse werden die relevanten Themen ermittelt, über die berichtet werden muss. Daneben gibt es zehn themenspezifische Standards, die sich auf die Themenbereiche Umwelt (ESRS E1-E5), Soziales (ESRS S1-S4) und Governance (ESRS G1) aufteilen.

Die inhaltlichen Angabepflichten der Umwelt-ESRS lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **ESRS E1 Klimawandel:** Hauptthemen sind Klimaschutz, Klimaanpassung und Energie; Offenlegung eines Übergangsplans und Maßnahmen zur Begrenzung der Erderwärmung; Angaben beispielsweise zu Energieverbrauch und -mix, Treibhausgas (THG)-Emissionen;
- **ESRS E2 Umweltverschmutzung:** Angaben zur Verschmutzung von Luft, Wasser und Boden; Emissionen von besorgnisregenden Stoffen und Mikroplastik;
- **ESRS E3 Wasser- und Meeresressourcen:** Angaben zum Wasserverbrauch, zur Wasserverschmutzung und zur Nutzung mariner Ressourcen;
- **ESRS E4 Biologische Vielfalt und Ökosysteme:** Angaben zur Integration von Bio-

diversität und Ökosystemen in die Unternehmensstrategie; Quantifizierung von Landnutzung, Landnutzungsänderung und Populationen von Tier- und Pflanzenarten;

- **ESRS E5 Ressourcennutzung und Kreislaufwirtschaft:** Angaben zu Ressourcenzuflüssen, Ressourcenabflüssen und Abfällen; Angaben zur zirkulären Verwendung sowie Eigenschaften von Materialien, Produkten und Abfällen unter Berücksichtigung der Abfallhierarchie.

Für jeden dieser Umwelt-ESRS ist die Offenlegung von Datenpunkten gefordert. Im themenübergreifenden ESRS 2 werden Mindestangabepflichten (Minimum Disclosure Requirements, MDR) definiert, in denen Angaben zu Konzepten, Maßnahmen, Zielen und Kennzahlen für jeden wesentlichen Umwelt-ESRS gemacht werden müssen. Die MDR umfassen 32 Datenpunkte. Die **Tabelle** zeigt die Anzahl der in den fünf Umwelt-ESRS definierten Datenpunkte¹⁾. Insgesamt gibt es 517 qualitative und quantitative Datenpunkte, von denen 133 freiwillig („May“-Datenpunkte) angegeben werden können. Der ESRS E1 zum Thema Klimawandel muss von den meisten Unternehmen berichtet werden und stellt mit 51 % aller „Shall“-Datenpunkte im Umweltbereich die meisten Datenanforderungen [6].

Datensynergien mit UMS und EnMS

Die Datenanforderungen in den Umwelt-ESRS sind umfangreich und liegen in vielen Unternehmen noch nicht umfassend vor. Allerdings erheben Unternehmen im Rahmen von UMS und EnMS viele umweltbezogene Kennzahlen. Im Folgenden werden die untersuchten Managementsysteme beschrieben und anschließend die Abdeckung der Offenlegungspflichten in der CSRD-Berichterstattung durch bereits erhobene Kennzahlen dargestellt.

UMS nach ISO 14001

UMS haben zum Ziel, betrieblichen Umweltschutz im Unternehmen zu verankern und aufrechtzuerhalten. Das beinhaltet unter anderem den Aufbau eines Verständnisses von internen und externen Einflussfaktoren, Erwartungen von Stakeholdern und die Implementierung von Prozessen zur Identifikation, Bewertung und Steuerung umweltbezogener Chancen

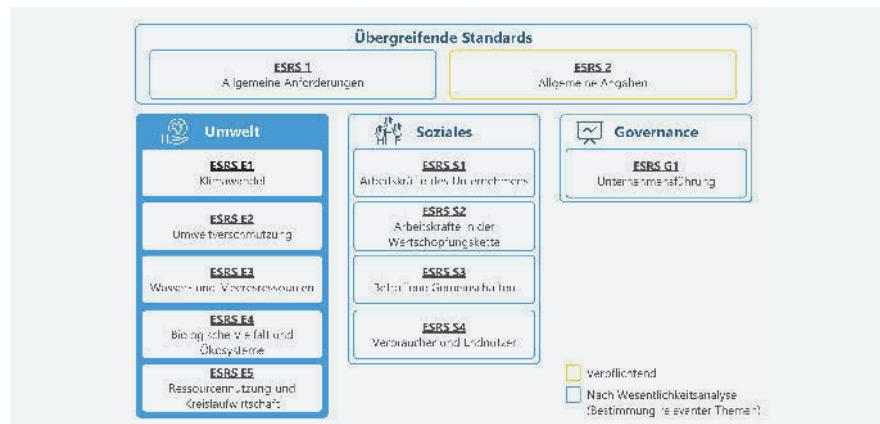


Bild 2 Übersicht der übergreifenden und themenspezifischen Standards des ersten Sets der ESRS (eigene Darstellung basierend auf [5]).

ESRS	„Shall“-Datenpunkte			„May“-Datenpunkte
	Qualitativ	Quantitativ	Summe	
E1: Klimawandel	84	112	196	15
E2: Umweltverschmutzung	21	23	44	19
E3: Wasser- und Meeressressourcen	20	7	27	18
E4: Biologische Vielfalt und Ökosysteme	51	4	55	62
E5: Ressourcennutzung und Kreislaufwirtschaft	33	29	62	19
Summe	209	175	384	133

Tabelle Anzahl an verpflichtenden und freiwilligen Datenpunkten der Umwelt-ESRS [6].

und Risiken, ebenso wie die Erfassung und Quantifizierung von Umweltaspekten [7]. Teil eines UMS sind regelmäßige interne und externe Audits, die die kontinuierliche Verbesserung des UMS sowie der umweltbezogenen Leistung prüfen [8]. Thematisch überschneiden sich die Umweltthemen der ESRS mit adressierten Themen in UMS, die beispielsweise Energie, Materialverbrauch, Wasser, Abfall, Flächenverbrauch und Emissionen umfassen [7].

Am weitesten verbreitet ist ein betriebliches UMS nach ISO 14001 [8], wonach in Deutschland ungefähr 13 400 Unternehmen zertifiziert sind [9]. Die ISO 14001 ist die zentrale Norm der sogenannten 14000er-Familie. Weitere Normen ergänzen und konkretisieren die Vorgaben für ein UMS. Die ISO 14001 enthält beispielsweise keine Vorgaben zu Umweltkennzahlen. Solche Kennzahlen werden jedoch in der ISO 14031 [10] genannt, auf die die ISO 14001 verweist. Ein weiteres verbreitetes UMS ist das europäische EMAS (Eco-Management and Audit Scheme) [11], das die Kriterien der ISO 14001 enthält und erweitert [12]. Aufgrund der

Ähnlichkeit ergibt sich ein vergleichbarer Abdeckungsgrad, weshalb diese Auswertung nicht separat dargestellt wird.

EnMS nach ISO 50001

Das EnMS nach ISO 50001 [13] ist eine Norm, die Unternehmen dabei unterstützt, ihren Energieverbrauch zu analysieren und zu reduzieren. Auch hier gibt es Anforderungen, die einen fortlaufenden Verbesserungsprozess des EnMS an sich sowie der energiebezogenen Leistung sicherstellen [13]. Ein zertifiziertes EnMS nach ISO 50001 können in Deutschland rund 5 500 Unternehmen vorweisen [9]. Diese Zahl wird aufgrund der aus dem Energieeffizienzgesetz (EnEfG) resultierenden Verpflichtung von Unternehmen

F U B N O T E

¹⁾ Die dargestellten und analysierten Datenpunkte basieren auf dem Entwurf der ESRS (Stand: Dezember 2023), die nach finaler Veröffentlichung der ESRS leicht angepasst wurden.

mit einem Gesamtenergieverbrauch von mehr als 7,5 GWh/a im Jahr 2025 deutlich ansteigen. Im Aufbau ähnelt die ISO 50001 der ISO 14001. Auch hier gibt es eine Normfamilie, die die Anforderungen der ISO 50001 spezifiziert. Energiebezogene Kennzahlen für ein EnMS sind in der ISO 50006 [14] definiert.

Bewertung der Datensynergien

Auf übergeordneter Ebene sind die inhaltlichen Überschneidungen zwischen einem UMS (ISO 14001) beziehungsweise EnMS (ISO 50001) und den Umwelt-ESRS klar ersichtlich. Um jedoch konkret die Anwendbarkeit der erhobenen Daten für die CSDR-Berichterstattung zu ermitteln, wurden die verpflichtenden Datenpunkte aus den Umwelt-ESRS mit den UMS- und EnMS-Normen verglichen. Zur Bewertung des Abdeckungsgrades wurden vier Stufen definiert. Diese reichen von „keine Abdeckung“ (Stufe 0) bis „vollständige Abdeckung“ (Stufe 3) innerhalb der zentralen Norm. Da konkrete Kennzahlen für UMS und EnMS nicht in der übergeordneten Norm definiert sind, wurde ebenfalls die Abdeckung innerhalb der Normenfamilie geprüft (insbesondere ISO 14031, ISO 50006). Wird der ESRS-Datenpunkt durch die dort genannte Kennzahl abgedeckt, wurde dies als Abdeckung der Stufe 2 gewertet. Eine Herausforderung in der Auswertung sind die unterschiedlichen Detailebenen zwischen spezifischen ESRS-Datenpunkten und den allgemein gehaltenen Normen für UMS und EnMS. Daher gibt es zusätzlich die Stufe „mögliche Teilabdeckung“ (Stufe 1). Die Abdeckung eines Datenpunktes wird mit Stufe 1 bewertet, wenn das Thema eines Datenpunktes zwar in der Norm behandelt wird, allerdings nicht detailliert genug, um eine Abdeckung sicherzustellen oder auszuschließen.

Bild 3 zeigt die Bewertung der Abdeckung der ESRS-Umweltstandards durch das UMS und das EnMS. In jedem themenspezifischen ESRS und insbesondere den MDR gibt es Datenpunkte, die durch ein UMS nach ISO 14001 vollständig abgedeckt sind und somit in den CSDR-Bericht einfließen können. Allerdings überwiegt für die themenspezifische Umwelt-ESRS die mögliche Teilabdeckung (Stufe 1). Somit ist, auch wenn das Thema eines Datenpunkts in ISO 14001 enthalten ist, das Vorliegen der für die Berichterstattung notwendigen Daten von

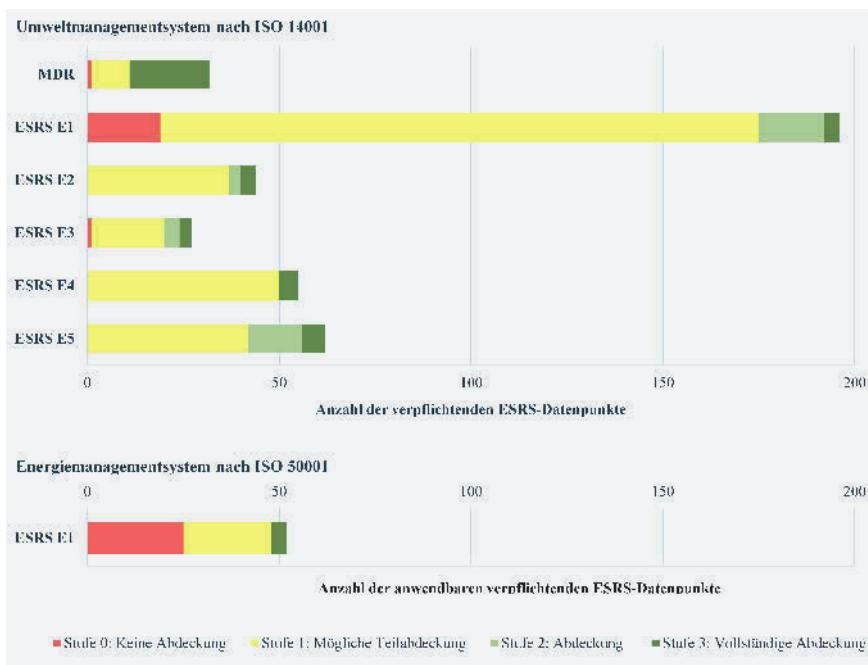


Bild 3 Abdeckung der verpflichtenden Datenpunkte der umweltspezifischen ESRS durch ein Umweltmanagementsystem (UMS) nach ISO 14001 und Energiemanagementsystem (EnMS) nach ISO 50001. Für EnMS beschränkt sich die Auswertung auf thematisch anwendbare Datenpunkte im Bereich Klimawandel (eigene Darstellung).

der Umsetzung des UMS im Unternehmen abhängig. Besonders im ESRS E1 zu Klimawandel ist der Anteil der nicht abgedeckten Datenpunkte (Stufe 0) vergleichsweise hoch. Die Analyse zeigt, dass dies vor allem ESRS-Datenpunkte betrifft, die eine Einordnung von Umweltkennzahlen in den Kontext des finanziellen Jahresabschlusses verlangen oder sehr spezifische Anforderungen im Vergleich zum UMS haben.

Das EnMS nach ISO 50001 kann potenziell nur Datenpunkte zu Energie und THG-Emissionen im ESRS E1 zu Klimawandel abdecken. Daher ist die Auswertung auf die entsprechenden 52 verpflichtenden Datenpunkte beschränkt. Hier zeigt sich, dass ein Großteil der Datenpunkte nicht oder nur möglicherweise abgedeckt ist. Gründe hierfür sind ebenfalls die detaillierteren Anforderungen in den ESRS-Datenpunkten. Bei Daten zum Energiebezug ist beispielsweise eine Ausweisung getrennt nach fossilen, nuklearen und erneuerbaren Quellen notwendig. Im Kontext von THG-Emissionen sind vor allem Datenpunkte zu indirekten Scope-3-Emissionen entlang der Lieferkette und weitere detaillierte Angaben, wie beispielsweise biogene CO₂-Emissionen, nicht abgedeckt.

Fazit

Die umfassenden Anforderungen an ESRS-Datenpunkte für die CSDR-Berichterstattung stellen viele Unternehmen vor Herausforderungen in der Datenerhebung. Dabei ist es notwendig, neue umweltbezogene Daten und vor allem Prozesse zur Erfassung dieser in betroffenen Unternehmen zu etablieren. Allerdings kann dabei auch auf bereits existierende Daten im Unternehmen zurückgegriffen werden, die beispielsweise im Rahmen des UMS nach ISO 14001 oder des EnMS nach ISO 50001 erhoben werden. Es bestehen jedoch für viele Datenpunkte Unterschiede hinsichtlich des notwendigen Detailgrads und der Auflösung der Daten. Daher liefert das UMS oder EnMS eine erste Datenbasis für die CSDR-Berichterstattung. Wie umfassend diese genutzt werden kann, hängt jedoch auch von der im Unternehmen etablierten Datenerfassung im Rahmen des Managementsystems ab. In jedem Fall sollten Unternehmen frühzeitig Prozesse zur Datenerhebung für die CSDR-Berichterstattung angehen. Zusammenfassend gibt es für Unternehmen mit einem zertifizierten UMS großes Potenzial, dass umweltbezogene Daten für die CSDR-Berichterstattung bereits vorliegen. Ähnliches gilt für weitere umwelt-



Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokument ist ausschließlich für die interne Verwendung bestimmt.
Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.

spezifische Vorschriften. Um Synergien in der Datenerhebung für CSDR-Berichte zu nutzen, ist jedoch auch eine gute Netzwerkung und Koordination verschiedener Ansprechpersonen innerhalb des Unternehmens notwendig.

L iteratur

- [1] Europäische Union (EU): Richtlinie (EU) 2022/2464 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Dezember 2022 zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 537/2014 und der Richtlinien 2004/109/EG, 2006/43/EG und 2013/34/EU hinsichtlich der Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen (Text von Bedeutung für den EWR). <http://data.europa.eu/eli/dir/2022/2464/oj>, zuletzt abgerufen am 26.8.2024.
- [2] Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS): Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD). www.csr-in-deutschland.de/DE/CSR-Allgemein/CSR-Politik/CSR-in-der-EU/Corporate-Sustainability-Reporting-Directive/corporate-sustainability-reporting-directive-art.html, 2022, zuletzt abgerufen am 26.8.2024.
- [3] Deutsches Rechnungslegungs Standards Committee e. V. (DRSC): Stellungnahme zum CSRD-Richtlinienvorschlag der EU-Kommission. <https://tinyurl.com/4bbprjzf>, 26.5.2021, zuletzt abgerufen am 12.5.2024.
- [4] DRSC: Kurzumfrage des DRSC zur Implementierung der ESRS in den deutschen DAX 40-Unternehmen. <https://tinyurl.com/2dw8kt67>, September 2023, zuletzt abgerufen am 12.5.2024.
- [5] EU: Berichtigung der Delegierten Verordnung (EU) 2023/2772 der Kommission vom 31. Juli 2023 zur Ergänzung der Richtlinie 2013/34/EU des Europäischen Parlaments und des Rates durch Standards für die Nachhaltigkeitsberichterstattung. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202490457, 9.8.2024, zuletzt abgerufen am 26.8.2024.
- [6] European Financial Reporting Advisory Group (EFRAG): Draft EFRAG IG 3 – List of ESRS datapoints – explanatory note. <https://tinyurl.com/3stbrufw>, 12/2023, zuletzt abgerufen am 26.8.2024.
- [7] Umweltbundesamt (UBA): Umwelt- und Energiemanagement. www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/wirtschaft-umwelt/umwelt-energiemanagement#wozu-dient-ein-umwelt-und-energiemanagement, 1.3.2024, zuletzt abgerufen am 13.8.2024.
- [8] Deutsche Institut für Normung (DIN) e. V.: DIN EN ISO 14001:2015-11 – Umweltmanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung (ISO 14001:2015). Ausgabedatum 11/2015, <https://dx.doi.org/10.31030/2330509>.
- [9] UBA: Umwelt- und Energiemanagementsysteme. www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-wirtschaft/umwelt-energiemanagementsysteme#umwelt-und-energiemanagement-in-deutschland-eine-positive-bilanz, 29.2.2024, zuletzt abgerufen am 12.5.2024.
- [10] DIN e. V.: DIN EN ISO 14031:2021-09 – Umweltmanagement – Umweltleistungsbewertung – Leitlinien (ISO 14031:2021). Ausgabedatum 9-2021, <https://dx.doi.org/10.31030/3263530>.
- [11] EU: Konsolidierter Text: Verordnung (EG) Nr. 1221/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. November 2009 über die freiwillige Teilnahme von Organisationen an einem Gemeinschaftssystem für Umweltmanagement und Umweltbetriebsprüfung und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 761/2001, sowie der Beschlüsse der Kommission 2001/681/EG und 2006/193/EG. <http://data.europa.eu/eli/reg/2009/1221/2023-07-12>, zuletzt abgerufen am 26.8.2024.
- [12] UBA: EMAS – Umweltmanagement-Gütesiegel der Europäischen Union. www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/wirtschaft-umwelt/umwelt-energiemanagement/emas-umweltmanagement-guotesiegel-der-europaeischen#systematisches-umweltmanagement-mit-emas, 1.3.2024, zuletzt abgerufen am 26.8.2024.
- [13] DIN e. V.: DIN EN ISO 50001:2018-12 – Energiemanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung (ISO 50001:2018). Ausgabedatum 12-2018, <https://dx.doi.org/10.31030/2852891>.
- [14] DIN e. V.: DIN ISO 50006:2024-07 – Entwurf – Energiemanagementsysteme – Bewertung der Energieleistung anhand von Energieleistungskennzahlen und energetischen Ausgangsbasen (ISO 50006:2023). Ausgabedatum 7-2024, <https://dx.doi.org/10.31030/3543690>.

M.Sc.
R e g i n a R e c k



Senior Research Consultant
an der Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft (FFE)
rreck@ffe.de

Foto: Enno Kapitza

M.Sc.
C h r i s t i a n L e i d e r t



Masterabsolvent Management & Technology an der
Technischen Universität München (TUM)
leidert.christian@web.de

Foto: Max Heimann

Dr.
M a r i o K e i l i n g



Postdoktorand am Lehrstuhl für Financial Accounting an der TUM
mario.keiling@tum.de

Foto: Dominik Fischer

kraftwerk
Energie. Software. Services.

Wir sind das
BETRIEBSSYSTEM
der **ENERGIEWENDE**.



m8MIT



JOULES





Breitband-Powerline-Technologie bewährt sich in der Praxis

WAN-Technologien für den Smart Meter Rollout

Grundvoraussetzung für das Gelingen des Smart Meter Rollouts ist ein ausreichender Mobilfunkempfang, um eine zuverlässige Verbindung des Smart Meter Gateways zu den Backend-Systemen herzustellen. Nicht alle intelligenten Messsysteme sind per LTE erreichbar.

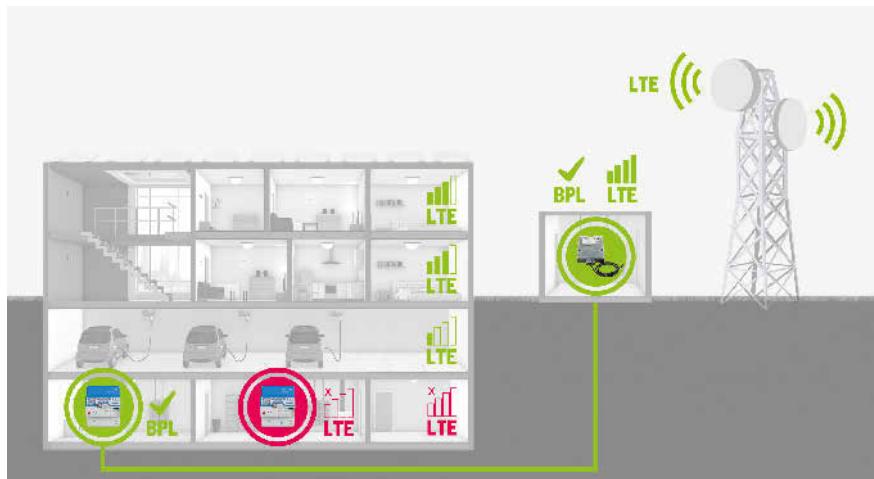
Innerhalb der Voltaris Anwendergemeinschaft Messsystem werden daher alternative WAN-Technologien getestet.

Die EnergieSüdwest Netz GmbH baut derzeit ein Kommunikationsnetz mit Breitband-Powerline (BPL) auf, um die Daten der intelligenten Messsysteme (iMSys) sicher zu übertragen. Mittlerweile sind mehr als 50 BPL-iMSys erfolgreich im Produktivbetrieb.

Smart Meter Gateways nutzen oft öffentliche Mobilfunknetze als sichere und standardisierte Kommunikationsplattform. Die zuverlässige und performante Kommunikationsinfrastruktur ist die Basis für den Betrieb der Messsysteme und für die darauf aufbauenden Mehrwertdienste. Die Auswahl der richtigen Kommunikationsform ist daher von entscheidender Bedeutung. Bei der Wahl der WAN-Kommunikationsform im jeweiligen Netzgebiet spielen Verfügbarkeit, Kosten und Erreichbarkeit des Zählpunktes eine entscheidende Rolle.

Kombinierte Technologien schaffen funktionierende Gesamtsysteme

Da das Smart Meter Gateway die mobile Datenübertragung im LTE-Standard nutzt, ist es – ähnlich wie beim Smartphone – mit einer SIM-Karte ausgestattet. Ein mangelnder LTE-Empfang am Installationsort der Messeinrichtung ist jedoch nicht unbedingt ein Hindernis für den Einsatz des digitalen Stromzählers. Oft können die korrekte Ka-



Das Breitband-Powerline (BPL)-System der Power Plus Communications AG (PPC) macht das Stromnetz zur effektiven und sicheren Kommunikationsplattform für digitale Anwendungen im Verteilnetz. Grafik: PPC

belführung und eine sinnvolle Anbringung der Antenne helfen, den Empfang zu verbessern. Doch auch dies ist nicht an jeder Messstelle ausreichend. Dann müssen andere WAN-Technologien zum Einsatz kommen. Eine dieser Alternativen ist BPL, das sich besonders bei einer hohen Dichte an iMSys als beliebig skalierbare und hoch verfügbare alternative Technologie anbietet. Auch die Kombination verschiedener WAN-Technologien ist möglich. So kann die BPL-Technologie den Mobilfunk ergänzen, indem schwer erreichbare Einbaugebiete per BPL angebunden werden. Die WAN-Anbindung erfolgt dann dort, wo ein guter Empfang verfügbar ist, wie zum Beispiel in einer

Trafostation oder Kabelverteilerschränken per LTE oder an ein bereits verfügbares Backbone.

Aufbau des BPL-Netzes bei EnergieSüdwest

Die EnergieSüdwest Netz GmbH mit Sitz in Landau, Tochterunternehmen der EnergieSüdwest AG, bewirtschaftet die Strom-, Gas-, Wasser- und Fernwärmevernetzung in und um Landau mit über 50 Mitarbeitenden. Seit vielen Jahren ist das Unternehmen in der Voltaris Anwendergemeinschaft Messsystem (AWG) engagiert. Derzeit baut EnergieSüdwest mit

Voltaris-Unterstützung ein Kommunikationsnetz mit BPL auf. In der ersten Phase wurde in Zusammenarbeit mit der PPC-Tochter Coms4Grid ein Pilot mit 30 Endpunkten eingerichtet, der eine Powerline-Zelle mit LTE-Headend umfasst. Die Betriebsführung erfolgte hier durch Coms4Grid. Phase zwei beinhaltete den Aufbau weiterer BPL-Zellen und den eigenen Aufbau von BPL-Netzen mit LTE-Headends und eigener Betriebsführung. Aktuell sind bei EnergieSüdwest mehr als 50 BPL-iMSys erfolgreich im Produktivbetrieb. In Phase drei wird die Nutzung der eigenen Infrastruktur als Backbone diskutiert. Hier ist geplant, eigene Datenleitungen in den Ortsnetzstationen als WAN-Anbindung der BPL-Headends zu nutzen. In Phase vier schließlich sollen Mehrwerte generiert werden. Das BPL-Netz kann gewinnbringend für weitere Anwendungen genutzt werden, unter anderem für Fernwärmeregler, Gasmessungen, Spannungsmessungen in den Kabelverteilern, usw.

Erwartungen wurden übertroffen

Die Erfahrungen der EnergieSüdwest Netz mit der BPL-Technologie sind durchweg positiv. Volle 100 % der Messsystem-Aufträge konnten mit iMSys ausgestattet werden – im Vergleich zu nur 50 bis 70 % bei LTE. Auch die Verfügbarkeit der BPL-Endpunkte mit iMSys liegt bei nahezu 100 %. Durch die Nachverdichtung mit iMSys oder BPL-Repeatern können auch Messstellen nachträglich erreicht werden, die sich beim initialen Einbau nicht mit dem BPL-Netz verbinden konnten. Das ist sehr vorteilhaft, da somit ist kein erneuter Zugang zur Messstelle notwendig. Ein weiterer Vorteil der BPL-Lösung liegt darin, dass EnergieSüdwest Netz die WAN-Fähigkeit an den Messstellen selbst beeinflussen kann und nicht vom Funknetzbetreiber wie bei LTE oder LTE450 abhängig ist.

BPL-Technologie bewährt sich in der Praxis

Mittlerweile setzen immer mehr Netzbetreiber auf die BPL-Technologie. Sie ist hoch verfügbar, autark und weist eine hohe Datenrate und Echtzeitfähigkeit auf. Im Vergleich zu Funk- oder Glasfaser-Netzen ist die Kommunikation per



Beim Aufbau des Netzes sowie dem Einbau der iMSys sind auch bei der BPL-Technologie verschiedene Aspekte zu beachten. Foto: VOLTARIS



In den Montageschulungen zum Einbau intelligenter Messsysteme (iMSys) erläutern die Expertinnen und Experten von Voltaris unter anderem die richtige Kabelführung und die sinnvolle Anbringung der Antenne. Foto: VOLTARIS

Powerline wesentlich günstiger, denn sie nutzt die vorhandene Infrastruktur der Stromverteilnetze. Durch die Kombination von verschiedenen Technologien können sicher funktionierende iMSys und Gesamtsysteme geschaffen werden. Beim Aufbau des Netzes sowie dem Einbau der iMSys sind natürlich auch bei der BPL-Technologie verschiedene Aspekte zu beachten. Doch die Lernkurve steigt stetig an, was zu enormen Verbesserungen bei Montage und Betrieb führt. Sowohl Freileitungen als auch Kabel sind für BPL nutzbar. Besonders gute Ergebnisse wurden bei Freileitungen erzielt. EnergieSüdwest Netz hat die bisher geeigneten Gebiete im Netzgebiet identifiziert, darunter die Fußgängerzone mit hohen LV-Verbräuchen in Gewerbeunternehmen, Industriegebiete sowie Neubaugebiete mit

hoher Durchdringung von Photovoltaik, Ladeeinrichtungen und Wärmepumpen. Die im Pilotprojekt gemachten Erkenntnisse werden innerhalb der Anwendergemeinschaft dokumentiert, sodass alle teilnehmenden Stadtwerke-Partner von den Erfahrungen profitieren können. ■

Dr.-Ing.
Stephan
Röhrenbeck



Teamleiter
Produktentwicklung
und Projektmanagement
bei der VOLTARIS GmbH

stephan.rohrenbeck@
voltaris.de

Foto: VOLTARIS



Laserstäube beseitigen

LAS 260 H/Ex, die neue Filteranlage der sächsischen Firma ULT aus Löbau, saugt trockene, brennbare und gesundheitsgefährdende Stäube und Rauche, die bei der Laserbearbeitung von Kunststoffen und Metallen entstehen können, ab. Feinste Partikel werden in einem zweistufigen Filtersystem zu 99,995 % abgeschieden. Ein Aktivkohle-Sicherheitsfilter gewährleistet den sicheren Betrieb und entfernt gesundheitsgefährdende Gase und störende Gerüche. Nach der Abscheidung der Stäube kann das Gas wieder dem Arbeitsraum zugeführt werden. Die Filteranlage ist zudem mobil einsetzbar, geräuscharm und weist einen geringen Energieverbrauch auf.

www.ult.de



Die im Technikum der Loesche GmbH für das „Emarszem“-Projekt gemahlene Müllverbrennungsasche kann großtechnisch in Industriemühlen dieser Art gemahlen werden. Foto: Loesche

Kupfer aus Asche

Ein Abbau von Kupfererz wird ab einem Mindestgehalt von 0,3 % als wirtschaftlich angesehen. Bei der Müllverbrennung entsteht Asche, deren Feinfraktion im Mittel 0,3 bis 0,5 % an Kupfer enthält. Unter der Leitung der GKS-Gemeinschaftskraftwerk Schweinfurt haben die neun Partner des Projekts „Einsatz von Müllverbrennungsschlacke als Rohstoff für die Zementherstellung“, kurz Emsarzem, ein industriell umsetzbares Verfahren entwickelt, um Rohstoffe aus der Asche der thermischen Abfallverwertung zu gewinnen, die sonst unwiederbringlich verloren wären. Dazu wird die Asche gemahlen und Wertstoffe wie Eisen, Kupfer, Silber und Gold mit verschiedenen Trennverfahren werden extrahiert. Dabei werden Metalle von der mineralischen Fraktion abgetrennt und in die Metallproduktion übernommen. Mit diesem Prozess lassen sich beispielsweise allein in Deutschland aus Müllverbrennungsasche theoretisch rund 8 000 t eines Kupferkonzentrates abtrennen. Darin enthalten wären etwa 2 800 t Kupfer, 20 t Silber und 100 kg Gold. Das Projekt zeigt aber auch, dass deren Gewinnung nur wirtschaftlich ist, wenn auch die mineralische Fraktion verwertet wird. Das ist möglich. Diese Fraktion lässt sich, nach Korngroße sortiert und gesäubert, als Rohstoff der Zement- und Betonproduktion zuführen oder als Ersatz für natürliche Gesteinskörnungen in Betonanwendungen nutzen. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert dies Projekt von Februar 2021 bis Oktober 2024 mit insgesamt 1,7 Mio. €.

www.gks-sw.de



300-ml-Flaschen von Sea Me aus Polyethylen-terephthalat (PET) mit Verschlüssen aus Polypropylen (PP) werden gesammelt und wiederverwertet. Foto: Sea Me

Kreislauf in der Kosmetik

Das Hamburger Start-up Sea Me GmbH hat mithilfe von Markenfirmen, der Technischen Universität Hamburg und dem Verpackungsspezialisten Alpla aus Hard, Österreich, die weltweit erste Mehrwegflasche aus Polyethylenterephthalat (PET) für kosmetische Produkte auf den Markt gebracht. Die 300-ml-Flasche ist wiederverwendbar und vollständig recyclingfähig, in drei Farben erhältlich und für alle genormten Verschlüsse aus Polypropylen (PP) geeignet, um ein 100-prozentig hochwertiges Recycling an der Reinigungsstraße von „zerooo“, dem Mehrwegsystem für Kosmetik und Drogerie des Hamburger Start-ups, sicherzustellen. Ein lasergravierter 2-D-Data-Matrix-Code, die „zerooo ID“, informiert über Inhalt und Anzahl der Umläufe. Das Leergut wird mithilfe der Handelspartner eingesammelt, anschließend gereinigt und Markenpartnern erneut zur Verfügung gestellt. Bereits jetzt nutzen einige Kosmetikhersteller die Flasche. Sie kann in Deutschland und Österreich bereits an rund 1 000 Orten gegen ein Pfand von 0,50 € zurückgegeben werden. Die Sea Me ist mit weiteren Kosmetikherstellern und Handelsunternehmen im Austausch. <https://sea-me.com>

Mit Bio kühler kleben

Mit dem neuen Schmelzklebstoff „Technomelt Supra 079 Eco Cool“ kombiniert das Düsseldorfer Unternehmen Henkel Adhesive Technologies die Vorteile zweier seiner Produktreihen: der Technomelt-Supra-Eco- und der Supra-Cool-Reihen. Die neue Klebstofffreie erlaubt es nun, Produkte aus Papier oder Pappe wie Faltkartons, Trays und Wrap-Arounds statt bei 160 bis 190 °C mit typischen Premium-Schmelzklebern auf Polyolefinbasis bei bis zu 40 °C niedrigeren Temperaturen zu verkleben. Unternehmen können auf diese Weise nach Angaben des Unternehmens CO₂-Emissionen beim Kleben um bis zu 32 % senken. Damit ließen sich bis zu 7,5 t CO₂/a bei einem Klebstoffverbrauch von 7 t einsparen. Weitere Vorteile dieser Kleber sind, dass das Bedienpersonal durch weniger Dämpfe und flüchtige Stoffe belastet wird und dessen Verbrennungsgefahr sinkt. Das Unternehmen plant zudem für die neue Produktreihe viel an biobasiertem Material ein: Ein Anteil von mindestens 49 % stammt aus konkrem Biomaterial, weitere 30 % sind mit ISCC-zertifiziertem und massenbilanziertem biologischem Material kombiniert.

www.henkel-adhesives.com



Der Zerkleinerer XR3000C der österreichischen Firma Untha in Betrieb bei der Karl Karletshofer GmbH in Neu-Ulm. Er ist Ausgangspunkt einer Komplettanlage, in der Metalle zerkleinert und anschließend in sortenreine Materialfraktionen sortiert werden. Foto: Untha

Testen für den Verkauf

Der Maschinenbauer Untha mit Hauptsitz in der Gemeinde Kuchl im Salzburger Land bietet Unternehmen an, Zerkleinerer bei sich im realen Betrieb zu testen. Erst wird abgeklärt, was zu zerkleinern ist und wie hoch der Durchsatz sein soll. Unterschiedliche Lochsiebe stellen dabei sicher, dass das Material auf die gewünschte Granulatgröße geschreddert wird und Prozesse effizient ablaufen. Während des Testbetriebs vor Ort unterstützen Untha-Fachleute das jeweilige Unternehmen, um optimale Ergebnisse zu erzielen. So hat der Schrotthändler Karl Karletshofer in Neu-Ulm im Jahr 2020 den 1-Wellen-Zerkleinerer XR3000C von Untha etwa eine Woche lang selbst getestet. Auf dem Neu-Ulmer Firmengelände wurde das Betriebspogramm des Zerkleinerers nach der jeweiligen Zusammensetzung, Größe und Stärke des Materials, sei es Eisenschrott, seien es Metalle aus Produktionsbetrieben oder auch elektronische Bauteile wie Festplatten oder Leiterplatten, eingestellt. Der Zerkleinerer verfügt über zwei Messreihen über ein 130-mm-Lochsieb und zeigte dem Schrotthändler, dass die Metallteile auf eine Fraktionsgröße von etwa 130 mm zerkleinert werden. Das Ergebnis ist ein homogenes sortenreines Material, das die Neu-Ulmer ihren Abnehmern als hochwertigen Rohstoff weiterverkaufen können, ist. Der Schrotthändler war mit den Ergebnissen des Testbetriebes zufrieden, hat den Zerkleinerer gekauft und 2023 in Betrieb genommen. www.untha.com

KURZ NOTIERT

Vorstandsmitglied Karsten

Jänicke löst Anfang 2025 beim Kunststoffverarbeiter Renolit SE aus Worms **Michael Kundel** als Vorstandsvorsitzenden ab.

Kundel wird dafür im Mai 2025 ein Mandat im Aufsichtsrat übernehmen. **Torsten Maschke** ist seit Oktober 2024 neu im Vorstand.

www.renolit.com

Mike Hayes ersetzt als Vorsitzender des Bvse-Fachverbands

Papierrecycling **Werner Steingaß**. Er arbeitet für die uniroh GmbH, einen Händler von Papier- und Kunststoffrohstoffen aus Kaiserslautern. Uniroh-Geschäftsführer Steingaß bleibt dem Bvse als Vizepräsident für den Bereich Papierrecycling treu. www.bvse.de

Thyssenkrupps Aufsichtsrat hat

Dennis Grimm als Vorstandsvorsprecher und **Philipp Conze** als Finanzvorstand bestätigt. **Ilse Henne**, Vorstandsvorsitzende von thyssenkrupp Materials Services, ist neue Aufsichtsratsvorsitzende der thyssenkrupp Steel Europe. **Knut Giesler**, Bezirksleiter der IG Metall Nordrhein-Westfalen, ist neuer stellvertretender Aufsichtsratsvorsitzender.

www.thyssenkrupp.com

Frank Heinrich gibt Ende 2024 die Position des Vorstandsvorsitzenden der Schott AG, des Spezialglasherstellers aus Mainz, ab. Nachfolger wird **Torsten Derr**, zurzeit Vorstandsvorsitzender der SGL Carbon SE aus Wiesbaden.

www.schott.com

Produktionsleiter **Stefan Krug** hat beim Automobilzulieferer Brose aus Coburg, Oberfranken, auch die Gesamtleitung des Unternehmens übernommen und ersetzt

Philipp Schramm. Aufsichtsratsvorsitzender **Michael Stoschek** ist nun Vorsitzender des Verwaltungsrats. Sein Sohn **Maximilian Stoschek** bleibt sein Stellvertreter.

www.brose.com



Wertvolle Ressourcen zurückgewinnen

Kunststoffharze direkt aus Restabfall

Ein Unternehmen aus Israel stellt aus Restabfällen bei Temperaturen unter 200 °C Ersatzstoffe als Teilersatz für konventionelle Kunststoffe her. Diese Materialien lassen sich in vielen Kunststoffprodukten einsetzen und senken so deren CO₂-Fußabdruck.

Nachhaltigkeit ist für Unternehmen eine zentrale Priorität geworden. Daraus ergeben sich auch folgende drei Herausforderungen: die Abhängigkeit von Kunststoffen auf Basis fossiler Brennstoffe und anderen endlichen Ressourcen, die Entstehung von Abfällen und die Emission von Treibhausgasen zu verringern. UBQ Materials, ein global agierender Hersteller von Kunststoffsatzstoffen aus Abfall mit Hauptsitz in Tel Aviv, Israel, hat einen Weg gefunden, der anderen Unternehmen hilft, diese Herausforderungen zu bewältigen.

2020 fielen in Deutschland rund 53 Mio. t Siedlungsabfälle an. Etwa zwei Drittel davon wurden recycelt oder kompostiert, ein weiteres Drittel wurde verbrannt. Deutschland verfügt über eine hoch entwickelte Recyclinginfrastruktur. Nicht jedes Land kann einen so großen Anteil an wiederverwertbaren Materialien erzielen.

Selbst wenn ein Großteil der wiederverwertbaren Materialien in herkömmliche Recyclinginfrastrukturen gelangt, können die heutigen Recyclinginfrastrukturen nicht alle Siedlungsabfälle abdecken oder alle wertvollen Ressourcen zurückgewinnen, die in entsorgten Produkten enthalten sind.

Die Alternative

Alternativ lässt sich Abfall direkt in Materialien umwandeln. UBQ Materials setzt hierzu moderne Technik ein, um organische Abfälle in ihre Strukturen zu zerlegen und diese zu einer neuen Matrix zusammenzusetzen. Vorhandene Kun-



In dieser Halle am Standort Bergen op Zoom, Niederlande, lagert UBQ Materials Siedlungsabfälle von Kommunen. Der Kran transportiert diese Abfälle zu den Produktionsanlagen. Foto: UBQ Materials

stoffe werden in die Matrix eingebunden, um ein Verbundmaterial mit thermoplastischen Eigenschaften zu erzeugen.

Das Unternehmen verwendet dazu alle Restabfälle inklusive aller organischen und nicht verwertbaren Abfälle. Mithilfe einer patentierten Technologie zerlegt es die organischen Abfälle in Grundbausteine wie Fasern, Zellulose, Lignine, Kollagen und Zucker und verbindet sie mit den anorganischen Materialien, um sie zu der neuen biobasierten Matrix UBQ zu rekonstruieren. Diese Matrix kann Kunststoffharze auf Ölbasis ersetzen.

Das Verfahren arbeitet mit einer Höchsttemperatur von 200 °C und ist damit energieeffizienter als herkömmliche chemische Recyclingsysteme, die höhere Temperaturen benötigen, um die Polymerbindungen aufzubrechen und neue Produkte herzustellen. Die Temperaturen

sind aber hoch genug, um alle im Ausgangsmaterial vorhandenen Krankheitserreger und Bakterien abtöten zu können. Zudem wird diese Wärmeenergie genutzt, um angelieferten Abfalls zu trocknen. Dies senkt den Energieaufwand der gesamten Produktion.

Kontrolle und Konstanz

Die Zusammensetzung unseres täglich anfallenden Abfalls ist nicht konstant. Um trotzdem kontinuierlich Produkte mit gleichbleibenden Eigenschaften aus diesem Stoffstrom herstellen zu können, bestimmt das Unternehmen in den verschiedenen Prozessschritten der Aufbereitung die Materialzusammensetzung sehr genau, das im zweiten Schritt zu UBQ verarbeitet wird. Bevor Unternehmen neue Materialien nutzen, müssen sie sicher sein, dass

sie weder die Leistung noch die Langlebigkeit der Produkte beeinträchtigen. Unternehmen, die Nachhaltigkeitsansprüche geltend machen, werden zudem sehr genau unter die Lupe genommen.

Um sich hier abzusichern, hat UBQ Materials den Schweizer Unternehmensberater Quantis mit Hauptsitz in Renens mit einer Ökobilanz für seine Anlage in Israel beauftragt. Für die neue Fabrik in Bergen op Zoom an der Oosterschelde in den Niederlanden hat UBQ Materials mit ERM einen führenden Anbieter von Beratungsleistungen im Bereich Nachhaltigkeit sowie eine Validierung durch ECO-OS beauftragt. Diese Bewertungen erlauben, umfassend und überprüfbar darüber zu informieren, wie die Produkte von UBQ Materials zu Nachhaltigkeitszielen der Kunden beitragen können.

Darüber hinaus verfügt UBQ Materials über weitere Zertifizierungen. Die Berliner Non-Profit-Organisation „B Lab“ hat dem Unternehmen 2018 das Zertifikat „Benefit Corporation“ („B-Corp“) für die positiven sozialen und geringen ökologischen Auswirkungen der recycelten Produkte gegeben. Das US-amerikanische Landwirtschaftsministerium USDA bestätigte 2022 mit dem Zertifikat UL 2809, dass das UBQ-Pulver vollständig aus Post-Consumer-Rezyklat besteht.

Nicht nur das: UBQ-Materialien weisen sogar nach einer Lebenszyklusanalyse des weltweit tätigen Zertifizierers ERM eine leicht positive CO₂-Bilanz auf. Weil organisches Material erneut verwendet wird, findet keine organische Zersetzung mit CO₂-Emissionen statt. Die Integration dieses leicht klimapositiven Materials bietet den Vorteil, dass Produkte CO₂-neutral oder CO₂-negativ hergestellt werden können. Sobald sich ein Unternehmen für die Verwendung abfallbasierter Materialien entscheidet, gibt es endlose Möglichkeiten, zusätzliche Anwendungen zu entwickeln.

Unternehmen aus vielen Branchen haben grundsätzlich dieselben Nachhaltigkeitsziele. Sie möchten die Kreislaufwirtschaft fördern, biobasierte Materialien verwenden, Materialien aus fossilen Rohstoffen vermeiden und den Emissionsfußabdruck senken. Dazu konzentrieren sich Unternehmen auf das Vermeiden oder das Entfernen von Kohlenstoff, die Zugabe von organischen Materialien oder suchen nach Kreislauflösungen.

Produkte von UBQ Materials helfen sowohl in der Reduktion des Kohlenstoff-



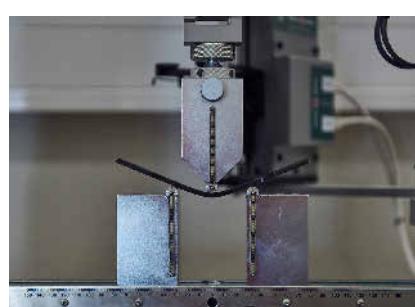
UBQ Materials trennt in dieser Werkshalle in Bergen op Zoom in den Niederlanden den Abfall mit „air tables“ von Glas, Steinen und anderen mineralischen Bestandteilen. Foto: UBQ Materials



Ein Blick auf den geschredderten kommunalen Abfall mit Plastikresten und organischem Abfall, bevor er weiterverarbeitet wird. Foto: UBQ Materials



Das Endprodukt UBQ in Pelletform. Foto: UBQ Materials



Ein Kunststoffprodukt, UBQ enthaltend, wird im betriebseigenen Labor in Bergen op Zoom, Niederlande, daraufhin getestet, wie flexibel es auf Druck reagiert. Foto: UBQ Materials

anteils durch den Ersatz von aufwendigeren Polymeren, als auch durch die Erhöhung des Anteils organischer Materialien im Fertigprodukt

Ein Betrieb, der Abfall in Materialien umwandelt, bietet zudem wirtschaftliche und soziale Vorteile für die umliegende Region. Die Anlage verbessert die Abfallwirtschaftssysteme der Region und fördert die Kreislaufwirtschaft. Die Verwendung nachhaltiger Materialien anstelle von aus fossilen Quellen gewonnenen Kunststoffen schafft zudem „grüne“ Arbeitsplätze.

Netto-Null-Emissionen

Der Druck auf Unternehmen, ehrgeizige Nachhaltigkeitsziele festzulegen und zu erreichen, wächst. Daher werden Innovationen, die den CO₂-Fußabdruck senken sowie finanzielle und leistungsbezogene Prioritäten erfüllen, entscheidend sein.

UBQ Materials bietet Lösungen, die auf die Bedürfnisse jedes Kunden zugeschnitten werden können und es diesen ermöglichen, große Fortschritte bei der Erreichung ihrer Nachhaltigkeitsziele zu erzielen.

Kurt
Kronawitt-
leithner



Direktor
Anwendungstechnik
bei UBQ Materials

kronawitterleithner@ubqmaterials.com

Foto: UBQ Materials



Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokument ist ausschließlich
 für die interne Verwendung bestimmt.
 Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.

Nachhaltige Kunststoffwirtschaft

Runde Sache qua Design

Kunststoffe bestehen aus Kohlenstoff. Diesen möglichst aus alternativen Quellen zu beziehen und so lange wie möglich im Kreislauf zu halten muss das Ziel einer nachhaltigen Kunststoffwirtschaft sein. Den Herstellern von Kunststoffrohstoffen kommen hier schon beim Design von Produkten und Lösungen ganz besondere Aufgaben zu.

Kunststoffe dämmen Häuser, machen viele Produkte wie Haushaltsgeräte erst bezahlbar und schaffen Bequemlichkeit. Sie machen Autos und Elektronikgeräte schick und auch leicht und helfen so, Energie zu sparen.

Sie sind aber auch zu einem Problem geworden. Jährlich gelangen derzeit rund 22 Mio. t Kunststoffabfall in die Umwelt. Einer der Gründe: Weltweit werden bislang nur rund 15 % der jährlich hergestellten Kunststoffe recycelt. Hier kann man ansetzen: Indem man Produkte von Anfang an für den Kreislauf konzipiert. Eine Aufgabe, für die Produktdesigner und Materialhersteller noch enger zusammenrücken müssen.

Desgin for Circularity

Dazu wird das Konzept „Design für Recycling“ (D4R) in der Fachöffentlichkeit bereits breit diskutiert – aber in einem zu engen Korsett. Denn in der Debatte steht der Begriff oft nur für den letzten Schritt am Ende des Lebenszyklus und weniger für Attribute, die die Nutzungsdauer verlängern. Es wird also mehr darüber gesprochen, wie „reparaturfreundlich“ und „leichter zu demontieren“ Produkte sind.

Das deckt aber nur einen Teil der Wahrheit ab. In Wirklichkeit muss es statt um D4R um „Design for Circularity“ (D4C), also um das Design für die Kreislaufwirt-



„**Design for Circularity**“ kann bedeuten, die Leistungsfähigkeit und Haltbarkeit von Materialien mit digitaler Mikroskopie zu verbessern, damit diese seltener getauscht werden müssen. Hier analysieren Mitarbeiter von Covestro die Struktur von Polyurethan-Hartschaum zum Isolieren von Kühlschränken.
Foto: Covestro

schaft, gehen. Und betrachtet man neben der Müll- auch die Klimaproblematik, muss D4C auch bedeuten, dass der Kohlenstoff in Kunststoffen zum einen möglichst lange und produktiv eingesetzt und dass er des Weiteren als mögliche Kohlenstoffquelle in einem Kreislauf geführt wird.

Somit kommen bei der Herstellung von Kunststoffen im Idealfall nur Werkstoffe auf Basis recycelter oder nachwachsender Rohstoffe zum Einsatz. Dies senkt die Umwelteinflüsse der Rohstoffförderung und so werden im optimalen Fall Treibhausgase wie CO₂ in der Herstellung

und über die Lebens- und Nutzungsdauer von Produkten eingespart, während fossiler Kohlenstoff gar nicht mehr in den Kreislauf eingespeist wird.

Eine komplexe Thematik, die die Roh- und Werkstoffhersteller ins Spiel bringt. Und zwar nicht nur, weil sie sich hervorragend mit ihren (Vor-)Produkten auskennen. Sondern weil sie eben deshalb auch über das nötige Know-how der Endprodukte, der Produktionsprozesse in vor- und nachgelagerten Wertschöpfungsketten und über Wissen zu Techniken für beispielsweise das Recycling verfügen.

Großes Momentum

Materialhersteller sind daher mehr denn je als „Werkstoff-Designer“ gefragt. Denn die Forderung nach einem D4C tritt bei der Produktgestaltung an die Seite lange etablierter Forderungen an Materialien etwa im Blick auf Ästhetik und Funktionalität. Konsequent mitgedachtes D4C macht den Gestaltungsprozess von Produkten aber auch wesentlich komplexer. Daher ist es gut, erfahrene Materialhersteller als Partner an der Seite zu haben.

Durch die hohe Aufmerksamkeit auf Nachhaltigkeitsthemen in der Gesellschaft und einer immer höheren Nachfrage nach immer nachhaltigeren Produkten überbieten sich Unternehmen aus jedweder Industrie momentan mit Nachhaltigkeitszielen. Das Momentum wird unterstützt durch Aktivitäten von Gesetzgebern. Ein Beispiel ist die in der EU diskutierte Überarbeitung der Altfahrzeugrichtlinie, nach der sich Autos beinahe vollständig recyceln lassen müssen. Um diese Nachfrage bedienen und gesetzliche Vorgaben erfüllen zu können, braucht es die richtige Basis, braucht es die richtigen Materialien.

„Unternehmen, die kundennahe Forschung und Entwicklung von nachhaltigen Produkten in ihrer DNA haben, werden einen erheblichen Vorteil haben“, ist sich Dr. Achim Ilzhöfer, Global Circular Economy Manager vom Leverkusener Chemiekonzern Covestro, sicher. „Mit dem 'gewusst wie' lässt sich künftige Nachfrage antizipieren, lassen sich Nachhaltigkeitsziele von Kunden unterstützen und neue Gesetze frühzeitig in unserem und im Sinne unserer Kunden erfüllen.“

Ilzhöfer zufolge investiert Covestro bereits heute nicht nur in Recyclingverfahren und die Entwicklung neuer Kreislaufwirtschaftsprodukte, sondern sieht die Notwendigkeit einer verstärkten Zusammenarbeit mit den Kunden im Sinne der zukünftigen Rohstoffsicherung.

Kreis werden entwickelt

Wie aber lassen sich Kunststoffe und der Kohlenstoff darin ganz konkret per Design länger im Kreislauf halten? Hans-Eberhard Stein, Industriedesigner bei Covestro, sieht mehrere Ansatzpunkte. „Zum Beispiel, indem man die Produkte langlebiger macht.“ Je länger ein Produkt seinen Alltag übersteht – und zudem für Reparaturen zugänglich ist –, desto seltener muss es ersetzt werden. Hier zeigt sich ein



Die Recyclingfähigkeit von Produkten ist ein wichtiger Aspekt bei „Design for Circularity“ (D4C). Covestro arbeitet etwa daran, harten und weichen Schaumstoff, wie er in Autositzen vorkommt, voll recyclingfähig zu machen. Foto: Covestro



Mit dem richtigen Design können Autoscheinwerfer vollständig aus dem Hochleistungskunststoff Polycarbonat hergestellt werden. Linsen wie im Bild zu sehen sind dabei eines von mehreren Bauteilen. Foto: Covestro

grundätzlicher Vorteil der Kunststoffe: Ihre Langlebigkeit und Robustheit sind Teil ihrer Erfolgsgeschichte. Ein Autoscheinwerfer aus Polycarbonat hält beispielsweise Jahrzehnte. Und da sein Gewicht niedriger ist als das von Scheinwerfern aus Glas, entstehen beim Fahren weniger Emissionen und die Reichweite der Autos erhöht sich.

Weitere Ansätze sind das modulare Design von Produkten und die effiziente Verwendung von leistungsfähigen, recyclingfreundlichen Mono-Materialien. „Das hat den Vorteil, dass Produkte aus solchen Materialien am Ende ihres Einsatzes einfach zurückgeführt und in effizienten Prozessen aufgetrennt und recycelt werden können“, erklärt Stein. Dafür müssen

insbesondere Mono-Materialien jedoch annähernd die mechanische Leistungsfähigkeit der Verbunde erreichen, um wettbewerbsfähig zu sein. „Hier sind materialtechnische und konstruktive Meisterleistungen gefragt“, betont Stein.

Beispiel Scheinwerfer

Autoscheinwerfer lassen sich prinzipiell ausschließlich aus dem Kunststoff Polycarbonat herstellen. Muss er irgendwann zerlegt werden, so fällt es leicht, daraus wieder neues Granulat und neue Scheinwerfer oder auch andere Produkte zu machen.

Das ist keine einfache Aufgabe: Üblicherweise besteht ein Scheinwerfer aus



Dieser Autoscheinwerfer besteht vollständig aus Polycarbonat. Foto: Covestro

Dutzenden von Komponenten. Er lässt sich aber auch so gestalten, dass ein Reflektor, ein Gehäuse, eine Linse, eine Blende und eine Linsenabdeckung genügen. All diese Komponenten wiederum lassen sich per Spritzgussverfahren mit Polycarbonat herstellen und per Mehrfachspritzguss- oder anderen Formkontrolltechniken miteinander verbinden. So lassen sich Blinker, Tagfahrleuchten oder auch moderne LiDAR-Sensoren – die Abkürzung steht für „light detection and ranging“ – oder Kameras platzieren oder verbergen, ganz nach Geschmack des jeweiligen Autoherstellers.

Meisterleistung digital

„Wir denken auch über Nutzung von immer weniger Material nach“, ergänzt



Ein virtuelles mobiles Dosiergerät für Medikamente aus Covistros Imago-Tool für die digitale Bemusterung. Selbst exakte Strukturierungen von Oberflächen lassen sich klar erkennen. Foto: Covestro

Stein. Dies kann bedeuten, Produkte anders zu konzipieren und Material sparsam einzusetzen. Das kann aber auch „um die Ecke gedacht“ heißen, möglichst wenige physische Muster während der Entwick-

lung eines Produkts herzustellen und stattdessen viel digital abzubilden.

Letzteres nennt sich bei Covestro „Imago“. Damit lassen sich digitale Muster in materialrealistischer, computer-gestützter Simulation generieren. Dank Erfassung mit optischen Messgeräten stimmen die Simulationen, in ihrer Form und von Eigenschaften wie der Oberflächentextur, Glanz, Lichtdurchlässigkeit oder Farbe exakt mit einem so ersetzen Original überein. Ein Kunde braucht also kein echtes Muster mehr, sondern kann das Produkt realitätsgetreu auf seinem Bildschirm sehen.

Durch solche Methoden lassen sich schon früh in der Produktentwicklung Zeit, Kosten sowie Material und Emissionen für die Herstellung von Mustern und die Logistik beim Versand solcher Muster zwischen Herstellern und Produktdesignern weltweit sparen. Auch die Entwicklung und der Einsatz teurer Prototypenwerkzeuge entfällt. Insbesondere bei den ersten Schritten der Bemusterung verspricht sich Covestro dadurch eine Beschleunigung der Auswahl des gewünschten Materials sowie eine einfache Abstimmung zu dessen Spezifikationen. Eines der ersten Beispiele ist die Abstimmung über die richtigen Materialien für ein Dosiergerät für Medikamente gewesen. Die ersten Muster entstanden rein virtuell.

Diese beiden Beispiele zeigen, was bereits möglich ist, um Kunststoffe und den Kohlenstoff darin im Kreislauf zu halten. Sie zeigen aber auch, wie wichtig es ist, Material-Know-how so früh wie möglich in die Produktentwicklung einzubinden.

Generell gelte, so Stein, „nirgendwo kann man stärker Einfluss auf den CO₂-Fußabdruck eines Produkts nehmen als in der Entwicklungsphase.“ Das Ende schon am Anfang mitdenken ist also das Credo. So wird es eine runde Sache – qua Design. ■

W A S D I E P O L I T I K F O R D E R T

Die Politik fordert schon länger ein „Neues Denken“ im Blick auf Kunststoffe:

Die EU forderte 2018 die Kunststoffbranche in ihrem „Circular Economy Action Plan“ auf, Wiederbenutzung, Reparaturfähigkeit und „high quality Recycling“ in der Produktentwicklung zu berücksichtigen. Gleichzeitig sollten nach dem Willen der EU-Kommission nachhaltigere Werkstoffe entwickelt und der Markt für Kunststoffzyklate gestärkt werden. Spätestens 2030 sollten sämtliche Kunststoffverpackungen recycelt werden können. In den USA verabschiedete das Energieministerium die „Strategy for Plastics Innovation“. Auch hier liegt der Fokus auf „Recyclingfähigkeit per Produktdesign“ sowie auf die Entwicklung neuer Bio-Kunststoffe vor allem aus nachwachsenden Rohstoffen, die in ihren Eigenschaften aktuellen Kunststoffen nicht nachstehen und vornehmlich in den USA produziert werden sollen.

Auch die Vereinten Nationen tragen zur Nachhaltigkeitsdebatte bei: Im April 2024 fand in Kanada die vierte von fünf geplanten Verhandlungsrunden über ein UNEP Umweltprogramm statt, das den kompletten Lebenszyklus von Kunststoff-Produkten regeln soll. Auch hier wird über Design-Prinzipien für die Produktion, den Gebrauch und das Recycling von Kunststoffen nachgedacht.

In Deutschland hat das Bundesumweltministerium im Juni 2024 einen Entwurf für eine Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie (NWKS) vorgelegt und in die Ressortabstimmung gegeben. Unter dem Qualitätsversprechen „Circularity made in Germany“ soll die NWKS alle Ziele und Maßnahmen bündeln, um Deutschland „global zum Technologie-führer für Kreislaufwirtschaft“ zu machen – vom Produktdesign zur Wiederverwertung. Hinzu kommen Selbstverpflichtungen von Unternehmen.



Markus Kleine-Beck

Pressesprecher
der Covestro AG

markus.kleine-beck@covestro.com

Foto: Covestro

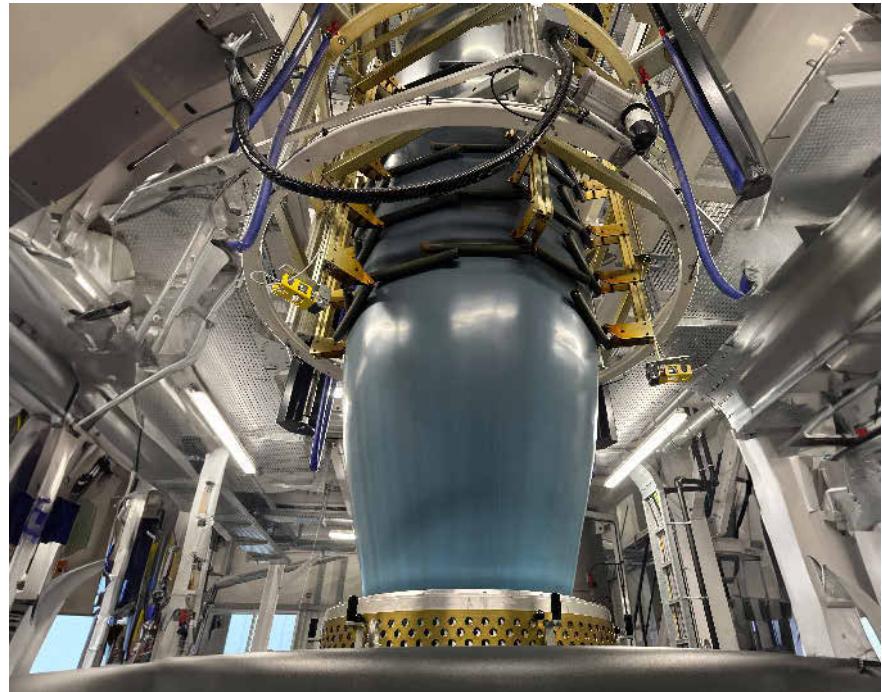
Folienrecycling

Geklebte Folien effizient recyceln

Ein Recyclingspezialist aus Sachsen-Anhalt hat ein Verfahren entwickelt, kleberbeschichtete Industriefolien wiederzuverwenden, um daraus neue Folien herzustellen: stabile reißfeste Müllsäcke. Ein Doppelschnecken-Extruder aus Nordrhein-Westfalen hilft hierbei.

Die Zukunft von Kunststoff ist Recycling. Eine Aussage, die sowohl in der betroffenen Industrie als auch darüber hinaus kaum jemand infrage stellt. Doch wie bei so vielen zukunftsichernden Unternehmungen stoßen die Akteure der Branche auf diverse Herausforderungen. Während die Nachfrage nach qualitativ hochwertigen Rezyklaten und der Etablierung von Kreisläufen entlang der Wertschöpfungskette weiter zunimmt, steigt gleichzeitig der Kostendruck insbesondere für Unternehmen mit Produktionssitz in Deutschland. Einer der treibenden Faktoren: Energie. Doch nicht nur die Rahmenbedingungen sind erschwerend, wie das Beispiel Kunststofffolien zeigt.

Während klassische Folien aus Polyethylen (PE) sowie ihre Produktionsabfälle seit Jahrzehnten wiederaufbereitet werden, endet der Lebenszyklus jener, die kleberbeschichtet werden, in der thermischen Verwertung. Ein jähes Ende für nicht aus unserem Alltag wegzudenkende Oberflächenschutzfolien, die primär dafür gedacht sind durch ihre Schutzfunktion Materialausschuss zu minimieren und somit wertvolle Ressourcen zu schützen. Zwar ist die Wärmeproduktion zur Energiegewinnung immer noch besser als Deponierung, aber letztlich konträr zum Zukunftsbestreben der Branche und vergebliches Potenzial.



Eine Extrusionsblase aus recyceltem Polyethylen, in der zu mehr als zwei Dritteln kleberbeschichtetes Material verarbeitet ist, in der Produktionshalle der Policycycle Deutschland GmbH in Weißandt-Gölzau. Foto: Polifilm

Gestalten für das Recycling

Die Policycycle Deutschland GmbH, ein Recyclingspezialist aus Weißandt-Gölzau in Sachsen-Anhalt, hat sich der Herausforderung, kleberbeschichtete Folien erstmals zu recyceln und in eine neue Folienanwendung zurückzuführen, angenommen.

Der Anspruch war, den Prozess auf eine Art und Weise zu gestalten, die ihn für den Wirtschaftsstandort Deutschland attraktiv macht.

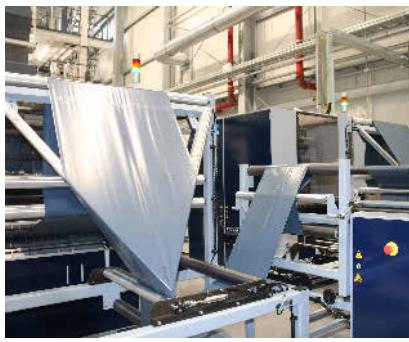
Das Ergebnis ist ein seit Juli 2023 mit dem Blauen Engel zertifizierter Müllsack aus PE, der aus drei Schichten aufgebaut ist. Dieser besteht bis zu 97 % aus PE aus

100% Fluff-Material**Der 3-Schicht-Aufbau der Müllsäcke.**

Die mittlere Schicht besteht aus Fluff aus kleberbeschichteten Polyethylen-Alfolien, die beiden äußeren Schichten aus Granulat aus recyceltem Polyethylen. *Grafik: Polifilm*



Der Fluff: die geschredderten kleberbeschichteten Polyethylen-Alfolien. Foto: Polifilm



Die Folienbahnen werden zu Müllsäcken konfektioniert. Foto: Polifilm

POLICYCLE: EIN TEIL VOM GANZEN

Die Policycycle Deutschland GmbH in Weißandt-Gölzau, Sachsen-Anhalt, ist Teil der Polifilm-Gruppe aus Köln. Dies international agierende Familienunternehmen, einer der führenden Hersteller von Extrusions- und Schutzfolien für die Wirtschaft, nutzt seine Expertise auch, um mit modernen Verfahren Kunststoffkreisläufe zu etablieren. Dieses Know-how hat sie 2023 in die Policycycle Deutschland GmbH als eigenständige Gesellschaft zusammengefasst. Zuvor war sie die Recyclingabteilung einer der Teilkonzerne, der Polifilm Extrusion. Damit besteht in Weißandt-Gölzau seit mehr als 30 Jahren Erfahrung in der Kunststoffverarbeitung und dem Kunststoffrecycling.

Post-Consumer-Rezyklat (PCR). Bis zu 70 % davon stammen aus kleberbeschichteten PE-Alfolien.

Policycycle stellt diese Müllsäcke im Fluff-to-Film-Verfahren her. Dabei werden im Vergleich zur klassischen Müllsackproduktion, bei der Regranulat verarbeitet wird, rund 40 % Energie und die damit verbundenen CO₂-Emissionen allein im Produktionsprozess eingespart.

Recycling neu denken

Um dorthin zu gelangen, musste das Team von Policycycle zuallererst die Kern-

aufgabe lösen, die das Recycling von kleberbeschichteten Folien bis dato scheitern ließ: die Migration des Klebers zu verhindern. Selbst, wenn es gelang, das kleberbeschichtete Material zu verarbeiten, verblockte dieses kurz darauf wieder. Statt einem rieselfähigen Regranulat enthielten die Behälter, in denen es zwischengelagert wurde, nur einen großen Kunststoffblock, ungeeignet für jede Form der Weiterverarbeitung.

Auch der Gedanke, das klebrige Regranulat mit Polypropylen zu pudern, brachte keine Lösung für das Migrationsproblem. Denn dies beeinträchtigt die Sortenrein-

heit des Regranulats für die Weiterverarbeitung und damit die erneute Recyclingfähigkeit des Endprodukts, während es obendrein unwirtschaftlich ist.

Stattdessen setzte das Unternehmen am Prozessdesign und der Folienrezeptur des Folgeprodukts an. Mit dem Technikpartner Reifenhäuser Blown Film GmbH aus Troisdorf, Nordrhein-Westfalen, identifizierte Policycycle das Potenzial des Fluff-to-Film-Verfahrens. Hierbei werden Altfolien erst zu Folienschnipseln, dem sogenannten Fluff, geschreddert und anschließend zu neuen Folien extrudiert.

Im Gegensatz zum klassischen Recycling entfällt der energieintensive Prozessschritt des Regranulierens, der das Aufschmelzen des Recyclingmaterials und die Verarbeitung zu Regranulat inklusive Abkühlen mit sich führt, vollständig.

Folie wird Müllsack

In der Praxis gestaltet sich dies in Weißandt-Gölzau wie folgt: Mithilfe eines Schredders mit elektromagnetischem Antrieb, der bis zu 30 % Energie gegenüber klassischen Schreddern einspart, werden die Altfolien auf 10 mm Größe zerkleinert. Dieser Fluff zeichnet sich vor allem durch eine höhere Festigkeit gegenüber herkömmlichen Folienresten aus.

Um dieses zu verarbeiten, kommt die EVO-Fusion-Doppelschneckentechnik von Reifenhäuser zum Einsatz. Anders als eine Monoschnecke ist der Doppelschnecken-Extruder darauf ausgelegt, anspruchsvollste und selbst verunreinigte Rezyklate – ob als Fluff oder Granulat – bestmöglich zu verarbeiten. Derartiges Material ist günstig und in großen Mengen verfügbar, wodurch diese Technik die Verarbeitung hoher Rezyklatanteile profitabel macht.

Im Anwendungsfall von Policycycle sorgt der Doppelschnecken-Extruder dafür, dass die Schnipsel mit kleberbeschichtetem Anteil unter Einwirkung von einer Hitze von bis zu 220 °C homogen durchmischt und passgenau verdichtet werden. Dazu schiebt sie den Fluff mit Druck zu zwei Schmelzpumpen. Die Pumpen stellen sicher, dass der Druck gehalten wird. Zwischen ihnen filtert ein Siebwechsler mögliche Verunreinigungen heraus.

Durch das Variieren der Eingangs- und Ausgangsdruckkräfte der Pumpen von 50 bis zu 130 bar wird die Fließfähigkeit der Schmelze verbessert, bevor



Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokument ist ausschließlich für die interne Verwendung bestimmt.
Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.

sie gleichmäßig in die Mittelschicht des Blaskopfes geleitet wird.

Weiterverarbeitung

Policycycle setzt bei der Weiterverarbeitung des kleberbeschichteten Materials auf einen Drei-Schicht-Aufbau der Folie. Alle drei Schichten bestehen aus recyceltem Polyethylen. In der Mittelschicht kommt das Fluff aus den kleberbeschichteten Altfolien zum Einsatz. Für jede Schicht nutzt das Unternehmen einen Extruder, die Extruder A, B und C. Der Extruder B verarbeitet mit der Doppelschnecken-Technik den Fluff und ist für die Mittelschicht zuständig, Die Extruder A und C sorgen für die beiden Außenschichten der Folie. Hier kommen jeweils Monoschnecken zum Einsatz.

Über eine Düse des Blaskopfs werden die drei Schmelzströme zusammengepresst, sodass sich eine Extrusionsblase mit einem Durchmesser von bis zu 1,40 m und einer homogenen Schichtdicke bildet. Letztere kann abhängig vom zu fahrenden Auftrag, 24 bis zu 80 µm stark sein. Wie bei der klassischen Extrusion wird die Blase hochgezogen, abgekühlt und zur Aufwicklung und Weiterkonfektionierung umgelegt.

Die dabei entstandenen Folienbahnen werden halbiert und auf zwei parallel geschalteten Konfektionsanlagen verteilt, die sie auf Länge schweißen und anschließend perforieren. Fertig sind die Müllsäcke, die



Der Roboter, der die fertigen Müllsackrollen in Kartons verpackt. Foto: Polifilm

aus bis zu 97 % PCR bestehen und auf einer voll automatisierten Packstrecke in Form von Rollen ihren Weg in den Karton und zum Kunden finden.

Stabile dünne Müllsäcke

Die Kunden profitieren nicht nur marketingseitig dadurch, dass der Müllsack es erstmals möglich macht, kleberbeschichtete Altfolien ein zweites Leben zu schenken. Vielmehr wirkt sich das kleberbeschichtete Material in der Mittelschicht der Folie positiv auf das Eigenschaftsprofil des Müllsacks aus. Durch seine Zähigkeit erhöht es die Durchstoßfestigkeit des Sacks. Dadurch kann dieser, bei gleicher Belastbarkeit gegenüber dem Marktstandard, bis zu dreimal dünner hergestellt werden. Eine Materialeinsparung, die sich nicht nur in puncto Umweltbilanz lohnt.

Und: Die gebrauchten Müllsäcke können nach dem Waschrecyclen als Granulat

in der Außenschicht wieder eingesetzt werden.

Chance Technologietransfer

Eine Jahreskapazität von 3 000 t an Müllsäcken hat die Policycycle an ihrem Standort in Sachsen-Anhalt für dieses mehrfach prämierte Projekt schon heute erreicht. Dies ist ein gelungenes Beispiel dafür, dass die Zusammenarbeit mit starken Technikpartnern und der Verbindung von Know-how, wie hier in Extrusion und Recycling, dazu beiträgt, Industriezweige zukunftsfähig zu machen – auch und insbesondere am Standort Deutschland.

In Zukunft will das Unternehmen dort auch andere Folien, wie sie etwa vom Versandhandel genutzt werden, aus kleberbeschichteten Altfolien herstellen. ■

D enise
Kirschbaum

Projektmanagerin
Corporate Development
bei der Polifilm GmbH

denise.kirschbaum@
polifilm.com

Foto: Polifilm



Reshaping
ourselves
and the
world ahead

Hitachi Zosen
INOVA
becomes

Kanadevia
INOVA

Besuchen
Sie uns auf der
Energy Decentral:

Hannover
12.-15. Nov.
Stand M29, Halle 25

Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen

Suche nach fluorfreien Dichtungen

Die Zukunft der häufig genutzten per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen ist ungewiss.

In der EU werden Einsatzbeschränkungen für diese auch „Ewigkeitschemikalien“ genannten Substanzen erwartet. Die Suche nach Ersatzmaterialien hat daher begonnen. Forschende eines Fraunhofer-Instituts werden daher Ende 2024 ein Verbundprojekt starten, um Ersatzmaterialien für Fluorpolymere, eine PFAS-Untergruppe, die in Elektrolyseuren und Brennstoffzellen eingesetzt werden, zu finden.

Die in Brennstoffzellen und Elektrolyseuren oftmals vorliegenden harschen chemischen Bedingungen stellen hohe Herausforderungen an die eingesetzten Materialien. Besonders extreme Bedingungen treten in Elektrolyseuren auf. Die Betriebsbedingungen, seien sie sauer oder alkalisch, stellen hohe Anforderungen an die Materialien. Kunststoffe finden sich hier in elektrochemisch aktiven Komponenten wie der Membran sowie in Strukturelementen als auch in Dichtungssystemen. Aufgrund ihrer chemischen, thermischen und elektrochemischen Beständigkeit setzen die Hersteller oftmals Fluorpolymere ein.

Fluorpolymere

Fluorpolymere sind besondere Chemikalien. Sie bestehen aus Kohlenstoffatomen (C) und Fluoratomen (F) und sind aufgrund der sehr starken C-F-Bindung gegenüber den meisten Chemikalien stabil. Sie weisen beispielsweise eine unglaubliche Korrosions- und Temperaturbeständigkeit auf. Aufgrund solcher Eigenschaften werden sie bevorzugt dort genutzt, wo harsche Einsatzbedingungen herrschen, wie das beispielsweise in Elektrolyseuren der Fall ist.



Zugproben aus Elastomermaterial in einem Glasautoklav. Die Proben werden bei hoher Temperatur mit Lauge umspült. Kommen hohe Drücke hinzu, wird ein Stahlautoklav genutzt.
Foto: Fraunhofer LBF/Ursula Raapke

Fluorpolymere unterscheiden sich von der in der EU verbotenen Substanz Perfluoroktansäure (PFOA) und der in der EU reglementierten Perfluoroktansulfonsäure (PFOS). Während PFOA und PFOS aus acht Kohlenstoffatomen bestehen, enthalten Fluorpolymere eine viel höhere Anzahl an Kohlenstoffatomen.

Fluorpolymere werden aus kleinen fluorhaltigen Molekülen, den Monomeren, gewonnen. Polytetrafluorethylen (PTFE) beispielsweise wird aus dem Monomer Tetrafluorethylen (C_2F_4) hergestellt. Die Herstellung erfolgt häufig auch unter Zuhilfenahme fluorhaltiger Tenside, die als Emulgatoren im Herstellungsprozess eingesetzt werden.

In Elektrolyseuren werden beispielsweise Fluorpolymere der Polyfluorsulfonsäuren (PFSA) oder Polytetrafluorethylen (PTFE) sowie fluorierte Kautschuke (FKM) in Membranen, Gasdiffusionschicht und Dichtungssystemen eingesetzt. Doch inwieweit und wie lange solche Fluorpolymere und auch andere per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) noch verwendet werden dürfen, ist vor dem Hintergrund des PFAS-Beschränkungsvorschlags ungewiss (siehe Kasten „EU-Regelung erwartet“). Die Suche nach Ersatzmaterialien hat daher vielerorts begonnen.

Suche nach Ersatz ...

Aktuell ist kein direkter Eins-zu-eins-Ersatz für Fluorpolymere hinsichtlich ihrer Beständigkeit bekannt. Möglich ist, pauschal weniger Materialien zu verwenden und stattdessen bekannte fluorfreie Dichtungsmaterialien mit ähnlichen An-

forderungsprofil zu wählen oder die Anforderungen deutlich enger zu fassen. Als mögliche Ersatzmaterialien werden mitunter fluorfreie Polymere in Kombination mit einer Beschichtung (zum Beispiel Lacke oder Keramiken) betrachtet.

Wo technische Alternativen nicht möglich sind, werden Fluorpolymere auf den Markt gebracht, die auf Basis fluorfreier Tenside hergestellt werden. Damit verringert sich der Anteil an niedermolekularen PFAS in der Herstellung deutlich. Die Substanzen sind aber weiterhin Fluorpolymere. Über das Verhalten der meisten dieser Substitutionsmaterialien, fehlen insbesondere in Bezug auf ihr Langzeitverhalten im Betrieb jedoch Informationen.

... auch bei Fraunhofer

Beim Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF in Darmstadt suchen Fachleute nach Ersatzmaterialien für Fluorpolymere. Das Hauptaugenmerk liegt hier auf elastomeren Dichtungsmaterialien.

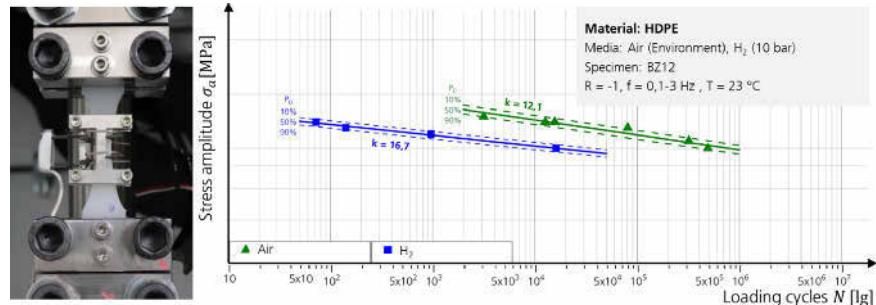
Der Bereich Kunststoffe des Fraunhofer LBF hat dazu im November 2024 das industrielle Verbundprojekt „Elastomere unter alkalisch-oxidativen Bedingungen für elektrochemische Wandler“, kurz Elastolox, initiiert.

Ziel dieses vom Fraunhofer LBF ins Leben gerufenen Projektes ist es, dass sich mehrere Partner aus der Industrie zusammen finden, die ein kooperatives Forschungs- und Entwicklungsprojekt zu je gleichen Teilen selbst finanzieren, um wissenschaftliche Erkenntnisse zu aktuellen und anwendungsbezogenen Fragestellungen bedarfsoorientiert zu schaffen. Das Fraunhofer LBF agiert in diesem Ensemble als primärer Forschungspartner.

Im Blick hat das Institut vor allem Elastomere, also formfeste, aber elastisch verformbare Kunststoffe etwa für Dichtungen. Das sind gummiartige Werkstoffe, die sich bei Zug- und Druckbelastung verformen, danach aber wieder in ihre ursprüngliche, unverformte Gestalt zurückgehen, so es denn nicht zu Alterungseffekten kommt.

Maßgeschneidert testen

Für eine zuverlässige Komponentenauslegung muss bekannt sein, wie sich Kunststoffe mit den Ersatzstoffen unter Medieneinwirkung verhalten. Wie verhalten sie sich bei Druck und Zug? Wie al-



An diesem servohydraulischen Prüfstand wird geprüft, wie sich Kunststoffe bei wiederkehrender Zugbelastung verhalten. Diese Versuche finden in einer Wasserstoffatmosphäre in einem Autoklaven unter hohem Druck statt. Die Grafik zeigt die bei einer bestimmten Spannungsspannungsamplitude (y-Achse) ertragbare Schwingsspielzahl (x-Achse) in Form einer Wöhlerkurve. Deutlich wird, dass die ertragbare Schwingsspielzahl unter Druck im Vergleich zu Luft (grüne Linie) abnimmt. Foto/Grafik: Fraunhofer LBF

tern sie bei chemischer oder physikalischer Belastung? Wie sind ihre Sorptions- und Diffusionseigenschaften und quellen sie in Gegenwart der Medien? Die konkreten Anforderungen an ein Material variieren je nach Einsatzgebiet.

Forschende am Fraunhofer LBF haben maßgeschneiderte Methoden entwickelt, um die Medieneinwirkung auf Kunststoffe in der Wasserstofftechnik zu charakterisieren und zu verstehen.

Drei Beispiele

Sie können etwa testen, wie sich Kunststoffe bei zyklischer, also immer wiederkehrender Zugbelastung verhalten, ob sie nach extremer Belastung noch mechanisch stabil sind oder wie bei gleichzeitiger Belastung aus mehreren Richtungen reagieren. Im Einzelnen:

Das Verhalten bei wiederkehrender Zugbelastung wird an einem einem servohydraulischen Wasserstoff-Prüfstand getestet. Diese Versuche finden unter hohem Druck in einer Wasserstoffatmosphäre in einem Autoklaven statt. Erste Tests zeigen, es ist essenziell, die Einfluss des Wasserstoffdrucks auf die Materialeigenschaften

zu berücksichtigen. Dabei muss die Vielfalt möglicher mechanischer Beanspruchungen betrachtet werden, die unter verschiedenen Belastungsgeschwindigkeiten und Frequenzen auftreten können. Diese Versuche wurden mit Proben aus Polyethylen hoher Dichte, dem „High Density Polyethylen“ (HDPE), unter Druck-Wasserstoff durchgeführt.

Proben im Autoklaven

Mit Einlagerungsversuchen in einem Autoklaven wird geprüft, wie sich Polymere unter hohem Druck, verschiedenen Temperaturen und harschen chemischen Bedingungen verhalten. Die Probekörper werden jeweils einige 100 Stunden bei festgelegtem Druck und festgelegter Temperatur den jeweiligen Bedingungen ausgesetzt. Nach dieser Alterung werden die Proben entnommen und in mechanischen Zugversuchen getestet. Hieraus ergeben sich wichtige Erkenntnisse zur Beständigkeit der Materialien.

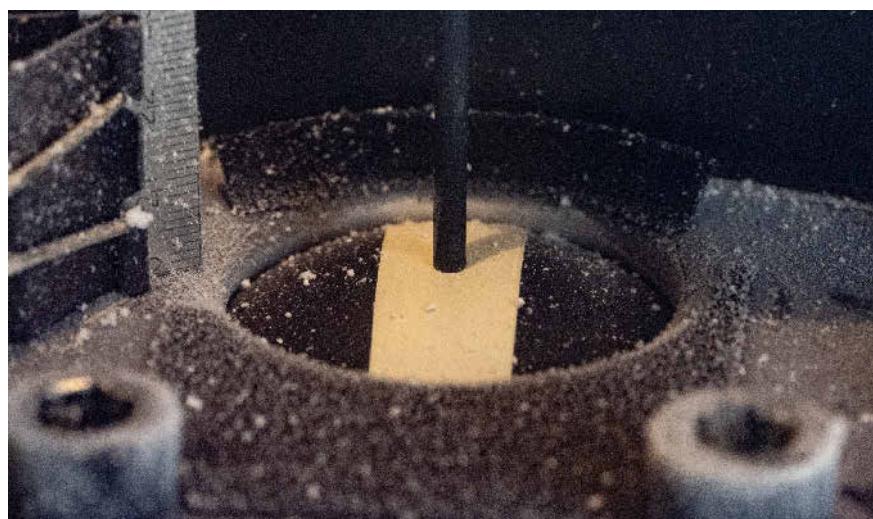
Auch wichtig zu wissen ist, wie sich Elastomere bei gleichzeitiger Belastungen aus mehreren Richtungen – etwa

G R Ü N D E F Ü R S R E G U L I E R E N

Allen per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) ist gemein, dass sie sehr beständig sind und in der Natur sehr langsam abgebaut werden. Einige dieser Verbindungen sind für Menschen und Tiere giftig. Manche stehen beispielsweise im Verdacht, Krebs zu verursachen. Am bedenklichsten gelten kürzere Verbindungen wie die Perfluoroktansäure (PFOS) und die Perfluoroktansulfonsäure (PFOA), die jeweils aus acht Kohlenstoffatomen bestehen. Von längeren Molekülen wie Fluorpolymeren ist in der Regel weniger darüber bekannt, ob und wie sie sich in der Umwelt verhalten und welche Risiken daraus resultieren. Sollte sie sich zersetzen, können sich aber aus diesen längeren Fluorpolymeren auch kürzere Substanzen, die ein höheres Gefährdungspotenzial aufweisen können, bilden.



Probekörper im Autoklaven vor dem druckdichten Verschließen des Prüfsystems. Nach der Alterung über einige 100 Stunden werden die Proben entnommen und in mechanischen Zugversuchen geprüft.
Foto: Fraunhofer LBF



Eine kreisförmig eingespannte Gummiplatte wird von unten mit Druckluft aufgeblasen, während gleichzeitig die Dehnung der entstehenden Blase optisch erfasst wird. Gezeigt wird eine Prüfung bei -40 °C. Foto: Fraunhofer LBF

EU - R E G E L U N G E R W A R T E T

Dänemark, Deutschland, Niederlande, Norwegen und Schweden haben im Januar 2023 einen Antrag bei der EU-Chemikalienagentur (Echa) in Helsinki eingereicht. Ziel ist die gesamte Stoffgruppe der per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) zu regulieren. Die fünf Staaten haben dabei alle Substanzen mit Kohlenstoffatomen im Blick, die mindestens eine fluorierte Methylgruppe (CF_3^-) oder eine fluorierte Methylengruppe ($-\text{CF}_2-$) enthalten. Damit erfasst der Regulierungsantrag neben niedermolekularen Substanzen wie der Perfluoroctansäure (PFOS) auch langketige Fluoropolymere. Bis Ende September 2023 konnten diese Vorschläge der Staatengruppe kommentiert werden. Viele Unternehmen und Verbände haben diese Möglichkeit genutzt. Erwartet wird, dass die Agentur ihren Vorschlag für eine PFAS-Beschränkungsrichtlinie im Frühjahr 2025 der EU-Kommission vorlegen wird. Die Kommission wird danach eine solche Richtlinie überarbeitet dem EU-Parlament und den EU-Staaten vorlegen. Sie kann Einsatzverbote für manche Stoffe geben – verbunden mit Übergangsfristen, um Ersatzprodukte zu finden. Die schärfsten Regelungen werden für kürzere Substanzen erwartet.

als Dichtungsmaterial – verhalten. Forschende des Fraunhofer LBF haben dafür einen Aufbau entwickelt, der es ihnen erlaubt, das biaxiale Verhalten über einen Aufblasversuch zu untersuchen. Der Aufbau erlaubt dies auch unter hohen und tiefen Temperaturen, wie sie für verschiedene Anwendungen relevant sind.

Industriepartner gesucht

Mit diesen und anderen Analysen und der Entwicklung von Alterungsmodellen und Simulationsmethoden für Kunststoffe wollen die Darmstädter Forschenden im Verbundprojekt Elastolox neue Entwicklungen für zuverlässige Kunststoffbauteile in Wasserstoffsystemen unterstützen.

Die Tätigkeiten werden in das Wasserstoff-Leistungszentrum „GreenMaterials for Hydrogen“, kurz GreenMat4H2, am Fraunhofer LBF eingebettet. Dieses Leistungszentrum, an dem auch die Fraunhofer-Einrichtung für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS in Alzenau beteiligt ist, ist seit 2021 eine zentrale Anlaufstelle für die Industrie in Wasserstofffragen.

Für das Verbundprojekt suchen die Forschenden noch weitere Partner aus der Wirtschaft, um gemeinsam die Eignung von Elastomeren für den Einsatz in Elektrolyseuren zu untersuchen.

Dr.
**A n n i k a
S c h l a n d e r**



Stellvertretende
Abteilungsleitung Synthese
und Formulierung am
Fraunhofer-Institut für
Betriebsfestigkeit und
Systemzuverlässigkeit LBF

annika.schlander@lbf.fraunhofer.de

Foto: Fraunhofer LBF

Dr.-Ing.
**F e l i x
D i l l e n b e r g e r**



Stellvertretender
Abteilungsleiter
Kunststoffverarbeitung
und Bauteilauslegung
am Fraunhofer LBF

felix.dillenberger@lbf.fraunhofer.de

Foto: Fraunhofer LBF

Energieeffizient Werkstücke bearbeiten

Vibrieren, um zu Entspannen

Eine Firma aus Baden-Württemberg zeigt, dass sich Eigenspannungen in geschweißten Werkstücken durch Vibrieren effizienter als durch Spannungsarmglühen abbauen lassen. Dies hat viele Vorteile, spart etwa Energie und Zeit. Aber es gibt einen Nachteil: In der für Hersteller und Anwender von Werkstücken wichtigen FKM-Richtlinie fehlt die Anleitung, wie mit Computerprogrammen die Festigkeit von Maschinenbauteilen durch Vibrationsentspannung berechnet werden kann. Das Verfahren entspricht damit nicht dem deutschen Normstandard.

In Bauteilen aus metallischen Werkstoffen entstehen während der Herstellung, Verarbeitung und Verformung Eigenspannungen, die ungleichmäßig ausgeprägt und verteilt sind. Bei der weiteren Verarbeitung können diese zu Verzug und Rissbildung am Bauteil und später zusammen mit der Betriebslast sogar zu dessen Versagen führen.

Traditionell gilt Spannungsarmglühen als Mittel der Wahl, um innere Spannungen in metallischen Gefügen abzubauen. Seit Jahrzehnten gleichermaßen bewährt, jedoch deutlich weniger bekannt und genutzt ist Vibrationsentspannen. Dieses Verfahren ist erheblich schneller, kostengünstiger und umweltfreundlicher.

Als ausgewiesener Experte für große schwere Brennteile und komplexe Baugruppen setzt die Jebens GmbH mit Sitz in Kornatal-Münchingen dieses Verfahren aus Überzeugung ein. Vor rund 100 Jahren in den USA eingeführt und seit 1975 von dem Maschinenhersteller VSR-Industrietechnik aus Duisburg auch in Deutschland vertrieben und entschieden verbessert, arbeitet Vibrationsentspannen mit gezielt eingesetzten Vibrationen in Bauteilbereichen mit vorhandenen Eigenspannungen.

Durch die gezielte Lasteinwirkung des Vibrationsmotors in die Bereiche mit hohem Eigenspannungsanteil wird die Fließgrenze des Werkstoffs lokal überschritten. Die Fließgrenze ist jene mechanische Spannung, die den Übergang von elasti-



Das Unternehmen Jebens in Kornatal-Münchingen hat im Rahmen eines Vergleichsversuchs dieses Werkstück im Frühjahr 2024 vibrationsentspannt. Hinter dem Bauteil ist der Vibrationsmotor zu sehen, davor das Stativ mit dem Modalhammer. Ein identisches zweites Werkstück wurde währenddessen spannungsarm geglüht. Foto: Jebens

scher zu plastischer Verformung darstellt. Bis zum Erreichen dieser Fließgrenze sind Verformungen reversibel. Wird diese leicht überschritten, erfolgt lokal eine plastische Deformation und es kommt zum Abbau von Eigenspannungen.

Zu Beginn gilt es, neben Material und Gewicht des Bauteils die richtige Lagerung des Werkstücks zu beachten. Dann wird der Vibrationsmotor vorbereitet. Er arbeitet im Bereich von 750 bis 6 000 U/min. Damit erzeugt er im Bauteil Frequenzen von 12,5 bis 100 Hz.

Resonanz bestimmen

Um mit den Eigenfrequenzen im Bauteil resonieren zu können, werden diese mit einem Modalhammer ermittelt. Dieser erzeugt durch kurzes kräftiges Anschlagen an das Bauteil mehrfach einen Kraftimpuls. Zwei Schwingungsaufnehmer messen die durch den eingebrachten Impuls ausgelösten beschleunigten Bewegungen der Atome im Werkstück. Nach einem solchen Impuls beruhigen sich – bildlich gesprochen – die Atome wieder, gelangen

in einen niedrigeren und damit entspannteren Energiezustand als zuvor.

Ein triaxialer Beschleunigungsaufnehmer misst die Beschleunigung des Werkstücks in der x-, y- und z-Achse. Ein monoaxialer Aufnehmer misst zudem an der Stelle des Blechs, die vom Motor am weitesten entfernt ist, wie viel Beschleunigung noch ankommt.

... und entspannen

Der Entspannungsprozess erfolgt in fünf Zyklen mit bis zu zehn werkstückindividuell ermittelten Arbeitsdrehzahlen, mit denen der Modalhammer jeweils mehrfach einen sehr kurzen Kraftimpuls mit optimierter Schlagkraft erzeugt und die Eigenfrequenzen im Bauteil ermittelt. Sobald sich die Frequenz des Bauteils ändert, passt die automatische Steuerung mittels Modalanalyse Unwucht und Drehzahl entsprechend an.

Anhand des Frequenzbandes wird der jeweilige Entspannungszustand des Bauteils ermittelt. Nach Abschluss der fünf Zyklen erfolgt eine Endmessung. Alle Frequenzen werden in einem Protokoll festgehalten und der Entspannungszustand wird in einem Diagramm abgebildet. Bei großen Bauteilen, wie sie bei Jebens an der Tagesordnung sind, muss der Motor mehrfach versetzt werden, um die Entspannung des gesamten Bauteils zu gewährleisten. Alle Bearbeitungsfrequenzen werden automatisch ermittelt, abgearbeitet und im Vibrationsprotokoll alphanumerisch und grafisch dokumentiert.

Durch die Modalanalyse ist nach Aussage von VSR-Industrietechnik ein wissenschaftlich haltbarer Nachweis erbracht, dass die Eigenspannungen im Bauteil so weit gesenkt wurden, dass man Verzug im Bauteil ausschließen kann. Eine Rissbildung in Bauteilen ist durch die geringe Schwingungsamplitude ebenfalls ausgeschlossen.

Rund 150 Anlagen zum Vibrationsentspannen hat das Unternehmen mit Hauptsitz in Duisburg bis heute verkauft. Namhafte Industrieunternehmen wie ThyssenKrupp, Audi, Ford, Caterpillar, Liebherr oder Sennebogen setzen dieses Verfahren seit Jahrzehnten in ihrer eigenen Fertigung ein oder schreiben ihren Zulieferern dessen Anwendung vor. Auch bei Jebens vertrauen bereits viele anspruchsvolle Industrikunden auf das Vibrationsentspannen für Komponenten für Abkantpressen mit bis 100 t Teilegewicht, für Schmiedemanipulatoren mit bis 40 t Teilegewicht oder auch für Pressen mit bis 80 t Teilegewicht.



Für den Vergleichsversuch wurden vier Platten zugeschnitten. Foto: Jebens



Auf der Rückseite beider Doppelplatten wurden jeweils drei Messbahnen gefräst. Foto: Jebens



Je zwei Platten wurden per Hand aneinander gehetzt und mit einem Schweißroboter zu Doppelplatten verschweißt. Foto: Jebens



Vor der Entspannung wurden Messpunkte per Laser vermessen. Diese Messung dient als Referenz für den Urzustand. Foto: Jebens

FKM - RICHTLINIE

Das Forschungskuratorium Maschinenbau (FKM) gibt die FKM-Richtlinie heraus. Sie stellt ein allgemeines Verfahren zur Berechnung der Festigkeit von Bauteilen im Maschinenbau bereit. Die Richtlinie erschien erstmals 1994, die aktuelle 7. Ausgabe erschien im Dezember 2020. Das FKM bündelt und koordiniert die vorwettbewerbliche industrielle Forschung für den Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA). Es betreut insbesondere branchenübergreifende Forschungsvorhaben und Einstiegsprojekte zu Industrie 4.0, Künstlicher Intelligenz, Berechnungsverfahren, Werkstoffen, Dichtungstechnik und neuen Verfahren. FKM und VDMA sind beide in Frankfurt am Main ansiedelt.

nen nur 0,03 t. Dem Energieverbrauch von 32 400 kWh für Spannungsarmglühen stehen 8 kWh beim Vibrationsentspannen gegenüber. Auch der erforderliche Zeitaufwand ist dabei deutlich geringer: Für eine Ofenfahrt werden in der Regel 72 h benötigt, Vibrationsentspannen dauert bei diesen Bauteilen nur etwa 8 h.

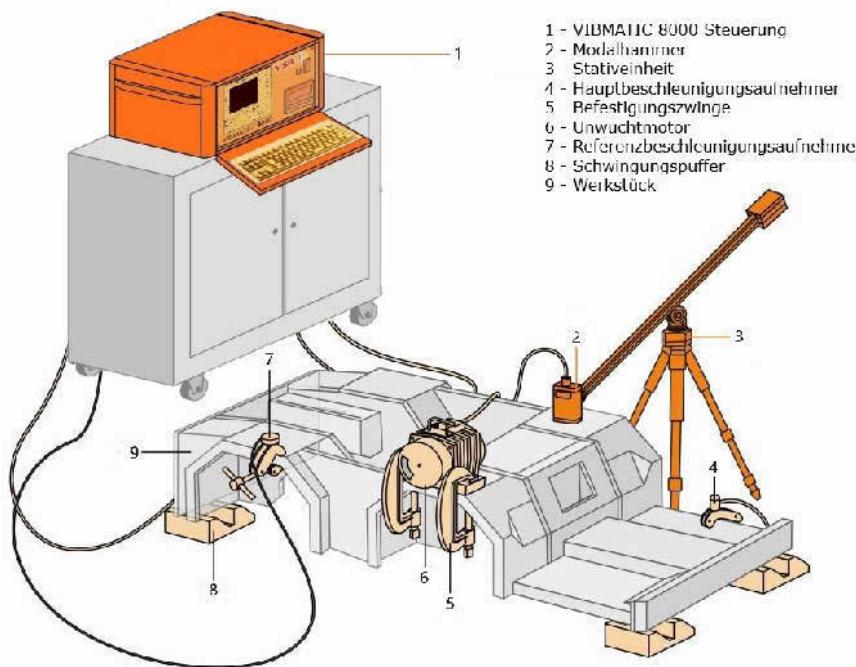
Zudem entsteht beim Vibrationsentspannen keine Zunderschicht am Bauteil, die per Sandstrahlen entfernt werden muss. Das erspart kostenaufwendige Nachbearbeitung und ist zudem materialschonender. Nachträgliches Richthen entfällt meist ebenfalls, da beim Vibrationsentspannen kein Verzug entsteht. Da jede Bauteilgröße zwischen 100 kg und 200 t sowie sogar extreme Bauteilgeometrien vor Ort behandelt werden können, entfällt auch der Transport zu einem geeigneten Glühofen.

Trotz des höheren Personalaufwands ist Vibrationsentspannen durch die enormen Einsparungen bei Energie, Nacharbeit, Transport und Zeitaufwand die kostengünstigere Lösung, um Eigenspannungen zu reduzieren.

Für Jebens spricht auch für das Verfahren, dass die hier gefertigten Bauteileabmessungen oft so groß sind, dass eine komplette Glühung nicht möglich oder ein passender Ofen nur mit hohem Auf-

Vorteilhaftes Vibrieren

Für dieses Verfahren sprechen Vorteile: Während bei einer Spannungsarmglühung von einem Bauteil mit einem durchschnittlichen Glühgewicht von 68 t erfahrungsgemäß rund 6,6 t CO₂ emittiert werden, sind es beim Vibrationsentspan-



Schematischer Aufbau einer Vibrationsentspannung. Grafik: VSR Industrietechnik

wand erreichbar ist. Nicht zuletzt ist für vergütete Bauteile keine Glühung machbar, da bei der hierfür zulässigen Glühtemperatur kein nennenswerter Spannungsabbau erfolgen würde.

Der Vergleichsversuch

Dennoch gibt es auch bei Jebens Kunden, die das Verfahren noch nicht zulassen. Denn anders als für das Spannungsarmglühen gibt es in der Richtlinie zur Berechnung der Festigkeit von Maschinenbauteilen, der FKM-Richtlinie, keinen etablierten Faktor, um mit speziellen Computerprogrammen diese Festigkeit durch Vibrationsentspannung berechnen zu können.

Deshalb führte Jebens einen viel beachteten Vergleichsversuch zur Verformung beim Fräsen von spannungsarmgeglühten und vibrationsentspannten Bauteilen durch. Ziel war es, Rückschlüsse über den Spannungszustand im Bauteil herzuleiten. Dazu schnitt Jebens zwei Bleche mit 110 mm Dicke auf 800 x 800 mm zu und brachte an einer Seite eine Schweißnahtvorbereitung für eine V-110-Naht, also eine 110 mm tiefe Naht in V-Form, an und heftete die Bauteile von Hand. Anschließend wurden sie mit einem Schweißroboter verschweißt.

Beide Schweißungen erfolgten mit der gleichen Parametrierung. Die Parameter

wurden so gewählt, dass möglichst hohe Eigenspannungen im Schweißnahtbereich entstanden. Ein Plattsatz wurde anschließend spannungsarmgeglüht, der andere vibrationsentspannt.

Sodann sollte durch Fräsen im Schweißnahtbereich eine Veränderung der Eigenspannungen in den Bauteilen erzeugt werden und zur Verformung der Werkstücke führen. Da Eigenspannung im Gegensatz zu Verformung bei einem Bau teil nicht messbar ist, wurden auf der Rückseite der Plattsätze je drei Messnuten eingefräst. In diesen Nuten sollten nach jedem Fräsdurchgang per Laser die jeweiligen Ebenheitsabweichungen gemessen werden.

Weniger Eigenspannung

Eine erste Messung erfolgte als Nullmessung in diesem Zustand. Auf der Schweißnahtoberseite wurde eine breite Fräsbahn herausgefräst, um Schweißgut und die Wärmeinflusszone komplett abzufräsen. Pro Fräsgang wurden 3 mm zugestellt. Insgesamt erfolgten drei Fräsdurchgänge mit einer Spandicke von 3 mm. Bei den ersten beiden Durchgängen wurde mit Kühlsmiermittel gefräst, beim dritten Fräsdurchgang ohne. Die einzelnen Fräsdurchgänge wurden ebenfalls immer mit den gleichen Parametern umgesetzt.

Nach jedem Durchgang wurde die Ebenheit der Messnuten gemessen und in ein Diagramm eingetragen, in dem jede Bahn separat dargestellt ist. Die vereinheitlichte Skalierung der Diagramme erlaubte den direkten Vergleich der Ergebnisse: Bei dem vibrationsentspannten Bauteil war die Durchbiegung nur ein Drittel so groß wie bei dem spannungsarmgeglühten Bauteil.

Daraus lässt sich für Jebens ableiten, dass in dem vibrationsentspannten Bauteil die Eigenspannungen geringer sind als in dem spannungsarmgeglühten. Dieses Ergebnis in der Praxis bestätigt eine theoretische Studie, die VSR-Industrietechnik bereits vor einigen Jahren mit der RWTH Aachen durchgeführt hat [1].

Die Aachener Forscher belegten damals mit einem computergestützten Verfahren, der „Finite-Elemente-Berechnung“ (FEM-Berechnung), dass Vibrationsentspannen die Effizienz von Spannungsarmglühen übertrifft. Eine Aussage, die auch Anwender wie Audi, Ford oder ThyssenKrupp in eigenen Praxisuntersuchungen bestätigt sahen und das Verfahren fortan einsetzen.

Vibrationsentspannen ist deshalb aus Sicht von Jebens und VSR-Industrietechnik ein ebenso sicheres Verfahren wie herkömmliches Spannungsarmglühen, verweist dieses jedoch mit der Summe der Vorteile in den meisten Fällen auf die Plätze. Sinnvoll wäre daher, die FKM-Richtlinie um den benötigten Faktor für Vibrationsanspannen zu ergänzen. ■

www.jebens.de

Literatur

- [1] Witter, D.; Schelenz, R.; Jacobs, G.: OpVibFE – Simulation der Eigenspannungsreduzierung von Bauteilen durch Vibrationsentspannung. Abschlussbericht, 10.3.2016, https://www.vsr-industrietechnik.de/wp-content/uploads/2022/05/Forschung_VIBMATIC_Abschlussbericht_2_OpVib_Teilprojekt_Simulation-1.pdf, zuletzt abgerufen am 17.9.2024.

Ursula Herrling-Tusch



Geschäftsführerin
der impetus.PR
Agentur für Corporate
Communications GmbH

herrling-tusch@impetus-pr.de

Foto: Impetus-PR



Solarzäune für die Landwirtschaft

T.Werk präsentiert mit den Agri-PV-Systemen „Artemis“ und „Pan“ Lösungen für die Landwirtschaft. Artemis wurde für die Nutzung unter den Modulreihen entwickelt, der Solarzaun Pan ermöglicht die Installation von bifazialen Modulen bodennah und vertikal. Aufgrund der modularen Bauweise sind die Systeme einfach zu montieren. Die Reihenlänge sowie die Reihenabstände lassen sich entsprechend Bepflanzung anpassen. Zudem lässt sich das System rückstandsfrei zurückbauen. Artemis ist ab 2025 in drei Varianten erhältlich, ideal für Viehzucht oder den Anbau von Obst und Gemüse. Die Agri-PV-Systeme sollen Kulturen vor Witterungseinflüssen schützen und helfen, den Erntertrag zu stabilisieren. Die Unterkonstruktionen entsprechen den Richtlinien DIN SPEC 91434 und 91492.

<https://t-werk.eu>



Auf der Jubiläumsveranstaltung (v.l.n.r.): Anja Kohl, Börsen- und Wirtschaftsjournalistin, Joachim Vanzetta, ehemaliger Leiter der Systemführung bei Amprion, Jule Bosch, Gründerin und Zukunftsforscherin, Dr. Hans-Jürgen Brick, CEO Amprion, Barbie Haller, Vize-Präsidentin der BNetzA, Marc Elsberg, Bestsellerautor („Blackout“) sowie Dr. Christoph Müller, CCO Amprion.

Foto: Amprion/Frank Peterschröder

Einhundert Jahre Höchstspannungsleitungen

Der Übertragungsnetzbetreiber Amprion blickt auf ein historisches Jubiläum zurück: Vor 100 Jahren, im Jahr 1924, begann der Bau der ersten 220-kV-Höchstspannungsleitung, die das Rheinland mit dem Voralpenraum verband. Diese erste Nord-Süd-Leitung, die von der Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk AG (RWE) initiiert wurde, war etwa 600 km lang und verband die Umspannanlage Brauweiler bei Köln mit dem Vermuntwerk der Vorarlberger Illwerke sowie dem Schluchseewerk im Schwarzwald. Die Leitung ermöglichte erstmals eine effiziente Verteilung elektrischer Energie zwischen Nord- und Süddeutschland und legte den Grundstein für das westdeutsche Stromnetz. Die Inbetriebnahme der Hauptschaltleitung in Brauweiler im Jahr 1929 war ein weiterer Meilenstein. Diese Schaltanlage, die heute von Amprion betrieben wird, spielte eine zentrale Rolle in der Steuerung des wachsenden westdeutschen Stromnetzes und zählt mittlerweile zu den modernsten Netzeitwarten Europas. Sie überwacht und koordiniert nicht nur das deutsche, sondern auch das europäische Stromnetz. Dr. Hans-Jürgen Brick, CEO von Amprion, kommentiert das Jubiläum: „Das deutsche Übertragungsnetz hat sich in den letzten 100 Jahren zu einem hochkomplexen und zuverlässigen System entwickelt. Diese Entwicklung gibt uns das Vertrauen, auch künftige Herausforderungen zu bewältigen.“ Besonders die Energiewende stellt das Netz vor neue Aufgaben, die eine weitere Modernisierung und den Ausbau der Infrastruktur erfordern. Seit den 2000er-Jahren hat der verstärkte Ausbau erneuerbarer Energien den Bedarf an Netzkapazitäten nochmals deutlich erhöht.

www.amprion.net



Dr. Simone Peter,
Präsidentin des
Bundesverbands
Erneuerbare
Energie (BEE) e. V.
Foto: BEE

Deutsches Energiesystem so nachhaltig wie noch nie

„Der aktuelle Strommarkt hat es – vor allem dank des EEG – geschafft, erneuerbare Energien innerhalb von zwei Jahrzehnten zum wichtigsten Stromlieferanten in Deutschland zu machen. Unser Energiesystem ist heute so nachhaltig wie noch nie. Damit das Ziel der Klimaneutralität bis 2045 erreicht wird, muss der Markt nicht nur nachhaltig, sondern auch flexibel werden“, meint Dr. Simone Peter, Präsidentin des BEE e. V.

www.bee-ev.de



Modular skalierbarer Elektrolyseur für Solarparks

Das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoffforschung Baden-Württemberg (ZSW) und die Ecoclean GmbH haben am 19. September 2024 den ersten serienreifen Elektrolyseur der Marke EcoLyzers in Betrieb genommen. Der Elektrolyseur, mit einer Leistung von 1 MW, wurde im Rahmen des Verbundprojekts „EcoLyzers BW“ entwickelt, das auf einer modularen Baukastenstruktur basiert. Sie ermöglicht den Aufbau von Systemen mit 1 bis 20 MW Leistung in direkter Nähe zu Energiequellen wie Wind- oder Solarparks. Das Projekt begann Anfang 2022 und verfolgte das Ziel, ein wettbewerbsfähiges System für die großflächige Produktion von grünem Wasserstoff zu entwickeln. Der erste einsatzbereite Elektrolyseur vom Typ P200 erzeugt etwa 200 m³ (i.N.) Wasserstoff pro Stunde. Diese Inbetriebnahme markiert das Ende des Projekts, und der Elektrolyseur wird nach der Testphase an die Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule (RWTH) Aachen geliefert, wo er am Lehrstuhl für Thermodynamik mobiler Energiewandlungssysteme zum Einsatz kommen soll. Die zugrunde liegende Technologie basiert auf der alkalischen Druck-Elektrolyse, die vom ZSW in den letzten zehn Jahren optimiert wurde. Diese Technologie zeichnet sich durch ihre Robustheit und Skalierbarkeit aus und verzichtet auf den Einsatz kritischer Rohstoffe wie Edelmetalle oder seltene Erden. Der modulare Aufbau der Elektrolyseure ermöglicht es, Anlagen schnell und kosteneffizient zu fertigen und an verschiedene Anwendungen anzupassen. Dies umfasst den Einsatz in der Mobilität, in industriellen Prozessen sowie in der Quartiersversorgung. Parallel zur Entwicklung des Elektrolysesystems hat Ecoclean bereits Kapazitäten für die Serienproduktion aufgebaut. Die Produktionskapazität liegt aktuell bei 200 MW/a und kann bei Bedarf erweitert werden. Durch den modularen Aufbau können die Elektrolyseure flexibel auf unterschiedliche Marktanforderungen reagieren.

ecoclean-group.net

KURZ NOTIERT

Wasserstoff aus Müll. Das Green-tech-Start-up Green Hydrogen Technology (GHT) realisiert eine Anlage, die Abfälle in klimaneutralen Wasserstoff umwandelt. Partner sind der Energieversorger RheinEnergie, Wasserstoff-Lkw-Vermieter hylane (DEVK-Gruppe) und das Recyclingunternehmen ETG. www.hylane.de

Deutscher Windpark-Ausbau.

Statkraft hat die Planungsphase für die erste Welle an Projekten abgeschlossen und Vorhaben mit 143 MW Gesamtkapazität in Genehmigungsverfahren gebracht, darunter die Windparks Bredenborn (36 MW, NRW), Bad Bentheim (21,6 MW, Niedersachsen), Rappenhagen (41 MW, Hessen) und Thedinghausen/Beppener Bruch (14,4 MW, Niedersachsen).

www.statkraft.de

SOLARSOLUTIONS-DÜSSELDORF
SMART STORAGE EV CHARGING GREEN HVAC

**Die Leitmesse
für Experten
erneuerbarer Energien
in Nordrhein-Westfalen**

**Erwerben Sie Ihr
kostenloses Ticket
mit unserem individuellen
Einladungscode**

**27. & 28.
November 2024
Messe
Düsseldorf**

ENERGIEUMWELT24

Part of **SUSTAINABLE
SOLUTIONS
EUROPE**



Foto: PantherMedia/soleg

Gleichstromleitungen und Netzstabilität

Großbritanniens Herausforderungen mit Gleichstromleitungen

Großbritannien hatte im ersten Halbjahr 2024 eine Vielzahl von Interkonnektorausfällen.

Insgesamt wurden 99 Ausfälle veröffentlicht, davon etwa 30 Ausfälle von Leitungen nach Kontinentaleuropa. Dieser Artikel analysiert die Wirkung der Ausfälle auf die britische Systemstabilität und arbeitet Einflussfaktoren heraus, die die Stärke der Ausfallwirkung erklären.

Großbritannien ist mit einer Vielzahl von Gleichstromleitungen mit Kontinentaleuropa, Skandinavien und Irland verbunden (**Tabelle 1**).

Sie ermöglichen den Energieexport bei hohem Erneuerbaren-Anteil und den Energieimport, wenn britische Erneuerbare zu wenig Energie bereitstellen. In rund 93 % der Zeit fand im ersten Halbjahr 2024 ein Nettoenergieimport statt, insgesamt knapp 18,2 TWh, was

rund 13 % des britischen Energiebedarfs entsprach.¹⁾

Bis spätestens 2050 plant die britische Regierung „net zero“ zu sein, bis 2030 sollen die CO₂-Emissionen um 45 % gegenüber 1990 reduziert werden.²⁾ Damit steigt die Bedeutung von Interkonnektoren, insbesondere in Situationen mit hohem Erneuerbaren-Anteil. Die bisherigen 13 250 MW Austauschkapazität sollen vor 2030 um 9 500 MW anwachsen. Im Fokus steht insbesondere der Austausch mit Kontinentaleuropa sowie

das ambitionierte Marokko-Projekt zum Photovoltaik (PV)-Stromimport ab 2029.

Descriptive Analysis

Weitgehend unbekannt ist die Vielzahl der Ausfälle und ihre systematische Auswirkung auf die Systemstabilität. Im ersten Halbjahr 2024 wurden 99 unerwartete Unterbrechungen veröffentlicht³⁾, 80 % davon Totalausfälle.

Die mit Abstand häufigsten Ausfälle fanden auf dem „East West Intercon-

Gleichstromleitung	Leistung [MW]	Inbetriebnahme [Jahr]
HVDC Cross-Channel (IFA-1)	2000	1986
Moyle Interconnector	500	2001
BritNed	1000	2011
East-West Interconnector	500	2012
Nemo Link	1000	2019
Caithness-Moray Link	1200	2019
Western HVDC Link	2250	2019
IFA-2	1000	2021
North Sea Link	1400	2021
ElecLink	1000	2022
Viking Link	1400	2023

Tabelle 1 Großbritanniens Gleichstromleitungen.

nector“ (EWIC) zwischen England und Irland statt, insgesamt 70 Ausfälle. EWIC-Ausfälle sind eher unbedeutend für die Nettoimportsituation Englands, weil der Interkonnektor mit 500 MW vergleichsweise klein und selten voll ausgelastet ist. Dennoch wirken sich auch diese Ausfälle auf die Systemstabilität aus.

Rund 30 Ausfälle betrafen den Austausch mit Kontinentaleuropa mit wesentlich größeren Volumina. Dementsprechend ist auch die Wirkung von Ausfällen auf die Systemstabilität größer.

Einfluss-Faktoren für das Ausmaß von Ausfällen

Gridradar misst an unterschiedlichen Punkten unter anderem im britischen und im kontinentaleuropäischen Synchrongebiet hochauflösend und zeitsynchronisiert die Netzfrequenz und entwickelt daraus Echtzeitanalysen und Prognosen zur Netzsituation und Systemstabilität für Erzeuger, Batteriebetreiber und Netzbetreiber. Auf dieser Grundlage wurde für diese Langfristbetrachtung die Netzsituation infolge von Ausfällen von Gleichstromleitungen nach Großbritannien untersucht.

Bild 1 zeigt drei Beispiele, wie sich Ausfälle auswirken: Die linke Grafik stellt einen 500-MW-Ausfall des IFA-1 Inter-



Bild 1 Vergleich von Interkonnektorausfällen (oben: EWIC, Mitte: IFA-1, unten: Viking Link; eigene Darstellungen; Quelle: www.gridradar.net).

connectors am 29. März 2024 dar. Durch den Ausfall sank die Netzfrequenz in vier Sekunden um 290 mHz. Die mittlere Abbildung zeigt einen 500-MW-Ausfall des EWIC am 8. Mai 2024, bei dem die Frequenz in zwölf Sekunden um 99 mHz sank. Die rechte Grafik zeigt einen

knapp 672-MW-Ausfall des Viking Link am 30. Mai 2024 in einer Export-Situation mit 240 mHz Frequenzanstieg in sechs Sekunden.

Der Vergleich verdeutlicht die unterschiedliche Wirkung auf die Systemstabilität. **Bild 2** kategorisiert drei Gruppen

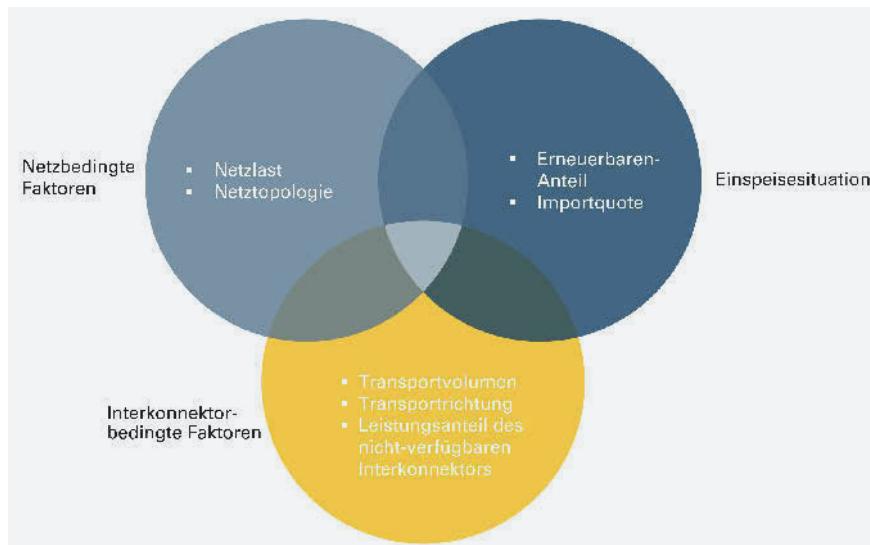


Bild 2 Einflussfaktoren auf die Wirkung von Interkonnektorausfällen auf die Systemstabilität (Quelle: www.gridradar.net).

typischer Einflussfaktoren auf die Wirkung von Ausfällen auf die Systemstabilität:

1. Netzbedingte Faktoren:

Die Netzlast beschreibt die zu einem Zeitpunkt einem Netz entnommene elektrische Leistung. Da Länder ihren Energiebedarf großteils selbst erzeugen, ist die Netzlast in Verbindung mit dem Anteil der Erzeugung aus Wind und Sonne („Erneuerbaren-Anteil“) und der Importsituation ein Indikator für die verfügbaren Schwungmassen. Die Netztopologie beschreibt den Aufbau des Netzes. Da wir hier die Auswirkung von Interkonnektorausfällen auf die Systemstabilität Großbritanniens betrachten,

gehen wir von einer (annähernd) gleichbleibenden Netztopologie aus.

2. Einspeisesituation:

Der „Erneuerbaren-Anteil“ beschreibt den CO₂-frei erzeugten Anteil an der Gesamterzeugung. Je höher der Erneuerbaren-Anteil, desto stärker wirkt der Merit-Order-Effekt kurzfristig auf die Konventionellen-Erzeugung und verdrängt langfristig die Konventionellen-Kapazitäten. Der Nettoimport in Relation zur Netzlast („Importquote“) beschreibt die Importabhängigkeit eines Landes. Ein höherer Importanteil deutet auf relativ mehr konventionelle Erzeugung mit entsprechender Schwung-

masse hin. Andererseits reicht die eigene konventionelle Erzeugung nicht aus, um die Erneuerbaren-Lücke zu decken. Ob daher die Importquote positiv oder negativ auf die Systemstabilität wirkt, ist unklar.

3. Interkonnektorbedingte Faktoren:

Das Transportvolumen beschreibt die vorm Ausfall genutzte Kapazität des individuellen Interkonnektors. Je höher das Transportvolumen, desto bedeutsamer ist ein Interkonnektor hinsichtlich ausgetauschter elektrischer Leistung. Die Transportrichtung zeigt an, ob ein ausgefallener Interkonnektor vor seinem Ausfall für den Import oder den Export genutzt wurde. Es kommt durchaus vor, dass einzelne Interkonnektoren importieren, während andere zeitgleich exportieren. Der Leistungsanteil des nicht-verfügbar Interkonnektors beschreibt den Anteil der verlorenen Interkonnektorleistung in Relation zur Netzlast.

Untersuchung der unmittelbaren Wirkung auf die Systemstabilität

Für allgemeingültige Aussagen muss eine Vielzahl von Ausfällen auf wiederkehrende Muster untersucht werden. Mithilfe von Regressionsanalysen bestimmen wir die Wirkung der Einflussfaktoren auf die Frequenzänderung als Maß der Systemstabilität:

$$\text{abs}(\hat{f}_{\text{rms}} - f_{\text{rms},i}) - \text{Netz}_i \beta_{\text{Netz}} + \text{Einsp}_i \beta_{\text{Einsp}} - IC_i \beta_{\text{IC}} + \epsilon_i$$

	Netzbedingte Faktoren (I)	Einspeisesituation (II)	Interkonnektorbedingte Faktoren (III)	Insgesamt (IV)
Netzbedingte Faktoren				
Netzlast	+0,000*	–	–	+0,000**
Einspeisesituation				
Erneuerbaren-Anteil	–	0,189*	–	0,008
Importquote	–	0,179	–	0,143
Interkonnektorbedingte Faktoren				
Transportvolumen	–	–	+0,000	+0,000
Transportrichtung	–	–	0,035*	0,023***
Leistungsanteil nicht-verfügbarer Interkonnektor	–	–	2,427*	1,708***
Anzahl Beobachtungen	99	99	95	95
F-Test	135,73	54,15	39,20	37,09
Bestimmtheitsmaß R ²	0,58	0,58	0,67	0,69

* signifikant bei 99 % Signifikanzniveau; ** signifikant bei 90 % Signifikanzniveau; *** signifikant bei 95 % Signifikanzniveau

Tabelle 2 Schätzergebnisse für die Systemstabilität.

Die linke Seite ist die durch Gridradar⁴⁾ gemessene Zehntelsekunden-Frequenzänderung. Die Frequenzänderung wurde als Differenz des lokalen Maximums und Minimums unmittelbar vor und nach einem Ausfall i gebildet. Gridradar nutzt ein vollautomatisiertes Echtzeit-Alertsystem zur Information signifikanter Netzereignisse. Aus dessen Eingangsgrößen wurde das Maß ermittelt. Die rechte Seite setzt sich zusammen aus den Netzbedingten Einflussfaktoren *Netz*, der Einspeisesituation *Einsp* und interkonnektorbedingten Einflussfaktoren *IC* aus durch National Grid veröffentlichten Daten. β_s sind die Vektoren der zu schätzenden Stärke, Richtung und Signifikanz der Einflüsse. ε ist der Fehlerterm.

Die Ergebnisse einer sogenannten robusten Kleinstre-Quadrat-Schätzung fasst die **Tabelle 2** zusammen.

Die Spalten (I) bis (IV) zeigen die Ergebnisse für die Einflussfaktoren einzeln (I bis III) und für alle Einflussfaktoren gemeinsam (IV). Zwischen Netzlast und Frequenzabweichung scheint es einen positiven Zusammenhang zu geben.⁵⁾ Bleiben Einspeisesituation und interkonnektorbedingte Faktoren gleich, wirkt ein Ausfall einer Gleichstromleitung umso stärker auf die Netzfrequenz je höher die Nachfrage.

Ein höherer Erneuerbaren-Anteil wirkt nur in der individuellen Schätzung (ii) positiv auf die Frequenzabweichung. Bei der gemeinsamen Schätzung (iv) ist die Bedeutung des Erneuerbaren-Anteils nicht signifikant.⁶⁾ Die Importquote wirkt sich nicht statistisch auf die Frequenzänderung aus. Woher die Leistung stammt, ist für die Wirkung eines Interkonnektorausfalls auf die Systemstabilität nicht relevant, solange auf Schwungmasse in der Schätzung kontrolliert wird.

Bei den interkonnektorbedingten Faktoren sind Transportrichtung und Leistungsanteil an der Netzlast statistisch signifikant. Dabei zeigen die Ergebnisse, dass die Frequenzänderung statistisch stärker ist, wenn über den ausfallenden Interkonnektor importiert wird, als wenn über ihn exportiert wird. Je wichtiger ein Interkonnektor für die gesamte Netzlast ist, desto stärker wirkt sich sein Ausfall auch auf die Frequenzänderung aus.

Tests auf einen unterschiedlichen Einfluss von EWIC-Ausfällen zu Ausfällen von Interkonnektoren nach Kontinentaleuropa zeigen eine signifikant höhere Auswirkung

auf die Systemstabilität aus Ausfällen von Interkonnektoren nach Kontinentaleuropa.

Längerfristige Auswirkung auf die Systemstabilität

Bei längerfristigen Effekten über den Frequenzsprung hinaus muss ein Übertragungsnetzbetreiber auf die Frequenzänderung durch Gegenmaßnahmen reagieren, wenn die Frequenz zu stark von der Sollfrequenz abweicht.

Die durchschnittliche durch Gridradar gemessene Frequenzänderung betrug 83 mHz, bei Ausfällen von Gleichstromleitungen zum Kontinent 127 mHz. Die Differenz zur Sollfrequenz betrug nach einem Ausfall 25 beziehungsweise 89 mHz. Gerade bei den Ausfällen der Interkonnektoren zum Kontinent musste daher regelmäßig aFRR (automatic Frequency Restoration Reserve) aktiviert werden. Typischerweise kommt es in solchen Situationen auch zum Abruf von FCR

Power Purchase Agreements

Ein Win-Win-Modell für alle

Power Purchase Agreements sind eine Lösung, um mittels grünen Stroms das Energieportfolio zu diversifizieren. Sie bieten finanzielle Sicherheit für Projekte, garantieren die Versorgung mit sauberer Energie, sichern gegen Preisschwankungen ab und reduzieren schließlich Emissionen.

Unsere PPAs beantworten den steigenden Bedarf an neuen, individuellen und wirtschaftlichen Investitions- und Vermarktungsformen für den Betrieb und den Ausbau erneuerbarer Energieerzeugungsanlagen. Nutzen Sie diesen Vorteil für sich!

Was wir Ihnen bieten:

- Umfangreiche Expertise und Erfahrung in der vertraglichen Ausgestaltung und Umsetzung von PPAs
- Umstrukturierung schwankender Stromerzeugung hin zu einem gleichmäßigen Stromprodukt, das Sie in Ihr Stromportfolio integrieren können



Uniper. The beating heart of energy.



Könnte ein Power Purchase Agreement auch für Ihr Unternehmen eine lohnenswerte Option sein?
<https://bit.ly/4e2rFux>

uni
per



(Frequency Containment Reserve) beziehungsweise in Großbritannien zur Aktivierung synthetischer Schwungmassen aus Batterien, Dynamic Firm Frequency Response (FFR) Services.

Neben der instantanen Frequenzänderung wurde untersucht, ob es längerfristige Auswirkungen auf die Systemstabilität gibt, die nicht durch regelleistungsbezogene Maßnahmen geheilt werden können. Der Vergleich der Streuung der Netzfrequenz fünf Minuten vor und fünf Minuten nach einem Ausfall zeigt einen Anstieg, für Ausfälle nach Kontinentaleuropa etwas stärker als für solche des EWIC.⁷⁾

Konsequenzen und Gegenmaßnahmen

National Grid und der britische Regulierer Ofgem sind sich der mit dem „net zero“-Umbau einhergehenden Herausforderung für die Systemstabilität bewusst. Die Analyse hier zeigt, dass neben dem Erneuerbaren-Ausbau ein größeres Augenmerk auf Interkonnektoren gelegt werden sollte.

In Großbritannien wurde bereits 2016 mit der Einführung von Enhanced Frequency Response (EFR) ein Instrument für ultraschnell verfügbare Frequenzstabilisatoren geschaffen. EFR wurde 2020 durch statische und dynamische FFR abgelöst. Aufgrund der typischerweise sehr steilen Rampen bei Ausfällen von Gleichstromleitungen wirken aber selbst diese dynamic services vor allem erst ab Erreichen einer Abweichung von 200 mHz. Dabei ist zu beachten, dass Abweichungen >200 mHz typischerweise dann eintreten, wenn die Netzfrequenz bereits in die Abweichungsrichtung verschoben war, also bei einem Importausfall bei negativer beziehungsweise einem Exportausfall bei positiver Frequenz.

Mit dem beabsichtigten Ausbau an Interkonnektorkapazitäten von über 70 % bis 2030 werden die Herausforderungen massiv zunehmen. Ausfälle von Leitungen wie dem Viking Link oder von IFA-2 zeigen, dass auch neueste Gleichstromleitungen nicht besser vor Ausfällen geschützt sind. Aufgrund ihrer Größe wird die Ausfallwirkung der geplanten Leitungen auf die Systemstabilität noch größer sein als das, was die vorliegende statistische Analyse zeigt.

Vor diesem Hintergrund sollten Maßnahmen geprüft werden, die die Anzahl der Ausfälle reduzieren oder zumindest

deren unmittelbare Wirkung auf die Systemstabilität mildern. National Grid arbeitet an drei neuen dynamic services, die ab 2025 die existierenden FFR-Produkte ablösen und noch passgenauer auf die aktuellen Herausforderungen zugeschnitten sind. Die Konsultationsphase läuft.

Learnings für Deutschland

In Deutschland sind wir aktuell noch von vergleichbar kritischen Situationen für die Systemstabilität wie in Großbritannien entfernt. Dennoch können wir aus den Erfahrungen lernen und bereits überlegen, wie wir im Zuge der Integration von Flexibilitäten die Möglichkeit kurzfristiger Regelleistungsoptionen umsetzen:

- Mit NeuConnect wird voraussichtlich ab 2028 die erste direkte Gleichstromleitung nach Großbritannien in Betrieb gehen. Deutschland im Zentrum des kontinentaleuropäischen Synchrongebiets wird sicherlich wesentlich schwächer von Ausfällen betroffen sein als Großbritannien. Analysen von Ausfällen zwischen Großbritannien und Kontinentaleuropa durch Gridradar weisen eine um den Faktor 5 bis 8 geringere Auswirkung auf die Systemstabilität aus.
- Weitere Untersuchungen von Gleichstromverbindungen von Deutschland oder unmittelbaren Nachbarn nach Skandinavien deuten darauf hin, dass sich Ausfälle kürzer und stärker regional konzentriert auswirken.
- Welche Konsequenzen Ausfälle von zukünftigen Onshore-Gleichstromleitungen innerhalb Deutschlands auf die Systemstabilität haben werden, kann aktuell noch nicht abgeschätzt werden. Sicherlich wird es Unterschiede hinsichtlich der Einflussfaktoren geben. Dennoch werden sich aufgrund der geplanten Leitungskapazitäten ähnliche Effekte beiderseits der Leitungen einstellen, wie aktuell zwischen Großbritannien und Kontinentaleuropa. Zu bedenken bleibt allerdings, dass die (einander entgegen gerichteten) Wirkungen zeitgleich innerhalb eines Synchrongebiets auftreten werden.
- Mit dem starken Ausbau der Erneuerbaren fehlen absehbar im deutschen Verbundsystem bekanntermaßen Schwungmassen. Dies wird die Auswirkung von Ausfällen von Gleichstromleitungen zukünftig verstärken.

Bereits heute ist vorauszusehen, dass Nordwestdeutschland eher betroffen sein wird, da vor allem dort Interkonnektoren anlanden und fast alle innerdeutschen Gleichstromleitungen starten werden. Die kürzere, regional begrenzte Wirkung kann daher zu einer Herausforderung für frequenzsensible Verbraucher werden, wenn nicht Gegenmaßnahmen zur kurzfristigen Frequenzstabilisierung beispielsweise durch Batterien in Form vollständig integrierter Netzkomponenten (VINK) oder per marktwirtschaftliche Anreize ergriffen werden. ■

F U S N O T E N

¹⁾ Errechnet aus National Grids Monthly Electricity Reports.

²⁾ Corporate Report, UK Government Environment Agency: reaching net zero, 31. Januar 2024.

³⁾ Gridradar hat weitere Ausfälle gemessen, die auch bestätigt, aber nicht veröffentlicht wurden, wie beispielsweise der Ausfall des Viking Links am 16. April 2024.

⁴⁾ www.gridradar.net

⁵⁾ Der Wert des Koeffizienten ist recht klein, weil die Frequenzänderung in Hertz und die Netzlaut in Megawatt gemessen wird.

⁶⁾ Hier schlägt ein zufälliges Phänomen statistisch durch, das sich ökonomisch oder technisch nicht erklären lässt: Wald-Tests auf gemeinsame Wirkung des Koeffizienten des Erneuerbaren-Anteils und des Koeffizienten des Transportvolumens des jeweiligen ausgefallenen Interkonnektors sind statistisch hoch signifikant.

⁷⁾ Für die Tests wurde die Frequenzschwankung fünf Minuten vor der Minute des Ausfalls mit der Frequenzschwankung fünf Minuten nach der Minute des Ausfalls verglichen. So ist die durch den Ausfall induzierte Frequenzänderung explizit ausgeschlossen.

Prof. Dr. rer. pol.
Tobias Veith



Professur für Energiewirtschaft an der Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg (HFR)

veith@hs-rottenburg.de

Foto: privat



Foto: Teledyne Flir

Vorausschauende und zustandsorientierte Instandhaltung

Bahn frei dank Thermografie

Als Teil der zum 1. Januar 2024 gegründeten DB InfraGO AG ist die DB Netz AG für das knapp 33 300 Kilometer lange Streckennetz der Deutschen Bahn AG verantwortlich – und ist damit Europas größter Schieneninfrastrukturanbieter. Für die vorausschauende und zustandsorientierte Instandhaltung ihres großen Netzes nutzt die Deutsche Bahn seit 40 Jahren Thermografie – mit Wärmebildkameras von Teledyne Flir.

Im Servicebereich Technik der Abteilung „Technisches Consulting Ost“ von DB Energie in Berlin sorgt Xiaoying Wang seit 2020 mit Wärmebildkameras dafür, dass die Züge sicher rollen. Es ist der erste Job der diplomierten Elektroingenieurin, die in München ihre Masterarbeit über Isolierwerkstoffe geschrieben hat. Und auch, wenn sie sich erst seit drei Jahren professionell mit Thermografie beschäftigt, ist sie schon zertifizierte Thermografin der Stufe 2 für den Elektro-

bereich und hat überdies bereits die Teilprüfung Stufe 3 Thermografie abgelegt. Für DB Energie ist sie bundesweit im Instandhaltungseinsatz und nutzt für ihre Untersuchungen eine „Flir T1020sc“ mit Standard-, Weitwinkel- und Teleobjektiv (**Bild 1**).

Technische Beratung für den gesamten Konzern

Der Servicebereich Technik der Abteilung Technisches Consulting Ost der DB

Energie wird konzernweit immer wieder um Hilfe gerufen, wenn es ein technisches Problem gibt, das mit einer Wärmebildkamera untersucht werden soll. Aber natürlich können die Mitarbeitenden der vergleichsweise kleinen Abteilung nicht überall gleichzeitig persönlich helfen. Daraus versteht das Team seine Aufgabe vor allem darin, zu beraten und anderen technischen Abteilungen aufzuzeigen, wie sie ihre Probleme am besten lösen können. Dazu sind mittlerweile viele Einstiegs-



Bild 1 Pooria Memari (links, DB Energie), Andreas Blug (Mitte, Rolf Weber Gruppe) und Xiaoying Wang (DB Energie) mit dem großen Teleobjektiv der „Flir T1020sc“. Foto: Teledyne Flir

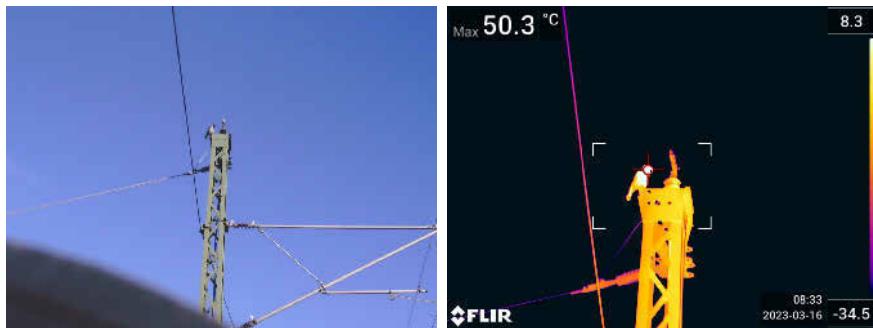


Bild 2 Höchste Präzision ist bei der Arbeit mit dem Teleobjektiv notwendig. Schließlich möchte man die Temperatur des Bauteils, nicht die des darauf sitzenden Vogels erfassen. Fotos: Teledyne Flir

wärmebildkameras wie die „Flir E8“ oder auch das „Flir One Pro“-Modul für Smartphones dezentral im Einsatz. Wenn Mitarbeitende mit einem dieser Geräte ein aussagekräftiges Wärmebild aufgenommen haben, bei dem sie sich nicht ganz sicher sind, kann das Berliner Team bei der Interpretation helfen. „Voraussetzung dafür ist natürlich, dass das Bild scharf ist (richtiger Fokus beziehungsweise Abstand zum thermografierten Objekt) und dass der Bildausschnitt korrekt gewählt wurde“, erklärt Andreas Blug, Berater von der Rolf Weber Gruppe, der die Bahn seit vielen Jahren bei ihrem thermografischen Bedarf berät. „Um das zu gewährleisten, ist es absolut notwendig, Mitarbeitenden nicht nur die Wärmebildkameras zur Verfügung zu stellen, sondern sie auch in ihrer Anwendung zu schulen. Nur so entstehen aussagekräftige Thermogramme (**Bild 2**).“ Außerdem ist es natürlich wichtig, dass

möglichst viele technische Mitarbeitende der Bahn das Potenzial der Wärmebildkameras kennen, denn nur so werden sie auch eine Anfrage zur technischen Unterstützung stellen können.

Was wird thermografiert?

Die wichtigsten Objekte, die bei DB Energie thermografiert werden, sind neben Bahnfreileitungen vor allem die Umformer- und Umrichterwerke. Diese Werke sind notwendig, weil die Züge der Deutschen Bahn mit Bahnstrom mit einer Frequenz von 16,7 Hz fahren, das öffentliche Stromnetz aber mit 50 Hz betrieben wird. Die Umwandlung des Stroms erfolgt heute hauptsächlich in sogenannten Umrichterwerken. Im Gegensatz zu ihren Vorgängern, den Umformerwerken (die immer noch in Betrieb sind), arbeiten sie nicht mechanisch, sondern sind mit einer

Leistungselektronik ausgestattet und erzeugen so bis zu 5 % weniger Umwandlungsverluste. Umformerwerke bestehen aus einer gewaltigen rotierenden Maschinerie, die mit Elektromotor und Generator allein ein Gewicht von 140 t erreichen kann, sowie parallel dazu einer Schaltanlage. Die technischen Einrichtungen in Umrichterwerken machen im Prinzip dasselbe – nur eben effizienter und deutlich kompakter. Beide Umwandlungsarten erzeugen Wärme und sind damit ein mögliches Einsatzgebiet für die Thermografie.

Thermografie von Bahnfreileitungen

Die wichtigste Jahreszeit für thermografische Inspektionen von Bahnfreileitungen und Oberleitungen als besonderer Form von Freileitungen ist der Winter. Dafür muss das Team von Wang früh aufstehen: „Wenn wir die Knotenpunkte von Bahnfreileitungen thermografieren, stehen wir schon um 5 Uhr auf – und thermografieren bis 14 Uhr. Wir müssen aber auch manchmal schon um 10 Uhr abbrechen, wenn die Sonne durchkommt, denn direkte Sonneneinstrahlung verfälscht die Ergebnisse genauso wie Schnee, Regen oder Nebel“, erklärt Wang. Daher achtet die junge Diplomingenieurin auch schon im Vorfeld bei der Planung der zustandsorientierten Instandhaltungsmaßnahmen auf die zu erwartenden Witterungsverhältnisse. Ideal ist ein kalter, bewölkter Herbst- oder Wintermorgen ohne Sonne, Regen, Schnee, Nebel oder Wind.

Günstige Wetterbedingungen: Grundlage für aussagekräftige Wärmebilder

„Die Wettervorhersage ist aber erst der zweite Punkt bei unserer Planung. Zuerst müssen wir uns mit der zentralen Netzstelle abstimmen, um festzulegen, wo wir thermografieren und was wir uns genau ansehen möchten“, so Wang. Denn bei der Bahn ist fast¹⁾ alles auf Redundanz angelegt, sodass der Betrieb auch beim technischen Ausfall einer Komponente reibungslos weiterlaufen kann. Doch ge-

F U ß N O T E

¹⁾ Von wenigen Ausnahmen abgesehen: So hat die Fahrdrahtspeiseklemme im Hauptgleis keine Redundanz und ist deshalb auch bei der zustandsorientierten Instandhaltung ein zentrales Bauteil.

nau diese Redundanz sorgt auch dafür, dass die Komponenten fast nie an ihre Leistungsgrenzen kommen. Wenn das technische Serviceteam also ein bestimmtes Bauteil genauer untersuchen möchte, muss es dafür sorgen, dass die Last nicht gleichmäßig über alle Teile des redundanten Systems geleitet wird, sondern hauptsächlich durch die zu untersuchende Komponente. Nur so kann man mit einer geeigneten Thermografiekamera erkennen, ob alles in Ordnung ist oder ob die Komponente umgehend oder bei der nächsten geplanten Abschaltung ausgetauscht werden sollte.

Sicherheit hat immer höchste Priorität

Wenn die Abstimmung mit der zentralen Netzstelle immer der erste Schritt ist und die Wettervorhersage an der zweiten Stelle erfolgt, dann ist die eigene Sicherheit die dritte Säule, die immer strikt beachtet werden muss. „Deswegen würden wir auch niemals alleine im Gleisbereich thermografieren, denn wenn ich mit der Kamera arbeite, kann ich nicht auf die Züge achten“, betont Wang. Diese Aufgabe muss eine zweite Person übernehmen, um jederzeit die Sicherheit des Teams zu gewährleisten. Außerdem ist immer eine Person mit Ortskenntnis dabei, die auch die ortsspezifischen Wege und Zugänge zu jedem Bauteil kennt.

Gründliche Planung

Während Energieversorger für die Inspektion ihrer Freileitungen oft Drohnen mit Wärmebildkameras einsetzen, ist das für die Bahnstromversorgung aufgrund der stark wechselnden Belastzungszustände nicht aussagekräftig.

Daher werden die Bahnfreileitungen mit einer hochauflösenden handgehaltenen Wärmebildkamera untersucht. Dafür erstellt das Team vorab mithilfe von Google Maps einen genauen Inspektionsplan, der jeden Knotenpunkt einer Strecke umfasst. Das können durchaus 20 bis 30 Knotenpunkte sein. „Für die Strecke Darmstadt-Mannheim benötigt ein Zweierteam ungefähr eine Woche. Um den Prozess zu beschleunigen, haben wir mit zwei Teams von beiden Seiten zeitgleich angefangen und konnten so die Inspektionszeit auf zwei Tage begrenzen“, erklärt Wang.

Aber dafür muss natürlich auch das Wetter mitspielen. „Es gibt Untersuchun-

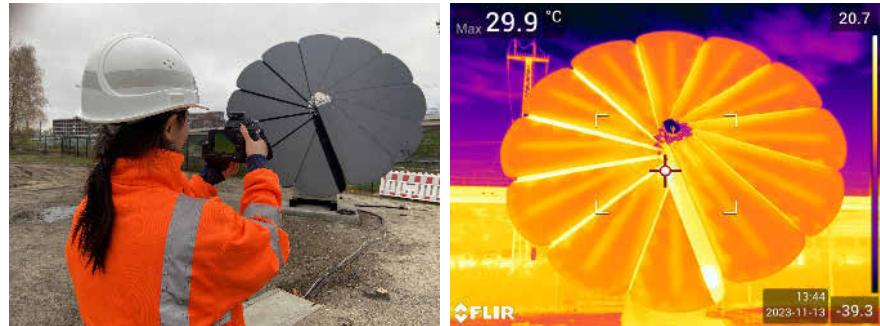


Bild 3 Xiaoying Wang beim Thermografieren der Solarblume aus dem „RealLabor Energie“ der DB Energie GmbH; rechts das Ergebnis. Fotos: Teledyne Flir



Bild 4 Auf einer fahrbaren, ferngesteuerten Plattform wurde ein Stativ mit einem Schwenk-Neigekopf montiert, der der handgehaltenen „Flir T1020sc“ mit ihrem Weitwinkelobjektiv größtmögliche Bewegungsfreiheit verleiht. Foto: Teledyne Flir

gen, die kann man noch so genau planen, und muss sie doch im letzten Moment absagen. Offshore-Windenergieanlagen in der Ostsee sind so ein Fall: Bei hohem Wellengang ist ein Anlanden unmöglich, und auch zu starker Wind kann Untersuchungen unmöglich machen und würde überdies die Ergebnisse verfälschen.“

Weitere Untersuchungsobjekte

Die Deutsche Bahn hat sich dem ehrgeizigen Ziel verpflichtet, bis 2040 klimaneutral zu werden. Dafür ist die Nutzung erneuerbarer Energien und neuer Technologien ein zentraler Baustein. Um Technologien und Energiekonzepte unter Realbedingungen besser erforschen und testen zu können, betreibt die Bahn das „RealLabor Energie“ in Berlin. Dort sorgen bereits heute ein mit Photovoltaik

(PV)-Modulen ausgestatteter Carport und eine „Solarblume“ dafür, dass ein Teil der benötigten Energie nachhaltig erzeugt wird. Die korrekte Funktion lässt sich ebenfalls mit einer Wärmebildkamera überprüfen (Bild 3).

Die geeignete Wärmebildkamera

Was eine geeignete Wärmebildkamera ist, hängt ganz von der Untersuchungssituation ab. Wenn man ein Objekt im Hochspannungsbereich untersucht, muss man aus Sicherheitsgründen einen deutlichen Abstand einhalten, um potenziell tödliche Lichtbogenüberschläge zu vermeiden. Für hochauflösende Thermografie an einem weiter entfernten Knotenpunkt ist daher ein Teleobjektiv äußerst sinnvoll. Steht man dagegen direkt vor einem Schalt-



schrank und kann nicht weiter nach hinten zurücktreten, kommt ein Weitwinkelobjektiv zum Einsatz, um möglichst viel von einer Szenerie auf einem einzigen Wärmebild zu erfassen. Will man verschiedene Anwendungsfälle mit einer Kamera abdecken, empfehlen sich Wechselobjektive.

Die Bedeutung der Messfleckgröße

Die geometrische Auflösung ist dafür verantwortlich, dass ein Bauteil im Messabstand vollständig erfasst wird. Nur so ist eine genaue Temperaturbestimmung möglich, denn falls der Messfleck größer als das zu messende Objekt wäre, würden neben der Bauteiltemperatur auch Temperaturen der unmittelbaren Umgebung mit gemessen – und damit wäre die Messung fehlerhaft.

Sicherheitskonzept für Umrichterwerke

In vielen Umrichterwerken stehen die Schaltschränke in Reihen eng beieinander. Aus Sicherheitsgründen darf dieser Bereich im Betrieb nicht betreten werden. Wärmebildaufnahmen von ausgeschalteten Geräten zeigen jedoch keine Auffälligkeiten.

Wie kann man dennoch im laufenden Betrieb Wärmebildaufnahmen machen? Das Team vom Technischen Consulting Ost der DB Energie hat dafür einen Roboter im Einsatz (**Bild 4**). Auf einer fahrbaren, ferngesteuerten Plattform wurde ein Stativ mit einem Schwenk-Neigekopf montiert, der die handgehaltene Flir T1020sc mit ihrem Weitwinkelobjektiv zu einer festmontierten Kamera mit größtmöglicher Bewegungsfreiheit macht. Die Konstruktion fährt ferngesteuert durch die Schaltschränke, ohne dass ein Mensch gefährdet wird. Oft macht dem Roboter allerdings die verwinkelte Anlage der Schaltschränke in den Umrichterwerken zu schaffen, denn für die Steuerung über WLAN benötigt man eine weitgehend freie Sicht auf den Roboter, die leider nicht immer gegeben ist. Hier sieht das Team der Abteilung Technisches Consulting Ost der DB Energie in den nächsten Jahren noch ein Potenzial für weitere innovative Inspektionslösungen und deren Fernsteuerung.

Wünsche für die Zukunft

Mit der Flir T1020 ist Wang für ihre Inspektionen sehr zufrieden. Die be-

schriebenen halb-automatisierten Untersuchungen mit dem fahrbaren Roboter in Umrichterwerken sind nur die ersten Schritte in eine immer stärker automatisierte, permanente Instandhaltung von Bereichen, die für Menschen nicht zugänglich sind. „Aus Sicherheitsgründen werden viele Schaltschränke heute so gebaut, dass sie sich gar nicht mehr öffnen lassen“, erklärt Wang. „Dafür brauchen wir festinstallierte Lösungen, die von vorne herein in die Anlagen verbaut werden und permanent zuverlässige Messungen liefern können oder zeitweise installierte Minikameras.“ Blug schätzt den Trend ähnlich ein: „Gerade im Zuge der Elektromobilität, aber auch bei Energieversorgern beobachten wir einen immer stärkeren Bedarf an festinstallierten, automatisierten Wärmebildkamera-Inspektionslösungen. Auch wenn der Hauptfokus der Rolf Weber Gruppe auf handgehaltenen Flir-Inspektionslösungen liegt, werden wir gemeinsam mit Teledyne Flir und den Kunden neue Inspektionskonzepte entwickeln, in denen festinstallierte Systeme eine permanente Sicherheit garantieren – 24/7.“ ■

www.flir.de

Vorschau 1/2-2025



Weißenburg plant Umstellung auf Biogas: erneuerbare Wärme für die Altstadt.
Foto: Stadtwerke Weißenburg

Special

Als Informations- und Netzwerkplattform für die Energiebranche versammelt die E-world energy & water jährlich ein internationales Publikum in Essen. 2025 findet sie vom 11. bis 13. Februar statt.

Stoffkreisläufe

Der Essener Chemiekonzern Evonik will mit elektrochemischen Prozessen Stoffkreisläufe schließen und Produkte herstellen. Dies spart den Einkauf teurer Rohstoffe und ist aktiver Klimaschutz.

Biogas

Stadtwerke müssen ihre zukünftigen Geschäftsmodelle zur Gas- / Wärmeversorgung überdenken. Dicht bebauten Innenstädte sind eine Herausforderung dar. Die Nutzung von Biogas im Erdgasnetz könnte ein Lösungsansatz sein.

Corporate Sustainability Reporting Direktive

Transparentes Nachhaltigkeitsmanagement

Im Sommer 2024 ist die Corporate Sustainability Reporting Direktive (CSRD) ihrer Umsetzung in deutsches Recht einen großen Schritt nähergekommen. Die Bundesregierung hat ihren Entwurf zum Gesetz verabschiedet. Die CSRD bringt wesentlich mehr Transparenz in die Nachhaltigkeitsberichterstattung. Gleichzeitig sind deutlich mehr Unternehmen berichtspflichtig als unter der vorherigen Gesetzgebung. TÜV Süd informiert über die Pflichten und weitere Aspekte, die Energieunternehmen beachten sollten.

Nachhaltigkeit gewinnt in der Energiebranche weiter an Gewicht – als Entscheidungskriterium für Kunden, Investoren und andere Stakeholder. Über verschiedene Nachhaltigkeitsaspekte verlangt die CSRD Rechenschaft von Unternehmen. Die neue europäische Gesetzgebung ist Teil der Umsetzung des European Green Deal und stellt die Nachhaltigkeitsberichterstattung zunehmend der Finanzberichterstattung gleich. Energieunternehmen sind als Folge gefordert, angesichts globaler ökologischer und sozialer Herausforderungen verantwortungsvoll zu agieren und dies auch nachzuweisen. Die größten Veränderungen gegenüber der bisherigen Berichtspraxis sind das Konzept der „doppelten Wesentlichkeit“ und die Pflicht zur Prüfung durch unabhängige Dritte.

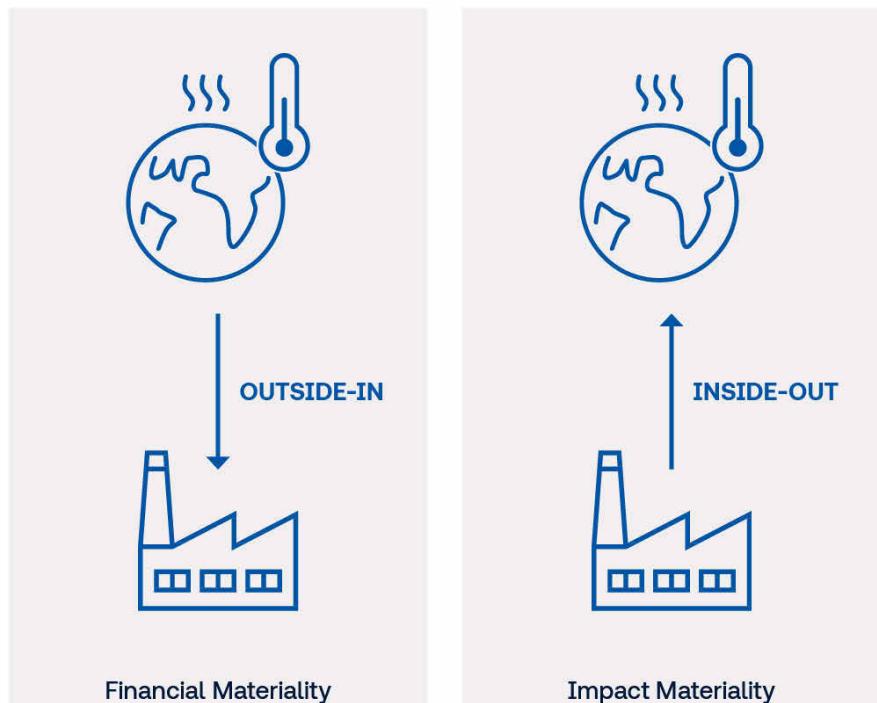
Finanzielle und Impact-Wesentlichkeit

Welche Aspekte muss der Nachhaltigkeitsbericht behandeln? Das beantwortet im ersten Schritt eine breit angelegte Analyse, die anhand der doppelten Wesentlichkeit die relevanten Themen identifiziert. Dieses Konzept vereint als zentraler Bestandteil des Nachhaltigkeitsmanagements zwei Perspektiven. Die Inside-Out-Perspektive oder auch Impact-Wesentlichkeit betrachtet die Auswirkungen unternehmerischen Handelns auf Umwelt und Gesellschaft. Als Beispiele sind hier negative Effekte durch gefährliche Abfälle, der Ausstoß von Schadstoffen oder die Arbeitsbedingungen in der Lieferkette zu nennen.

Ein Nachhaltigkeitsthema ist wesentlich und damit berichtspflichtig, wenn es ...

... erhebliche finanzielle Auswirkungen auf das Unternehmen und seine Entwicklung, Leistung und Position hat oder haben kann

... sich auf erhebliche tatsächliche oder potenzielle Auswirkungen des Unternehmens auf Mensch oder Umwelt bezieht



Welche Aspekte muss der Nachhaltigkeitsbericht behandeln? Das verrät die „doppelte Wesentlichkeit“
Grafik: TÜV Süd

Ebenso wirken sich äußere „Environmental, Social and Governance“ (ESG)-Faktoren auf das Unternehmen aus, etwa erhöhte Kosten durch Änderung in der CO₂-Bepreisung oder die Kühlwasserentnahme in Zeiten von Niedrigpegelständen. Welche wirtschaftlichen Risiken hieraus entstehen, und wie Unternehmen diesen be-

gegnen, ist Thema der finanziellen Wesentlichkeit oder auch Outside-In-Perspektive.

Schritt für Schritt zur Umsetzung

Um nach der Wesentlichkeitsanalyse im zweiten Schritt zu ermitteln, welcher



Handlungsbedarf besteht, sollten Energieunternehmen betrachten, wie sie bezogen auf die identifizierten Nachhaltigkeitsthemen aufgestellt sind. Alle bereits bestehenden Managementsysteme sollten aufgenommen und hinsichtlich der Schnittstellen mit der CSRD betrachtet werden. Aktuell vorliegende Zertifikate und regelmäßig durchgeführte Audits sind für die Vorbereitung hilfreich. Auch die Frage, welche Daten vorhanden sind und wie diese erhoben beziehungsweise verarbeitet werden, gehört zur gründlichen Analyse der Ausgangssituation. Die CSRD verlangt alle Berichte in einem maschinenlesbaren Format.

Auf Basis der Aufnahme des Status quo entsteht die Unternehmensstrategie für die Nachhaltigkeit. Sie definiert konkrete Ziele und messbare Indikatoren (Key Performance Indicators, KPI), mit denen sich die in der Wesentlichkeitsanalyse identifizierten Themen adressieren lassen. Während die ausgewählten Maßnahmen implementiert werden, erfolgt eine fortlaufende, regelmäßige Kontrolle der Fortschritte. Das Unternehmen muss interne Mechanismen einführen, um sicherzustellen, dass Datenerhebung, Umsetzung und Berichterstattung den Anforderungen entsprechen. Zum abschließenden Schritt, der Kommunikation, gehört neben dem Erstellen und Veröffentlichen des Berichts auch seine vorgeschriebene Prüfung durch unabhängige Dritte.

Die Nachhaltigkeitsberichterstattung sollte aber nicht nur als Complianceübung verstanden werden. Als weitere wichtige Stakeholder können auch die Öffentlichkeit und die Finanzgeber gesehen werden, die von Unternehmen mehr und mehr nachhaltiges Handeln und Transparenz hierüber einfordern. Mit der Offenle-

E S G

Bei der Nachhaltigkeitsbetrachtung von Unternehmen werden die drei Kernbereiche E, S und G unterschieden, denen sich die einzelnen CSRD-Anforderungen zuordnen lassen:

1. E – Environmental/Umwelt: Hierzu gehören alle umweltbezogenen Themen wie Emissionen, Rohstoffe, Biodiversität und der Schutz von Boden, Luft und Wasser.
2. S – Social/Soziales: Hierunter sind alle Themen zu Arbeits- und Gesundheitsschutz gefasst, ebenso wie Gleichberechtigung und soziale Verantwortung im eigenen Unternehmen, aber auch entlang der gesamten Lieferkette.
3. G – Governance/Unternehmensführung: Dieser Punkt betrifft schließlich die Werte eines Unternehmens und dessen Grundlagen ethischen Handelns.

zum Beispiel zu Themen wie Ressourcenutzung und Kreislaufwirtschaft, Klimawandel, Sozialaspekte in der eigenen Belegschaft und zur Unternehmensführung. Standards, die speziell auf die Anforderungen und Kapazitäten von KMU zugeschnitten sind, sollen noch 2024 veröffentlicht werden, branchenspezifische folgen voraussichtlich 2026.

Managementsystemansatz ist zentral

Zum ganzheitlichen Ansatz der CSRD gehört auch, dass sie vorhandene Managementsysteme ergänzt und nicht mit ihnen konkurriert. Es bestehen bereits zahlreiche Schnittstellen, wo die Systeme sinnvoll ineinander greifen, etwa beim Umweltmanagement nach ISO 14001, dem Energemanagement nach ISO 50001 oder dem Arbeits- und Gesundheitsschutz nach ISO 45001. Unternehmen, die bereits eines oder mehrere dieser Managementsysteme implementiert haben, verfügen schon über grundlegende Strukturen, etwa das Benennen der verantwortlichen Personen oder die vollständige Dokumentation. Auch, wer bereits freiwillig nach den Standards der Global Reporting Initiative (GRI) berichtet, ist für den Übergang zur CSRD gut vorbereitet.

gungspflicht erhalten mehr Interessierte Einblick in unternehmerische Vorgänge und nutzen die Nachhaltigkeitsinformationen für die eigene Kauf- oder Investitionsentscheidung.

Europäischer Standard

Wie die Berichtsinhalte nach CSRD gestaltet sein müssen, ist in den europäischen Standards für Nachhaltigkeitsberichte (European Sustainability Reporting Standards, ESRS) festgelegt. Diese werden in mehreren Schritten entwickelt und veröffentlicht. Aktuell gelten zwölf sektorenunabhängige, themenbezogene Standards,

Fazit

Die Einführung der CSRD mit der Ausweitung auf bisher nicht berichtspflichtige Unternehmen steigert EU-weit die Bedeutung eines systematischen Nachhaltigkeitsmanagements. Die Anwendung der ESRS und die Verzahnung mit bestehenden Systemen stellen sicher, dass das Nachhaltigkeitsmanagement umfassend implementiert wird und so ein stabiles Fundament für eine transparente Unternehmensberichterstattung schafft. TÜV Süd bietet umfangreiche Informationen für aktuell und künftig betroffene Unternehmen. ■

WANN GILT DIE CSRD FÜR WEN?

Unternehmen, die unter der Non-Financial Reporting Directive (NFRD) berichtspflichtig waren, sind das auch unter der CSRD. Diese meist großen Kapitalgesellschaften müssen erstmals für das Geschäftsjahr 2024 nach CSRD berichten. Für weitere Großunternehmen gilt die Pflicht ab 2025 und ab 2026 auch für bestimmte kleine und mittlere Unternehmen (KMU). Ab 2028 sind auch Nicht-EU-Unternehmen betroffen.

Insgesamt ist die CSRD für deutlich mehr Unternehmen gültig: EU-weit wächst die Zahl von derzeit etwa 11 000, die nach NFRD berichten, auf 50 000. In Deutschland sind geschätzt mindestens 15 000 Unternehmen berichtspflichtig oder werden es.

Als Einstieg und zur Bestimmung des Status quo des Nachhaltigkeitsmanagements können Energieunternehmen den kostenlosen „Sustainability Navigator“ von TÜV Süd nutzen: <https://www.tuvsud.com/de-de/themen/nachhaltigkeit/sustainability-navigator>.

Dr.
Alice Beining

Product Performance
Manager Sustainability
bei TÜV Süd Management
Service GmbH

alice.beining@tuvsud.com



Foto:TÜV Süd

VNU-Umweltgutachtertag 2024

Rund 70 Expertinnen und Experten aus dem Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement trafen sich im September in Bonn zum sehr gut besuchten Umweltgutachtertag, um aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen im Themenfeld zu diskutieren.

Annika Kettenburg, BMUV, eröffnete die Veranstaltung mit einem Grußwort, gefolgt von Professor Frank Ebinger, Umweltgutachterausschuss, und Lennart Schleicher, VNU e. V.

Kettenburg stellte die neuen Regelungen der EU Green Claims und der „Emp-Co“-Verordnung vor, die eine stärkere Überprüfung von Umweltaussagen im Marketing erfordern, um irreführende Aussagen zu vermeiden. Daneben ging sie unter anderem auf das Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz, auf neue Anforderungen zur Zertifizierung von Kunststoffgruppen sowie den Bedarf an Prüferinnen und Prüfern für die Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) und die Harmo-

nisierung der Zulassungskriterien zwischen Umweltgutachterinnen und -gutachtern und Wirtschaftsprüferinnen und -prüfern ein.

Rechtsanwältin Dr. Dana Pohl-Schmeisser erläuterte die geplante Digitalisierung der Genehmigungsverfahren im Rahmen der Novelle des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BlmSchG), zu denen die Ermöglichung digitaler Erörterungstermine zählt. Ergänzend wies sie auf Änderungen der Lösemittelverordnung (31. BlmSchV) hin, die neue Prüfpflichten für Lösemittelbilanzen beinhaltet.

Dr. Burkhard Huckestein vom Umweltbundesamt zeigte, wie EMAS (Eco-Management and Audit Scheme) helfen kann, die Lücke zwischen externen Compliance-Anforderungen und internen Anpassungsprozessen im Klimaschutzmanagement zu schließen.

Marc Hoffmann, DAU GmbH, berichtete über Ergebnisse aus den Aufsichtsverfahren, insbesondere zur Zugänglichkeit von

Umwelterklärungen und stellte die 2023 verabschiedete Aufsichtsrichtlinie vor, die die Unterscheidung zwischen gesetzlichen Prüfaufträgen und direkten Unternehmensbeauftragungen klärt.

Mario Lodigiani vom Umweltgutachterausschuss präsentierte Initiativen zur Förderung des Berufsbilds der Umweltgutachterinnen und -gutachter, darunter Webinare, neue EMAS-Schulungsmaterialien und ein innovatives Stammtischformat.

Abschließend erörterte Schleicher die Regelungen für EMAS-Stichprobenverfahren. Maike Moddemann, Unternehmensgruppe Aldi Süd, rundete den diesjährigen Veranstaltungstag mit einem Überblick über Praxiserfahrungen des Discounters bei der EMAS-Umsetzung ab.

Der nächste VNU-Umweltgutachtertag findet am 24. September 2025 im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Köln statt. Weitere Informationen befinden sich auf der VNU-Homepage.

EMAS-Stichprobenverfahren

Sogenannte Multi-Site-Verfahren regeln die Zertifizierung von Managementsystemen für Organisationen mit mehreren Standorten.

Für ISO-Normen ist diese Praxis schon länger möglich, für EMAS-Begutachtungen erst seit ein paar Jahren und nur für einige Wirtschaftszweige. Im Rahmen der letzten jährigen Einführung des neuen EMAS-Nutzerhandbuchs (Beschluss (EU) 2023/2463 der Kommission) wurde das

Stichproben-Verfahren geöffnet und im Aufwand reduziert.

Das ist wichtig, weil sich mehr Unternehmen für EMAS interessieren und die Betriebe mit hohem Energieverbrauch gemäß Energieeffizienzgesetz ein Energiemanagement nach ISO 50001 oder ein Umweltmanagementsystem nach EMAS einführen müssen.

Mit den neuen Regeln kann das Stichprobenverfah-

ren für alle Wirtschaftszweige angewendet werden. Es gelten noch Einschränkungen, wie zum Beispiel für Störfallbetriebe oder Betriebe mit genehmigungspflichtigen Anlagen gemäß IED-Richtlinie. Die Größe der Stichprobe, die über eine Wurzelfunktion ermittelt wird, wurde halbiert. Für Erstvalidierungen ist sie nun mit ISO-Verfahren vergleichbar, für weitere Zyklen sogar geringer.

Die genauen Regelungen finden sich im Abschnitt 7.2 des EMAS-Nutzerhandbuchs. Erste Unternehmen mit mehr als 1 000 Filialen haben bereits Erfahrungen gesammelt. Beim diesjährigen VNU-Umweltgutachtertag wurde dazu berichtet.

Zudem bietet der VNU in Webinaren Informationen zu EMAS und zum Stichprobenverfahren an. Weitere Angebote sind auf der Website abrufbar. www.vnu-ev.de

VNU-Webinar: Wie werde ich Umweltgutachter:in?

Am 6. September 2024 veranstaltete der VNU das Webinar „Wie werde ich Umweltgutachter:in?“ Unter der Leitung von Bettina Heimer, stellvertretende VNU-Vorsitzende, wurden den Teilnehmenden zentrale Aspekte der Tätigkeit als Umweltgutachterin und Umweltgutachter vorgestellt. Schwerpunkte lagen dabei auf den möglichen Arbeitsfeldern, den Anforderungen an die berufliche Ausbildung und Praxis sowie dem Ablauf der mündli-

chen Prüfung und der Ausgestaltung der Aufsicht durch die Deutsche Akkreditierungs- und Zulassungsgesellschaft für Umweltgutachter (DAU). Darüber hinaus wurden praxisnahe Tipps für den Einstieg und die Tätigkeit als Umweltgutachterin und Umweltgutachter gegeben.

Der VNU plant dieses Webinar bei weiterem Interesse erneut anzubieten. Interessierte können sich hierzu formlos in der VNU-Geschäftsstelle melden.

18. IAPWS-Konferenz 2024

Deutsche Wissenschaftler ausgezeichnet

Die 18th International Conference on the Properties of Water and Steam (18th ICPWS) fand gemeinsam mit dem 22nd Symposium on Thermophysical Properties (22nd STP) vom 23. bis 28. Juni 2024 in Boulder (Colorado), USA statt.



Teilnehmende der 18th ICPWS in Boulder (Colorado), USA. Foto: IAPWS

Sein 1929 werden die „Wasser dampf-Konferenzen“ alle fünf Jahre neben den jährlichen Arbeitstagungen von der International Association for the Properties of Water and Steam (IAPWS) ausgerichtet. Die gemeinsame Konferenz in diesem Jahr ermöglichte es einer breiteren Gemeinschaft von Forschenden, die Arbeit der IAPWS kennenzulernen. Mitglieder der IAPWS konnten sich über Spitzforschung und Anwendungen in Bereichen außerhalb von Wasser und Dampf informieren. Die kombinierte Konferenz zog über 440 Teilnehmende aus 29 Ländern an.

Im Rahmen der 18th ICPWS präsentierte nten die Teilnehmenden Vorträge und Poster zu den thermodynamischen Zustandsgrößen und Transporteigenschaften von Wasser, schwerem Wasser, Meerwasser, feuchter Luft, feuchten Verbrennungsgasen und weiteren Gemischen mit Wasser sowie zur Kraftwerkschemie.

Die wesentlichen Ergebnisse der Konferenz und begleitenden Arbeitstagung sind:

- Entwicklung einer neuen Industrie-Formulation für die thermodynamischen Eigenarten von Wasser und Wasserdampf: Die seit 1997 international verbindliche Industrie-Formulation IAPWS-IF97 benötigt in vielen Anwendungen wie instationären Prozesssimulationen und Prozessoptimierungen zu viel Rechenzeit. In CFD ist sie aufgrund des hohen Rechenzeitbedarfs überhaupt nicht nutzbar. Ausgehend davon sollen die Berechnungsgleichungen der IAPWS-IF97 durch das Interpolationsverfahren „Spline-based Table Look up Method (SBTL)“ ersetzt werden. Dieses Verfahren ist im Mittel 270-mal schneller als die IAPWS-IF97. Federführend wird dieses Projekt von Prof. Dr.-Ing. Matthias Kunick, Professur für Energiesystemtechnik an der Hochschule Zittau/Görlitz (HSZG), bearbeitet. Von Deutsch-Schweizer-Seite sind des Weiteren beteiligt: A. Sachsendahl (Siemens Energy), Dr. R. Pawellek (Iqony Solution GmbH), Prof. Dr. Francesca di Mare (Ruhr-Universität Bochum) und Prof.

Dr.-Ing. habil. Hans-Joachim Kretzschmar (HSZG).

- Revised Release on the Ionization Constant of H_2O : Dieses Release enthält verbesserte Gleichungen zur Berechnung der Ionisationskonstante von Wasser.
- Enhancement-Faktoren von Gemischen mit Wasserdampf: Die Enhancement-Faktoren für die Löslichkeit von Wasserdampf in wichtigen Gasen, wie zum Beispiel Stickstoff, Sauerstoff, Argon, Kohlendioxid oder Wasserstoff, werden auf Basis von „ab initio“ berechneten Kreuzvirialkoeffizienten formuliert. Dieser Ansatz ist erheblich genauer als die Berechnungen auf Basis experimenteller Daten. Das Deutsch-Schweizer Nationale Komitee ist an diesem Projekt durch Univ.-Prof. Dr.-Ing. Karsten Meier und Dr. rer. nat. Robert Hellmann, beide Institut für Thermodynamik an der Helmut-Schmidt-Universität/Universität der Bundeswehr Hamburg, beteiligt.
- Neuer Standard für die Kraftwerkschemie: Das Dokument „IAPWS Technical Gui-

dance Document (TGD) on Instrumentation for monitoring and control of cycle chemistry for the steam/water circuits of fossil-fired, combined cycle, and industrial power plants“ wurde zur Annahme per Postal Ballot frei gegeben. Seitens des Deutsch-Schweizer Nationalen Komitees waren Michael Rziha und Tapio Werder (beide PPChem AG) sowie Dr. Frank Udo Leidich an der Erarbeitung beteiligt.

Dr. Rainer Feistel (Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde) wurde für seine herausragenden wissenschaftlichen Beiträge zur Schaffung des internationalen Meerwasserstandards TEOS-10, für die Gründung und Leitung des IAPWS-Unterausschusses für Meerwasser (Subcommittee on Seawater, SCSW) sowie für seine Führungsrolle bei der Schaffung eines breiten internationalen Konsenses über Standards für die Meerwasserthermodynamik der Gibbs Award, die höchste Auszeichnung der IAPWS, verliehen.

Dr.-Ing. Sebastian Herrmann (HSZG) wurde mit dem Helmholtz Award für hochpräzise Messungen der Viskosität von Gasen und die erfolgreiche Anwen-



„Gibbs Awards Lecture“ gehalten von Dr. Rainer Feistel vom Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde. Foto: IAPWS



Übergabe des „Helmholtz Awards“ an Dr.-Ing. Sebastian Herrmann von der Hochschule Zittau/Görlitz (HSZG). Foto: IAPWS

dung der Strukturoptimierungsmethode auf die Korrelation von Viskositätsformulierungen an der Universität Rostock, betreut durch Prof. Dr. rer. nat. habil. Eckhard Vogel, ausgezeichnet.

Professorin di Mare ist Vorsitzende der Working Group „Industrial Requirements and Solutions“ (IRS). Professor Meier leitet bis Jahresende als Vorsitzer die Working Group „Thermophysical Properties of Water and Steam“ (TPWS).

Im nächsten Jahr findet die Tagung der IAPWS vom 22. bis 27. Juni 2025 in Helsinki, Finnland statt.

Im Jahr 2022 haben die Nationalen Komitees Deutschlands und der Schweiz der IAPWS den gemeinsamen Verein „German-Swiss Association for the Properties of Water and Steam (GSAPWS) e. V.“ gegründet. Die Jahrestagung 2025 der GSAPWS findet am 6. und 7. März 2025 an der Ruhr-Universität Bochum statt.

Die Teilnahme an den Tagungen ist nicht an die Mitgliedschaft im GSAPWS e. V. beziehungsweise in der IAPWS gebunden. Gäste sind zu allen Veranstaltungen herzlich willkommen.

www.gsapws.org, www.iapws.org

Projektstart VDI 4636 Elektrolyseure

Wasserstoffprojekte im Sinne der nationalen Wasserstoffstrategie werden zukünftig im Spannungsfeld zwischen erneuerbarer Stromerzeugung, Energieinfrastruktur (Strom-, Gas- und Wärmetransportleitungen) und neuen Anwendungsfeldern stattfinden.

Elektrolyseure dienen besonders zur Umwandlung von elektrischer Energie in Wasserstoff, der als Speichermedium für erneuerbare Energie genutzt werden kann. Durch einen gezielten Einsatz können so die Stromnetze entlastet und Redispatch-Kosten gesenkt werden. Alternativ kann Wasserstoff auch durch Power-to-X-Prozesse (VDI-Richtlinie 4635) in andere Energieträger oder chemische Grundstoffe überführt werden.

Auch wenn Wasserstoff zu den Grundstoffen der chemischen Industrie gehört und gängiger Bestandteil chemisch-verfahrenstechnischer Projekte im industriellen Umfeld ist, stehen Projektierer und Planende vor neuen Herausforderungen insbesondere bei der Planung und Auslegung von – speziell großen – Elektrolyseuren. Auch die Ausbildung der im Umfeld erneuerbarer Energien und Energieinfrastrukturen tätigen Disziplinen (Energietechnik, Elektrotechnik, Maschinenbau usw.) decken nicht die notwendigen chemisch-verfahrenstechnischen Inhalte ab und vermitteln aktuell nicht die gängige Vorgehensweise der spezifischen Prozesstechnik. Dadurch verbraucht die Planung von Elektrolyse-Projekten noch viele

Ressourcen und verlangsamt den Ausbau.

Im Rahmen der 2024 erstmals veröffentlichten „Normungsroadmap Wasserstofftechnologien“ werden deshalb Umsetzungsprojekte initiiert, deren Ziel einheitliche Standards zum Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft sind. Eines dieser Projekte ist die VDI-Richtlinie 4636, die Grundsätze Planung, Ausführung und Abnahme von Elektrolyseuren erarbeiten wird. Das Projekt umfasst dabei erneuerbare Strom- und Wasserstofferzeugung, die Verdichtung und den Transport, sowie die Verwendung. Die Richtlinie ermöglicht zukünftig den Vergleich verschiedener Wasserstoff-Technologien und unterschiedlicher Komponentendimensionierungen unter gleichen

Rahmenbedingungen im Planungs- und Dimensionierungsprozess. Für die objektbezogene Planung besteht die Möglichkeit, die konkreten Lastgänge von Stromerzeugung und Wasserstoffabnahme in die Berechnung aufzunehmen.

Als Grundlage werden Erkenntnisse aus bereits genehmigten und bestehenden Elektrolyseuren festgehalten und formalisiert. So soll die Realisierung zukünftiger Projekte beschleunigt werden, um das Erreichen der geplanten Produktionskapazitäten im Rahmen der „Nationalen Wasserstoffstrategie“ (NWS) zu ermöglichen.

Ansprechpartnerin zum Thema Elektrolyseure im VDI ist Anna Hülkenberg:

anna.huelkenberg@vdi.de



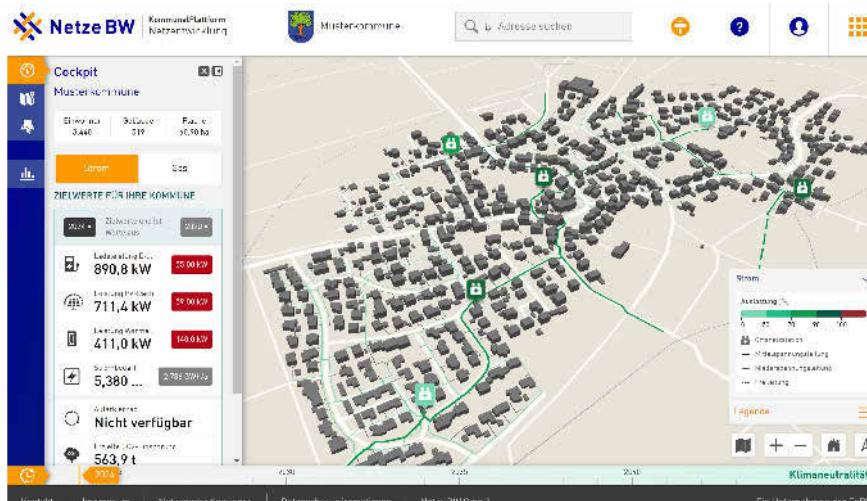
Vattenfall und BASF beauftragen Havfram

Das norwegische Unternehmen Havfram ist von Vattenfall und BASF mit Transport- und Installationsdienstleistungen für die Offshore-Windparks Nordlicht 1 und 2 in der deutschen Nordsee beauftragt worden. Das Nordlicht-Windprojekt entsteht ohne staatliche Förderung und ist mit insgesamt 1,6 GW installierter Leistung das bislang größte von Vattenfall realisierte Offshore-Windpark-Projekt. An den Projekten ist BASF mit 49 % beteiligt. Vattenfall entwickelt und baut die Nordlicht-Standorte und will mit seinem Anteil an der künftigen Stromerzeugung Kunden in Deutschland mit fossilfreiem Strom beliefern. Für BASF steht die Stromversorgung ihrer europäischen Chemieproduktionsstandorte im Fokus.

www.vattenfall.com



Techem-Firmenzentrale in Eschborn.
Foto: Techem



Die „KommunalPlattform“ von Netze BW und enersis unterstützt die Zusammenarbeit mit Kommunen.
Foto: enersis

EnBW setzt auf digitale Zwillinge

Die EnBW Energie Baden-Württemberg hat die enersis Suisse sowie die enersis Europe übernommen. Enersis ist ein Anbieter von digitalen Zwillingen im Energiebereich. Durch den Kauf will EnBW eigenen Technologie- und Digitalkompetenzen, vor allem im Bereich von Smart Grids, also der Digitalisierung von Verteilnetzen, stärken. Die Enersis-Standorte in Berlin und Bern sollen bestehen bleiben. Auch die Mitarbeitenden werden vollständig übernommen. Das Unternehmen soll als 100-prozentige Tochter der EnBW eigenständig und unter ihrem Namen weitergeführt werden. „Smart Grids haben wir frühzeitig als ein Innovationsfeld identifiziert, das für uns von strategischer Bedeutung ist“, so Jürgen Stein, Innovationschef der EnBW und verantwortlich für die Entwicklung neuer Geschäftsfelder. Enersis bietet seinen Kunden digitale Zwillinge für die Energiewende als SaaS-Lösung an – eine zentrale Kompetenz innerhalb des Innovationsfeldes Smart Grids. Denn mit diesen Zwillingen sei es möglich, ein digitales Abbild von Verteilnetzen zu schaffen, das in Echtzeit mit verschiedenen Energiedaten gespeist werde. „Eine solche Anwendung hilft uns dabei, unsere Infrastruktur intelligenter auszubauen und zu betreiben,“ betont Stein. Zusätzlich zu ihrer Vorreiterschaft bei einer zukunftsträchtigen Technologie konnte enersis bereits in einer Partnerschaft überzeugen. So blickt die EnBW-Tochter Netze BW bereits auf eine Zusammenarbeit mit enersis über mehrere Jahre zurück. Denn Netze BW nutzt die gemeinsam mit enersis entwickelte „Kommunal-Plattform“ als zentrale, digitale Schnittstelle zur Kooperation mit Konzessionskommunen. Die Teams von EnBW und enersis werden in den nächsten Monaten gemeinsam an der Integration arbeiten. Über den Kaufpreis wurde Stillschweigen vereinbart.

www.enbw.com

Investoren übernehmen Techem

Techem wird für 6,7 Mrd. € von den Investoren TPG und GIC gekauft. Die Transaktion soll vorbehaltlich der üblichen Bedingungen und behördlichen Genehmigungen voraussichtlich in der ersten Jahreshälfte 2025 abgeschlossen sein. Der Kaufpreis wird in zwei Tranchen gezahlt, eine bei Closing und der verbleibende Betrag im Juli 2027. Das 1952 gegründete Unternehmen Techem hat eine der größten digitalen Energiedienstleistungsplattformen der Branche aufgebaut. Es ist in 18 Ländern aktiv und hat mehr als 13 Millionen Wohnungen mit über 62 Millionen digitalen Messgeräten im Service.

www.techem.de



Mit dem Modul „Heat Control“ lassen sich auch ältere Wärmepumpen mit Enbas steuern.
Foto: energienker

Energieströme vorausschauend steuern

Die Zahl von Ladestationen für E-Autos und Wärmepumpen, die als große Verbraucher laut Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) steuerbar sein müssen, steigt. Um einen optimalen Betrieb in Zusammenhang mit einer Photovoltaik (PV)-Anlage zu ermöglichen, hat die Energielenker-Gruppe „Enbas“ entwickelt. Der intelligente Energiemanager basiert auf dem dynamischen Lastmanagementsystem „Lobas“ der Energielenker-Gruppe. Mit diesem lassen sich die Ladevorgänge ganzer E-Flotten effizient und kostengünstig steuern, so das Unternehmen. So soll das Lastmanagementsystem die für das Laden von E-Autos aufgewendete Leistung regulieren, um teure Lastspitzen zu vermeiden und für Netzstabilität zu sorgen. Mit Enbas wird auch der Strombedarf für die elektrische Wärmepumpe einbezogen, sodass eine ganzheitliche Betrachtung aller Energieflüssen eines Gebäudes möglich ist. Damit die Vernetzung aller genutzten Systeme möglich ist, wurde Enbas herstellerunabhängig entwickelt.

www.energielenker.de

Hochleistungs-Energiespeicher

Voltfang, ein deutsches Cleantech-Unternehmen, das sich auf leistungsstarke „grüne“ Energiespeichersysteme spezialisiert hat, hat sein leistungsstärkstes Batteriespeichersystem im Outdoor-Segment vorgestellt. Voltfang 2 lässt sich nach Herstellerangaben nahtlos und einfach in bestehende Energienetze integrieren. Käufer profitieren von neuen Kostenvorteilen, verringriger Amortisationsdauer und 100 % mehr Kapazität gegenüber der ersten Produktgeneration. Dank der Integration sämtlicher Komponenten des Energiespeichersystems in einem Gehäuse kann der Voltfang 2 als schlüsselfertige Lösung beim Kunden installiert werden. Die Batteriemodule stammen aus erprobten Hochleistungsbatterien aus der europäischen Automobilbranche. Zur Effizienzoptimierung ist der Voltfang 2 für Industrie und Gewerbe als All-in-One-Lösung mit einer hocheffizienten Klimasteuerung ausgestattet.

www.voltfang.de

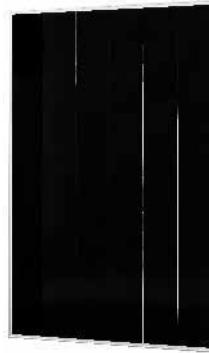


Voltfang 2 kann laut Hersteller Außentemperaturen von -20 bis 50 °C Stand halten.
Foto: Voltfang

Leistungsstarke Solarmodule

Die „Infinite“-Module aus der neuen Produktlinie von Aiko weisen Verbesserungen sowohl bei der Zelleffizienz als auch bei der Lichtabsorptionsfläche auf. Sie erreichen laut Hersteller eine maximale Leistung von 700 W(peak) und einen Wirkungsgrad von über 25 %. Die von Aiko eigens entwickelten Siliziumwafer mit ultrahohem Widerstand weisen eine geringere Dotierungskonzentration als herkömmliche Wafer auf. Sie haben einen spezifischen Widerstand von mehr als $30 \Omega \text{ cm}$ und eine zehnfach höhere Lebensdauer der Minoritätsträger. Das führt zu geringerer Degradation und einer höheren Stromerzeugung während des gesamten Lebenszyklus des Produkts, so der Hersteller. Die Infinite-Serie deckt die Anwendungsbereiche Energieversorgung, Handel & Industrie sowie Wohngebäude ab. Die Leistung des 2382 x 1134 mm großen Moduls wurde von 655 auf 680 W(peak) erhöht, bei einem Wirkungsgrad von 25,2 %. Die Ausgangsleistung des 2465 x 1134 mm großen Moduls beträgt 700 W(peak). Neuartige Isoliermaterialien sorgen für mehr Zuverlässigkeit der String-Anschlüsse.

www.aikosolar.com



Die „Infinite“-Serie:
Ultrahochfeste
n-Typ-Siliziumwafer
kombiniert mit
hocheffizienter ABC-
Zellentechnologie.
Foto: Aiko

Die Modelle der ASR-6000-Serie bieten Ein- und dreiphasige AC-Eingangs- und Ausgangsfunktionen.
Foto: GW Instek



AC/DC-Netzteilserie

Die ASR-6000-Serie von GW Instek, Hersteller von Prüf- und Messlösungen, umfasst die Modelle ASR-6450 und ASR-6600 und wurde speziell für die strengen Anforderungen von KI-Servern und Rechenzentrumsanwendungen entwickelt. Das Modell ASR-6000 liefert eine Ausgangsleistung von bis zu 18 kW und erfüllt damit die strengen Anforderungen moderner KI- und GPU-Server-Racks mit einem Verbrauch zwischen 50 und 60 kW pro Rack. Eines der wichtigsten Merkmale der Serie ist laut Herstellerangaben die Integration der Siliziumkarbid (SiC)-Technologie zur Steigerung des Wirkungsgrads und Verringerung der Energieverluste. Das ASR-6000 eignet sich für kritische Stromversorgungsanwendungen, einschließlich, aber nicht beschränkt auf unterbrechungsfreie Stromversorgungssysteme, AC-Wechselrichter sowie Server- und Kommunikationsnetzteile, so GW Instek.

www.gwinstek.com



EU-Projekt „ZEvRA“

Kreislauffähiges E-Fahrzeug

Unter Federführung des Fraunhofer IWU zeigt ein Konsortium aus 28 europäischen Partnern, darunter fünf Automobilhersteller, im EU-Projekt ZEvRA Wege in eine konsequent ressourcenschonende Produktion auf.



Das ZEvRA-Projektteam beim Auftakttreffen am Fraunhofer IWU in Chemnitz im Januar 2024. Foto: Fraunhofer IWU

Im EU-Projekt „Zero Emission electric vehicles enabled by harmonised circularity (ZEvRA)“ – zu Deutsch etwa Null-Emissions-Elektrofahrzeuge dank harmonisierter Kreislaufwirtschaft – haben sich Pkw-Hersteller wie Volkswagen, Škoda, Stellantis (unter anderem Peugeot, Citroën, Opel) und große Zulieferer (unter anderem Faurecia, Continental) ehrgeizigen Nachhaltigkeitszielen verschrieben. Wichtige Erkenntnisse und Ergebnisse des bis Ende 2026 terminierten Projekts sollen so breit in der Automobilindustrie verankert werden und Wirkung entfalten.

Zirkuläres Design und ganzheitliche Kreislaufbewertung

Seit 2023 steht fest, dass ab 2035 in der EU nur noch Neufahrzeuge verkauft werden dürfen, deren Betrieb keine CO₂-Emissionen verursacht. Aus heutiger Sicht werden dies überwiegend batterie-elektrisch angetriebene Fahrzeuge sein. Damit die Klimabilanz dieser Fahrzeuge stimmt – ihre Produktion ist mit einem deutlich höheren CO₂-Ausstoß verbunden als die Herstellung von Autos mit Benzin- oder Dieselantrieb – muss die gesamte Wertschöpfungskette betrachtet werden: von der Materialbereitstellung und der Herstellung bis zu den Prozessen am Ende des Produktlebens. Zu diesem Zweck wird ZEvRA eine Methodik für zirkuläres Design und eine ganzheitliche Kreislaufbewertung entwickeln. Betrachtet werden die wichtigsten Materialien, die mehr als 84 % im Materialmix eines typischen E-Fahrzeugs abdecken: Stahl, Aluminium, Thermoplast-Verbundstoffe, Kunststoffe, Glas, Reifen und Seltene Erden. Die erarbeiteten Lösungen werden durch eine Reihe von digitalen Tools unterstützt, um Kreislauffähigkeit, Rückverfolgbarkeit und die virtuelle Integration von Komponenten in ein vollständig reproduzierbares Fahrzeug sicherzustellen. Dank ZEvRA soll der CO₂-Fußabdruck pro Fahrzeug künftig um mindestens 25 % sinken.

Aus alt mach neu: Anteil erreicht bei einigen Materialgruppen 100 Prozent

Damit das Ziel von Fahrzeugteilen ohne neue Rohstoffe erreichbar bleibt, müssen zahlreiche Materialien eine hundertprozentige Wiederverwendungsquote erfüllen. Dies gilt beispielsweise für Stahl und sämtliche Aluminiumlegierungen bei gewalzten, gegossenen und Aluminiumschaumteilen. Selbst für die Herstellung neuer Reifen sollen nahezu ausschließlich Sekundärrohstoffe zum Einsatz kommen – auch bei der Lauffläche. Bereits heute ist klar: Zirkuläres Design, also die Berücksichtigung von Wiederaufbereitungskriterien bereits in der Entwicklung neuer Teile, leistet den wichtigsten Beitrag zu einer verträglichen Umwelt- und Klimabilanz.

Kernkompetenz Ressourceneffizienz

Koordiniert wird das EU-Projekt vom Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU. Der Schwerpunkt der Forschungs- und Entwicklungsleistungen des Chemnitzer Instituts liegt auf der Energie- und Ressourceneffizienz im produzierenden Gewerbe. Im Bereich Kreislaufwirtschaft arbeitet es an den konstruktiven und herstellungsseitigen Voraussetzungen für ein zweites oder drittes Produktleben möglichst vieler Erzeugnisse. Bei ZEvRA bringt das Fraunhofer IWU sein umfangreiches Know-how in Repurposeprozessen für Stahlbauteile, der Nutzung von Aluminiumrezyklaten für Knet-, Guss und Schaumbauteile sowie der konstruktionsbegleitenden Kreislaufbewertung von Bauteilen ein. Die vollständige Liste der Projektpartner ist unter der Adresse <https://cordis.europa.eu/project/id/101138034/de> einsehbar.

www.iwu.fraunhofer.de, www.zevraproject.eu



EU-Projekt „Smhyles“

Hybrid-Energie- speichersysteme

Eine der größten Herausforderungen des 21. Jahrhunderts ist der Wechsel zu klimaneutralen Energiequellen. Eine Schlüsselrolle spielt dabei die zuverlässige Energiespeicherung, denn Erzeugungs- und Lastspitzen im Stromnetz erfordern flexible Speichersysteme, die für vielfältige Anwendungen einsetzbar sind.



Das EU-Projekt „Smhyles“ entwickelt neuartige salz- und wasserbasierte Hybrid-Energiespeichersysteme in industriellem Maßstab.
Foto: 481244965/AdobeStock

Das EU-Projekt „Safe, sustainable and modular Hybrid systems for Long-duration Energy storage and grid Services (Smhyles)“ will neuartige, nachhaltige und sichere Hybrid-Energiespeichersysteme auf Salz- und/oder Wasserbasis entwickeln, die jeweils zwei Speichertechnologien kombinieren und dabei lange Speicherdauer mit hoher Leistungsdichte vereinen. Die neuen Systeme mit geringem Bedarf an kritischen Rohstoffen sollen auch zur Energieunabhängigkeit Europas beitragen. Das von der Fondazione Bruno Kessler (FBK) in Trento, Italien, koordinierte Smhyles-Projekt wird seit Januar 2024 von der EU im Rahmen von „Horizon Europe“ mit rund 6 Mio. € für einen Zeitraum von vier Jahren gefördert. Dem Konsortium gehören 16 Partner aus sieben Ländern an.

Jede Speichertechnologie weist technische und wirtschaftliche Merkmale auf, die sie für eine bestimmte Anwendung prädestinieren. Zu diesen Merkmalen gehören zum Beispiel Energie- und Leistungsdichte, Reaktionszeit, Umweltverträglichkeit und Sicherheit. So besitzen Redox-Flow- und Salz-Batterien zwar eine große Speicherkapazität, lassen sich aber nur langsam aufladen und entladen. Ein Superkondensator hingegen verfügt über kurze Ladezeiten, kann aber nicht viel Energie über lange Zeit speichern. Erst durch die effiziente Kombination beider Eigenschaften erhält man die nötige Leistung und Flexibilität im Einsatz.

„Moderne Energiespeichersysteme müssen Versorgungssicherheit, Leistung und Sicherheit gewährleisten, über eine flexible Management-Software verfügen und möglichst nachhaltig und umweltverträglich hergestellt und betrieben werden“, erklärt Smhyles-Koordinator Edoardo G. Macchi, Head of Battery and Electrification Technologies Unit bei der FBK.

Nachhaltige Batterien mit anderen Speichersystemen kombinieren

Das übergeordnete Ziel des Smhyles-Projekts ist die Entwicklung und Demonstration solcher neuartigen, sicheren und nachhaltigen Hybrid-Energiespeichersysteme im industriellen Maßstab. In Smhyles sollen ein Superkondensator auf Wasserbasis und eine Redox-Flow-Batterie beziehungsweise eine Salz-Batterie zu neuartigen Energiespeichersystemen kombiniert werden.

Die in Smhyles entwickelten neuen hybriden Speichersysteme sollen Energie über einen mittleren bis langen Zeitraum speichern und sehr schnell bereitstellen können. Gleichzeitig werden sie anwendungssicher, weil nicht leicht entflammbar, kostengünstig und wiederverwertbar sein, und sie werden dazu beitragen, den Einsatz von kritischen Rohstoffen zu reduzieren. Im Vergleich zu herkömmlichen Lösungen sollen diese neuen Speichersysteme einen um 40 % gesenkten CO₂-Fußabdruck – auch dank neuartiger Recyclinglösungen – und eine um 20 % höhere Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit aufweisen. Das soll die auf erneuerbaren Energien basierenden Stromnetze widerstandsfähiger machen.

Demonstrationsanlagen in Portugal und Deutschland

Die in Smhyles geplanten Aktivitäten umfassen die Entwicklung, den Bau, den Einsatz und die Demonstration eines wasserbasierten hybriden Energiespeichersystems (Aqueous Hybrid Energy Storage System) und eines salzbasierten hybriden Energiespeichersystems (Salt-based Hybrid Energy Storage System) sowie eine Erweiterung der Speicherdauer eines existierenden Hybrid-Systems. In drei Pilotanlagen in Portugal und Deutschland werden in der zweiten Projekthälfte verschiedene Anwendungsfälle für zwölf Monate erprobt:

1. Inselnetz (La Graciosa, Kanarische Inseln): Netzunabhängiges Energiesystem mit der Installation eines Nickel-Kohlenstoff-Superkondensators auf Wasserbasis und einer Salzbatterie zur Unterstützung des Stromnetzes der Insel.
2. Industrielles Mikronetz (Maia, Portugal): Weiterentwicklung einer Vanadium-Redox-Flow-Batterie und Kombination mit einem wasserbasierten Superkondensator mit dem Ziel, den Anteil erneuerbarer Energiequellen am Energiemix zu erhöhen und das Aufladen von Elektrofahrzeugen zu unterstützen.
3. Pilotanlage-Erweiterung (Pfinztal, Deutschland): Kapazitätsverweiterung einer Redox-Flow-Batterie, sowie Kombination mit einem Superkondensator (aus dem EU-Projekt HyFlow) und einer Windkraftanlage; dies soll eine mehrtägige Energiespeicherung ermöglichen und die Netzsicherheit erhöhen. ■

www.bayfor.org



Foto: Springer Vieweg

Einführung in die Energie- wirtschaft

Hans-Wilhelm Schiffer: *Einführung in die Energiewirtschaft – Ressourcen und Märkte*. 410 Seiten, Softcover, 39,99 €. Heidelberg: Springer Vieweg, 2023. ISBN: 978-3-658-41746-8

Studierende und interessierte Leserinnen und Leser erhalten eine Einführung in die Mechanismen der Energiewirtschaft.

Dies beginnt mit den Rohstoffressourcen, deren Verfügbarkeit und der Preisbildung. Szenarien der weltweiten Energieversorgung führen zu nationalen Be- trachtungen der Märkte für Öl, Erdgas, Braunkohle, Steinkohle sowie Elektrizität und der wachsenden Bedeutung erneuerbarer Energien.

Zahlreiche Grafiken und Schaubilder veranschaulichen die Zusammenhänge und Wirkungen. Besonderheiten, bemerkenswerte Sachverhalte oder aus der Sicht der Praxis besonders relevante Fragestellungen sind im Text besonders gekennzeichnet.

Dieses Buch bietet eine verständliche Einführung in die Energiewirtschaft basierend auf einer umfangreichen Praxiserfahrung des Autors.



Foto: Carl Hanser Verlag

Regenerative Energie- systeme

Volker Quaschning: *Regenerative Energiesysteme*. 480 Seiten, Softcover, 39,99 €. München: Carl Hanser Verlag, 2023. ISBN: 978-3-446-47777-3

Dieses Standardwerk behandelt die volle Bandbreite der regenerativen Energiesysteme – von Solarthermie und Photovoltaik über Wind- und Wasserkraft bis hin zu Geothermie und Nutzung der Biomasse. Es richtet sich an Studierende sowie Ingenieurinnen und Ingenieure in For- schung und Industrie.

Das Buch geht auf Entwicklungen wie die Power-to-Gas-Technologie sowie nötige Technologiepfade für eine erfolgreiche vollständige Energiewende ein. Berücksichtigt werden auch aktuelle Entwicklungen bei Batteriespeichern in der Photovoltaik sowie bei Speicherformen in Wasserkraftwerken. Zu den aktualisierten Themen in dieser Auflage zählen die Auswirkungen der Energiekrise infolge des Angriffs Russlands auf die Ukraine sowie Neuerungen in der Wasserstoff- wirtschaft. Zahlreiche Berech- nungsbeispiele und Grafiken veranschaulichen die verschie- denen Technologien und Be- rechnungsverfahren.

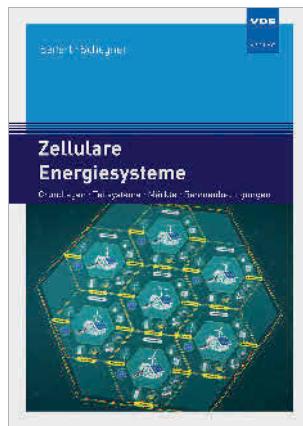


Foto: VDE Verlag

Zelluläre Energie- systeme

Joachim Seifert, Peter Schegner: *Zelluläre Energiesysteme*. 230 Seiten, Hardcover, 56,00 €, Berlin/Offenbach: VDE Verlag, 2023. ISBN: 978-3-8007-5557-8

Thema dieses Nachschlagewerks ist die Transformation der zurzeit vorherrschenden zentralen Energiesysteme hin zu dezentralen Systemen, genauer zellulären Energiesyste- men, vor dem Hintergrund der Energiewende. Die Auto- ren zeigen auf, welche Vorteile der zellulare Ansatz umfasst und wie es gelingt, die einzelnen Zellen und Systeme ge- ordnet zusammenzawachsen zu lassen, damit sie einen wichtigen Beitrag zur Netzstabilität leisten können.

Die Autoren stellen die Komponenten vor, die in zellulären Systemen zum Ein- satz kommen und betrachten die möglichen Teilsysteme. Die Verbraucher und der Transport der Energie sowie die systemischen Abhängig- keiten werden behandelt. Regionale und überregionale Energiemärkte werden unter- sucht und darüber hinaus die Kommunikationstechnolo- gien, die als Teil der Infra- struktur die Datenübermittlung sicherstellen.



Foto: IWA-F. Riehle

IWA-Jahresplaner

Für eine zielführende Zeit- und Terminplanung in Betrieb und Büro bietet die IWA-F. Riehle GmbH den IWA-Jahresplaner Europa 2025.

Auf der großformatigen Wandtafel können in der Jahresübersicht (mit waage- rechtem oder senkrechtem Kalendarium) alle Termine, ob Urlaub, Abwesenheit, Be- suchen oder Veranstaltungen, übersichtlich dokumentiert werden.

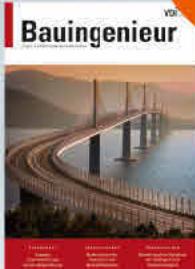
Die Oberfläche des Planers ist mit einer glatten, hoch- glänzenden Lackierung ver- sehen. Die Planungselemente (Streifen und verschiedene Markierungen in vier Farben) tragen auf der Rückseite eine Klebeschicht, die eine sichere Haftung auf der Planerober- fläche erzeugt. Diese Klebe- schicht bleibt dauerhaft plas- tisch, sodass das Haftelement beliebig oft versetzt werden kann, ohne seine Haftfähigkeit einzubüßen oder Spuren zu hinterlassen.

Die Planungselemente sind in angestanztem Bogen im A4-Format zusammengefasst. Alle Planungselemente sind beschreibbar. Für die Termini- planung mit Partnern im Aus- land enthält der Jahresplaner auch die arbeitsfreien Tage in allen europäischen Ländern.

www.wandkalender.de



Alle
auch als
E-Paper



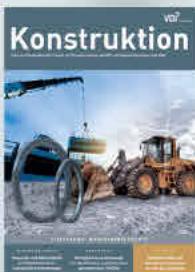
10 Ausgaben pro Jahr
Jahresabopreis: 539,40 EUR
E-Paper-Abo: 463,40 EUR



6 Ausgaben pro Jahr
Jahresabopreis: 487,40 EUR
E-Paper-Abo: 418,70 EUR



9 Ausgaben pro Jahr
Jahresabopreis: 255,30 EUR
E-Paper-Abo: 219,20 EUR



9 Ausgaben pro Jahr
Jahresabopreis: 576,40 EUR
E-Paper-Abo: 495,10 EUR



6 Ausgaben pro Jahr
Jahresabopreis: 281,80 EUR
E-Paper-Abo: 242,10 EUR



6 Ausgaben pro Jahr
Jahresabopreis: 286,40 EUR
E-Paper-Abo: 246,10 EUR



NEU

6 Ausgaben pro Jahr
Jahresabopreis: 366,10 EUR
E-Paper-Abo: 314,60 EUR



Jetzt
mit
Logistik

9 Ausgaben pro Jahr
Jahresabopreis: 306,10 EUR
E-Paper-Abo: 262,90 EUR

Die erste
Adresse für
Technikwissen:
VDI Fachmedien

Die VDI Fachmedien bieten Ihnen eine breite Palette renommierter Fachzeitschriften aus den Bereichen Bau, Konstruktion/Produktion, Logistik, Energie und Umwelt. In direkter Anbindung an den VDI, das größte technisch-wissenschaftliche Netzwerk für Ingenieur*innen Deutschlands. Unsere Autor*innen berichten über Innovationen und Hintergrundwissen in ihrem jeweiligen Fachgebiet. Und das jederzeit praxisorientiert, ohne den wissenschaftlichen Background aus dem Blick zu verlieren.



Technikwissen für Ingenieur*innen - jetzt auswählen und bestellen:

T +49 6123 9238-202

E vdi-fachmedien@vuservice.de
vdi-fachmedien.de

Inlandsbruttopreise – Ausland auf Anfrage



VDI energie + umwelt

ZUKUNFT GESTALTEN: SMART • EFFIZIENT • NACHHALTIG

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokument ist ausschließlich
für die interne Verwendung bestimmt.
Weitergabe und kommerzielle Verwendung sind nicht gestattet.



INGENIEUR.de
TECHNIK - KARRIERE - NEWS

Das TechnikKarriereNews-Portal für Ingenieur*innen.

Testen Sie Ihr Gehalt.

Mit dem Gehaltstest für Ingenieurinnen und Ingenieure überprüfen Sie schnell,
ob Ihr Einkommen den marktüblichen Konditionen entspricht. Er zeigt Trends auf und
gibt Ihnen Orientierung, z. B. für Ihr nächstes Gehaltsgespräch.

Und Ihre individuelle Auswertung können Sie jederzeit bequem aktualisieren.

JETZT KOSTENFREI TESTEN UNTER:

WWW.INGENIEUR.DE/GEHALT