

# energy 4.0

ENERGIELÖSUNGEN FÜR DIE INDUSTRIE

## MEISTERWERKE FÜR GENERATIONEN

Mit Repowering und Co. die Energiewende neu gestalten ...mehr ab Seite 8

### WÄRMEPUMPEN

Energiewandler mit hohem Anwendungspotenzial ab S. 14

### WIND

So hilft Windkraft bei der Energiewende ab S. 22

### DIGITALISIERUNG

Mit digitalen Wetterdaten Stromausfälle im Griff S. 42



DC 08.21.000.L1



# Energiespeicher – der Schlüssel zur Sektorenkopplung

## Unser Beitrag: Zuverlässige Verbindungstechnik

Batterien und Power-to-X-Verfahren steigern die Versorgungssicherheit und ermöglichen eine durchgängige Kopplung der Sektoren in der Energieversorgung. Phoenix Contact bietet Ihnen international zertifizierte Verbindungstechnik für die hohen Anforderungen der Energiespeichersysteme.

Mehr Informationen unter [phoenixcontact.com/EnergyStorage](https://phoenixcontact.com/EnergyStorage)


**Bernhard Haluschak, Chefredakteur Energy 4.0:**

Mag man den Experten Glauben schenken, so ist Windkraft alternativlos, um die Ziele im Bereich Klimaschutz, erneuerbare Energieerzeugung, wirtschaftliche Entwicklung und technologische Innovationen zu erreichen. Doch stimmt das tatsächlich? Und was ist überhaupt mit anderen erneuerbaren Energien wie Photovoltaik, Biogas oder Wasserkraft? Welche Rolle spielen sie im Gesamtmix der Energieversorgung? Daher stelle ich heute die folgende Frage:

## „WIE WICHTIG IST WINDKRAFT IN DEUTSCHLAND?“

Deutschland hat sich das ehrgeizige Ziel gesetzt, bis 2050 weitgehend klimaneutral zu sein. Dabei ist die Windkraft laut Experten ein zentraler Bestandteil der Energiewende, die darauf abzielt, die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu verringern und den Ausstoß von Treibhausgasen zu reduzieren. Doch wo stehen wir aktuell?

Die Stromeinspeisung durch konventionelle Energieträger beträgt aktuell laut Statistischem Bundesamt vom 07.06.2023 51,4 Prozent. Demgegenüber werden insgesamt 48,6 Prozent an erneuerbaren Energien ins deutsche Netz eingespeist. Wenn man die Werte aufschlüsselt, fällt auf, dass die Windkraft einen Anteil von 32,2 Prozent ausmacht, auf Biogas entfallen 5,5 Prozent, auf Photovoltaik 4,9 Prozent und auf Wasserkraft 3,2 Prozent, während Sonstige 2,8 Prozent ausmachen. Wie aus diesen Zahlen ersichtlich wird: Ja, Windkraftanlagen in Deutschland spielen sowohl an Land als auch auf See eine entscheidende Rolle auf dem Weg zur Klimaneutralität. Allerdings offenbaren die Zahlen auch das riesige Potenzial der anderen erneuerbaren Energieträger.

Doch was macht Windkraft in Deutschland so attraktiv? Die Windkraft zählt zu den verlässlichen Energiequellen, denn Deutschland liegt in einer Region mit ausreichendem Windpotenzial, insbesondere an der Nord- und Ostseeküste. Durch den Ausbau von Offshore-Windparks kann die Stromerzeugung weiter diversifiziert und stabilisiert werden. Zudem produzieren Windkraftanlagen unabhängig von geopolitischen Entwicklungen oder Rohstoffpreisschwankungen, was die Energieversorgung sicherer machen kann.

Jedoch gibt es auch Herausforderungen im Zusammenhang mit der Windkraft. Denn die breite Akzeptanz von Windkraftanlagen in der Bevölkerung ist durch Landschaftsveränderungen, Lärmemissionen und die negative Beeinträchtigung des Naturschutzes ein Problem, insbesondere wenn sie in der Nähe von Wohngebieten errichtet werden. Eine sorgfältige Standortwahl, Transparenz und Beteiligung der Bürger sind daher wichtig, um diese Bedenken auszuräumen.

# IT's Energy

Be smart.  
Think digital.

**IT's Energy!** GISA ist Deutschlands inoffizieller Partner für die Digitalisierung der Energiewirtschaft.

Agenda Zukunft: IT-Plattformen für Versorger, Smart Meter & Smart Energy-Lösungen, IoT Use Cases, SAP für Versorger, powercloud und vieles mehr!

**Wir begleiten Sie bei Ihrer Transformation in die digitale Welt.**

Mehr erfahren:  
[www.gisa.de/utility](http://www.gisa.de/utility)



# INHALT

## AUFTAKT

- 06 Kosmos der Energie: Netzschwankungen mit bivalentem Ofen ausgleichen
- 12 Highlights der Branche

## TITELREPORTAGE

- 08 Titelinterview: Frischer Wind für Windkraftanlagen
- 10 Titelstory: Stabile Stromversorgung dank Batteriespeicher

## FOKUS: WÄRMEPUMPEN & ABWÄRMENUTZUNG

- 14 Wärmepumpen in der Industrie: Welche Herausforderung sind zu meistern?
- 17 Wie Wärmepumpen und Contracting die Gebäudeeffizienz steigern
- 20 Effiziente Wärmepumpen dank effizienter Leistungselektronik

## SPEZIAL: WIND

- 22 Places to be: Das sollten Sie auf der Husum Wind nicht verpassen
- 26 Tiefe Einblicke: Wie Windkraftanlagen effizient Strom erzeugen
- 30 Lenkdrachen: Innovative Wege der nachhaltigen Windstromgewinnung

## ENERGIESPEICHER

- 32 Mit Carnot-Batterien Strom in Form von Wärme zwischenspeichern

## RUBRIKEN

- 03 Editorial
- 34 Promotion: *Mittendrin Siemens*
- 41 Promotion: *Storyboard Smight*
- 48 Promotion: *Spitzenprodukt Siemens*
- 57 Firmenverzeichnis & Impressum
- 66 Rücklicht: Stromerzeugung aus allem

FOKUS

# WÄRMEPUMPEN & ABWÄRMENUTZUNG



08

AB SEITE

TITELINTERVIEW

Repowering: Frischer Wind für Windkraftanlagen



54

GREEN PRODUCTION

Mit MES die Energiewende beschleunigen





# AB SEITE 14

## WÄRMEPUMPEN & ABWÄRMENUTZUNG

Wie Wärmepumpen die Industrie verändern



# 38

## DIGITALISIERUNG

Digitale Zählerablesung mit Potenzial



### DIGITALISIERUNG & VERNETZUNG

- 38 So vereinfacht Meter Reading Software die digitale Zählerablesung
- 42 Wie Wetterdaten bei extremen Wetterrisiken die stabile Stromversorgung sichern

### ENERGIEMANAGEMENT

- 46 Emissionen der Netzersatzanlagen verlässlich prüfen

### GREEN PRODUCTION

- 50 Grünes System Engineering schafft mehr Nachhaltigkeit
- 54 Wie MES in der PV- und Batterieproduktion die Energiewende beschleunigt
- 58 Energieeffiziente Elektromotoren sorgen für bessere Umweltbilanz

### ENERGIEERZEUGUNG

- 60 Grünen Wasserstoff per Elektrolyseur sicher erzeugen
- 63 Interview: Neue PV-Technologie ermöglicht Leistungsschub und flexible Anwendungen

1883 - 2023

# 140

YEARS



SCHUBERT & SALZER





**Regeln und Absperren kann so leicht sein!**

Profitieren Sie von den Vorteilen der Gleitschieber- und Sitzventile von **Schubert & Salzer Control Systems**:

- besonders kompakt
- hoch präzise
- sicheres Absperren

Entdecken Sie unser innovatives Ventilsortiment:

[www.schubert-salzer.com](http://www.schubert-salzer.com)

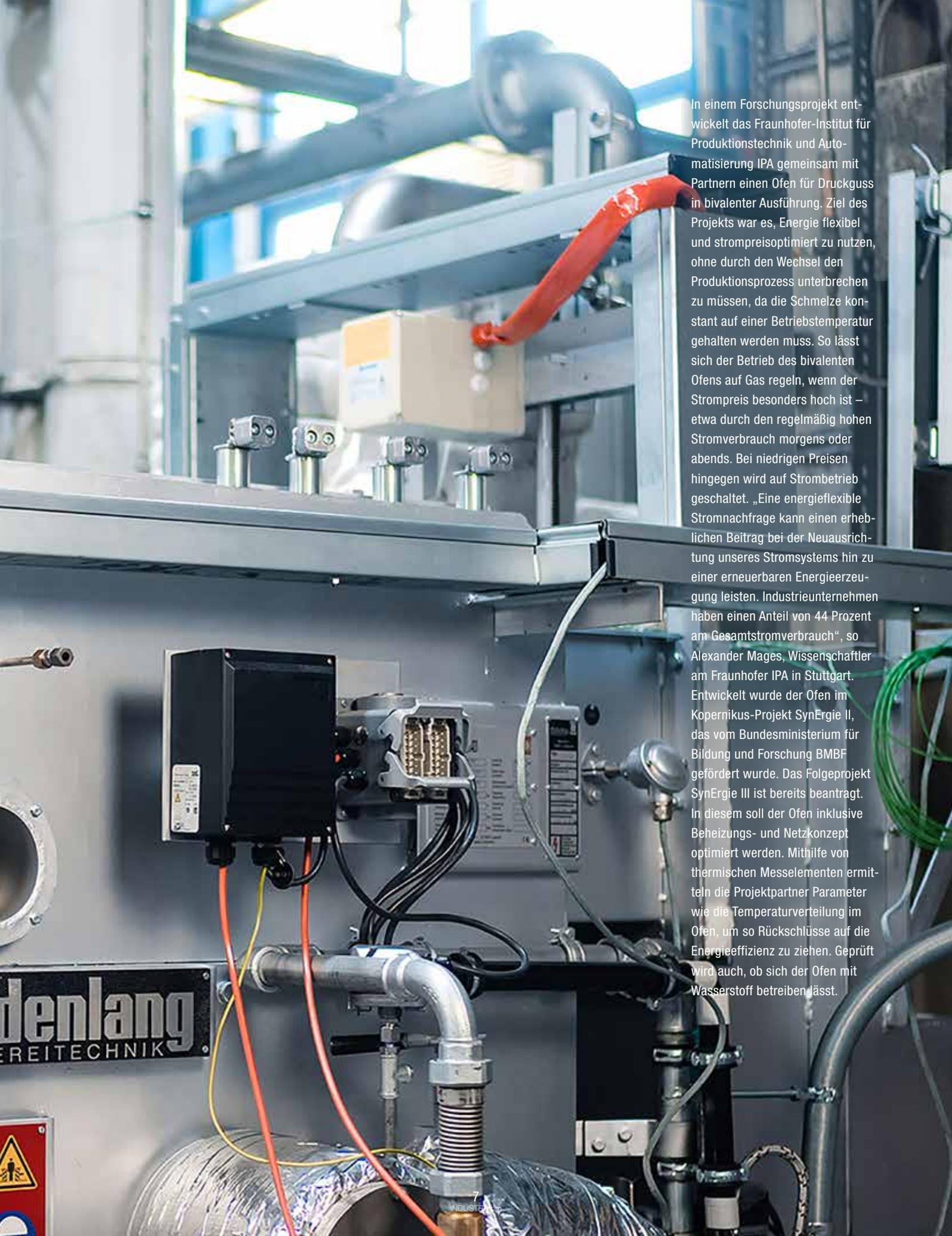
Energieflexibler Betrieb von Druckgussanlagen

# NETZSCHWANKUNGEN MIT BIVALENTEM OFEN AUSGLEICHEN

Durch den hohen Energieverbrauch von Schmelz- und Warmhalteöfen stellen die Preise des eingesetzten Energieträgers einen wesentlichen Kostenfaktor bei der Produktion von Gussteilen dar. Da der Preis für Strom im Tagesverlauf deutlich schwankt, zum Beispiel durch unterschiedliche Auslastungen des Stromnetzes oder durch das volatile Einspeisen von Energie aus erneuerbaren Ressourcen, sollten Unternehmen ihren Energieverbrauch flexibel gestalten, um möglichst kosteneffizient produzieren zu können. Hier ein möglicher Lösungsweg.

TEXT: Mit Material von Fraunhofer IPA BILD: Fraunhofer IPA, Ludmilla Parsyak





In einem Forschungsprojekt entwickelt das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA gemeinsam mit Partnern einen Ofen für Druckguss in bivalenter Ausführung. Ziel des Projekts war es, Energie flexibel und strompreisoptimiert zu nutzen, ohne durch den Wechsel den Produktionsprozess unterbrechen zu müssen, da die Schmelze konstant auf einer Betriebstemperatur gehalten werden muss. So lässt sich der Betrieb des bivalenten Ofens auf Gas regeln, wenn der Strompreis besonders hoch ist – etwa durch den regelmäßig hohen Stromverbrauch morgens oder abends. Bei niedrigen Preisen hingegen wird auf Strombetrieb geschaltet. „Eine energieflexible Stromnachfrage kann einen erheblichen Beitrag bei der Neuausrichtung unseres Stromsystems hin zu einer erneuerbaren Energieerzeugung leisten. Industrieunternehmen haben einen Anteil von 44 Prozent am Gesamtstromverbrauch“, so Alexander Mages, Wissenschaftler am Fraunhofer IPA in Stuttgart. Entwickelt wurde der Ofen im Kopernikus-Projekt SynErgie II, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF gefördert wurde. Das Folgeprojekt SynErgie III ist bereits beantragt. In diesem soll der Ofen inklusive Beheizungs- und Netzkonzept optimiert werden. Mithilfe von thermischen Messelementen ermitteln die Projektpartner Parameter wie die Temperaturverteilung im Ofen, um so Rückschlüsse auf die Energieeffizienz zu ziehen. Geprüft wird auch, ob sich der Ofen mit Wasserstoff betreiben lässt.

denlang  
EREITECHNIK



Interview über Repowering von Windkraftanlagen

# Frischer Wind für Windkraftanlagen

Mit Repowering lassen sich alte Windparks zu neuem Leben erwecken. Denn neue Windanlagen bringen deutlich mehr Leistung und helfen, die ambitionierten Ausbauziele für Onshore-Windenergie in Deutschland zu erreichen. Im Interview mit Energy 4.0 erläutert Jens Edler-Krupp von RWE das Potenzial von Repowering.

**DAS INTERVIEW FÜHRTE:** Bernhard Haluschak, E4.0 **BILD:** Herbert Ohge für RWE

## Welche Bedeutung hat Repowering für die Energiewende?

Lassen Sie uns zunächst einen Blick auf die Zielsetzungen der Bundesregierung zum Ausbau der Windenergie werfen: Bis 2030 sollen mindestens 80 Prozent des Stroms hierzulande aus Erneuerbaren Energiequellen kommen. Das können wir schaffen, wenn wir den Erneuerbaren-Ausbau intensiv vorantreiben und die bestehenden Windparks an Land leistungsfähiger machen. Aus Alt mach Neu – das nennen wir Repowering.

Wir als RWE, eines der weltweit führenden Unternehmen im Bereich der Erneuerbaren Energien, sehen großes Potential im Repowering. Und die Vorteile liegen auf der Hand: Durch moderne Turbinen erhöhen wir die Stromproduktion eines Windparks deutlich – und brauchen dafür weniger Windkraftanlagen. Etwa 20 bis 25 Prozent unserer laufenden Vorhaben sind Repowering-Projekte. Denn eine bedeutende Anzahl unserer Anlagen hat bereits die Schwelle von 20 Jahren Laufzeit und somit das Ende der EEG-Förderung überschritten oder nähert sich diesem Zeitpunkt. Daraus ergibt sich für uns im Rahmen der Nachhaltigkeit ein starkes Interesse, diese Windparks zu modernisieren.

## Wann sollte idealerweise ein Repowering-Projekt starten?

Idealerweise so früh wie möglich. RWE hat bereits im Jahr 2015 konzeptionell und strukturiert das Repowering von Windkraftanlagen an Land geplant. Unser erstes Projekt konnten wir 2017 erfolgreich bauen und die Anlagen 2018 in Betrieb nehmen – ganze zwei Jahre vor Ablauf der EEG-Förderung.

Dies geschah mit dem Ziel, modernere und leistungsfähigere Anlagen im Zuge des Klimaschutzes in Betrieb zu bringen. Grundsätzlich wollen wir, wo immer möglich, alte Windkraftanlagen durch neue ersetzen, wenn die Stromproduktion nach dem Repowering deutlich erhöht werden kann und es umweltkonform und wirtschaftlich sinnvoll ist. Zudem sollte man stets die komplexen und langwierigen Auflagen und Genehmigungsverfahren bei der Planung berücksichtigen.

### Wie läuft ein Repowering-Projekt ab?

Planung und Bau von Onshore-Windkraftanlagen sind auch beim Repowering ein sehr regionales Geschäft, da es direkt die Bedürfnisse der Menschen vor Ort anspricht – und das ist für RWE sehr wichtig. Infolgedessen führen wir frühzeitig Gespräche mit den zuständigen Gemeinden, Behörden, Anwohnern und den Grundstückseigentümern über unser Vorhaben. Dabei legen wir großen Wert darauf, die Möglichkeiten an jedem Standort individuell auszuloten: Welche Potenziale bieten sich? Welche innovativen Technologien können wir implementieren? Diese Erkenntnisse fließen anschließend in die Kalkulation und die notwendigen Genehmigungsverfahren ein. Dabei müssen wir zeitliche Vorläufe im Planungs- und Genehmigungsrecht berücksichtigen, sodass es zwei bis drei Jahre dauern kann, bis die Voraussetzungen für einen Neubau geschaffen sind.

Für die kommenden Jahre soll dieser Vorgang vereinfacht werden, um den Verwaltungsaufwand zu reduzieren. So gibt es einen neuen Paragraphen im Bundes-Immissionsschutzgesetz, der darauf abzielt, dass zukünftig nur noch eine Delta-Betrachtung für ein Genehmigungsverfahren durchgeführt wird. Das heißt, welche nachteiligen Auswirkungen hat der neue Windpark gegenüber dem alten. Das bedeutet also nicht, dass Windkraft-Entwickler von der Verpflichtung befreit sind, eine Genehmigung für eine immissionsschutzrechtliche Anlage einzuholen.

Wenn wir den Genehmigungsprozess für den Park durchlaufen haben und den alten Windpark abbauen, ist unser Hauptziel natürlich, den Betrieb des alten Windparks so lange wie möglich aufrechtzuerhalten. Denn: Wir möchten natürlich möglichst lange grünen Strom produzieren.

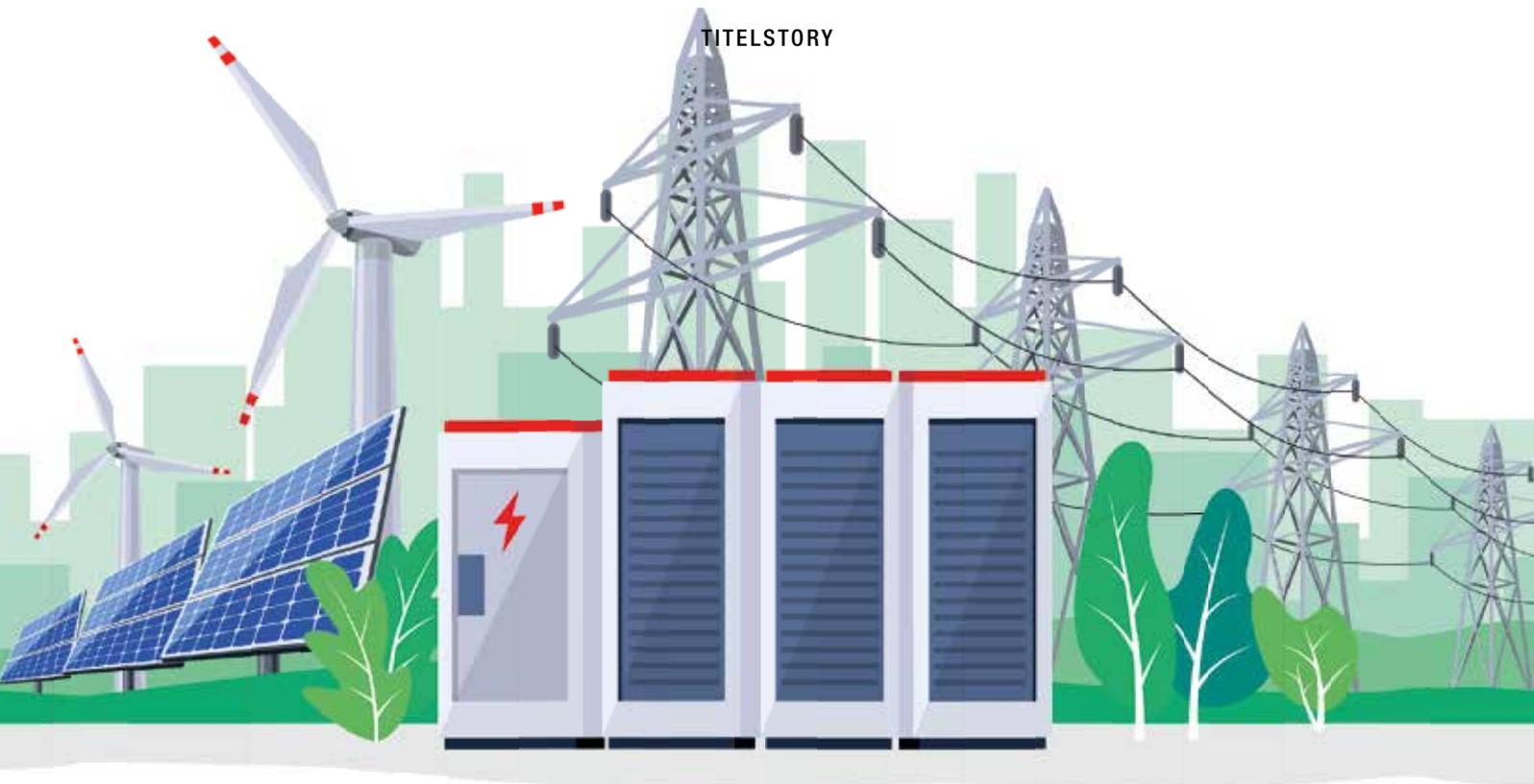
„Repowering ist ein wichtiger Baustein zur Erreichung der Ausbauziele für Erneuerbare Energien und somit für die Klimaschutzziele in Deutschland.“

### Was passiert mit einer ausgedienten Windenergieanlage?

In der Regel werden beim Repowering alte Windenergieanlagen durch neue, leistungsfähigere Anlagen ersetzt. Das heißt jedoch nicht, dass die alten Windkraftanlagen grundsätzlich komplett entsorgt werden müssen. Im Gegenteil. Wir möchten ausgediente Windkraftanlagen wieder verwenden. Ein Beispiel hierfür ist unser Windpark in der Nähe von Paderborn. Schon lange vor der Stilllegung des alten Windparks mit seinen neun Anlagen haben wir den fachgerechten Rückbau sowie eine anschließende Wiederverwendung geplant. Die Hauptkomponenten der Altanlagen – neun Sätze Rotorblätter, Gondeln, Naben und Schaltschränke – wurden nach Spanien transportiert und in der unternehmenseigenen Werkstatt überholt und aufbereitet. Sie dienen jetzt als Ersatzteillager für baugleiche Anlagen, die wir in Spanien betreiben. Dank dieser voll funktionsfähigen Großkomponenten aus Deutschland können wir die Lebensdauer unserer spanischen Windparks mit Anlagen des gleichen Typs um bis zu 15 Jahre verlängern.

### Wie leistet RWE ihren Beitrag, damit Windkraft noch nachhaltiger wird?

Innerhalb unseres Konzerns verfolgen wir eine umfassende Nachhaltigkeitsstrategie. Unsere Absicht ist es, bei Windenergieprojekten nicht nur die erforderlichen Ausgleichsmaßnahmen zu ergreifen, sondern auch darüber hinaus zur Förderung der Biodiversität in unseren Projekten beizutragen. Wir legen großen Wert darauf, dass Produkte innerhalb der Lieferketten unter den Aspekten Qualität und Nachhaltigkeit hergestellt werden und dies auch überprüfbar ist. Unser Anspruch geht über reine Mindestanforderungen hinaus. RWE möchte dazu beitragen, dass Dinge so verbessert werden, dass die Umwelt und der Klimaschutz davon profitieren. □



Größte Batteriespeicher-Anlage Deutschlands punktet durch Innovationen

# Stabile Stromversorgung dank Batteriespeicher

Im Zuge der Energiewende und des damit verbundenen massiven Ausbaus von erneuerbaren Energien bekommen Batteriespeicher eine immer größere Bedeutung. Sie dienen nicht nur als reine Energiespeicher, sondern sorgen auch für Stabilität in Stromnetzen und schützen somit vor Stromausfällen. Mit dem Bau einer der größten Batteriespeicheranlagen in Deutschland nimmt RWE hier eine Vorreiterrolle ein.

TEXT: Bernhard Haluschak, E4.0 BILDER: RWE; iStock, petovarga

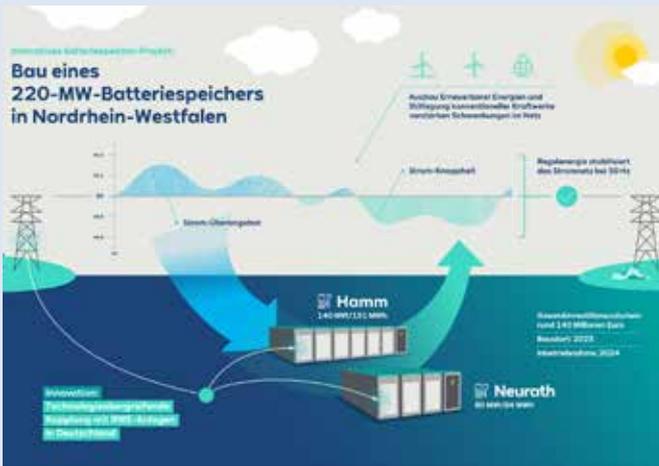
Mit einer beeindruckenden Speicherkapazität von 235 Megawattstunden (MWh) realisiert RWE ein wegweisendes Projekt. Etwa 140 Millionen Euro fließen in den Bau der Anlage an den Kraftwerksstandorten Neurath und Hamm. Ab dem zweiten Halbjahr 2024 wird der Batteriespeicher nicht nur Regenergie liefern, sondern auch aktiv am Großhandelsmarkt teilnehmen.

## Die Technik hinter der Batteriespeicher-Anlage

Die Grundlage des riesigen Energiespeichers bildet die Installation von etwa 690 Lithium-Ionen-Batterieblöcken. Diese

Blöcke bestehen aus fertig angelieferten Schränken, die mit "1st-life" Lithium-Ionen-Batterien bestückt sind. Die Batterien wiederum sind durch eine ausgeklügelte technische Infrastruktur verbunden, einschließlich eines integrierten Batteriemangement-Systems. Die Batterieeinheiten geben ihre Energie an einen bidirektionalen Wechselrichter weiter, der mit einem Mittelspannungstransformator verbunden ist.

Die Verbindung zum 110-kV-Verteilnetz erfolgt dann über einen übergelagerten Hochspannungstransformator. Dieser ist an eine Freileitung am Kraftwerksstandort angeschlossen, die die Energie an weitere Netzknotenpunkte transportiert.



Das von RWE initiierte Batteriespeicherprojekt in NRW an den Standorten Neurath (rechts) und Hamm soll 2024 eine Gesamtleistung von 140 MW (151 MWh) liefern und soll 140 Millionen Euro kosten.

## Das Batteriespeicher-Projekt im Detail

Laut RWE soll ab dem zweiten Halbjahr 2024 der Batteriespeicher Regelenergie zur Stabilisierung des Stromnetzes liefern. Dies bedeutet, dass überschüssige Energie aus dem Netz aufgenommen und bei Bedarf beziehungsweise Stromknappheit wieder eingespeist wird, um die Netzfrequenz auf dem erforderlichen Niveau von 50 Hz zu halten. Der Speicher wird auch am Großhandelsmarkt aktiv sein, indem er Strom bei niedrigen Preisen speichert und bei höheren Preisen abgibt.

Der Batteriespeicher ist in der Lage, über eine Stunde lang eine maximale Leistung von 220 Megawatt zu liefern, was etwa dem Energiebedarf von 4.000 Elektroautos entspricht. Zudem wird das System virtuell mit anderen Kraftwerken von RWE in Deutschland vernetzt, um die Bereitstellung von Regelenergie durch die Speichereinheiten oder im Verbund mit weiteren Kraftwerken optimal zu steuern. Die komplexe Planung, Modellierung und Systemintegration sowie die Inbetriebnahme des Projekts erfolgten dabei vollständig durch RWE. Hier konnte das Unternehmen seine langjährige Expertise im Bereich Energiespeicher ausspielen.

## Die Einzelprojekte im Überblick

In Neurath werden Batterien mit einer Gesamtleistung von 80 Megawatt (84 MWh) auf einer Fläche von etwa 7.500 m<sup>2</sup> installiert – das entspricht ungefähr der Größe eines Fußballfeldes. Von der Gesamtinvestitionssumme von rund 140 Millionen Euro werden etwa 50 Millionen Euro in den Standort Neurath fließen.

In Hamm werden am Kraftwerk Westfalen Batterien mit einer Gesamtleistung von 140 Megawatt (151 MWh) auf einer Fläche von 14.000 m<sup>2</sup> errichtet. Etwa 90 Millionen Euro der geplanten Investitionssumme von rund 140 Millionen Euro werden in den Standort Hamm investiert.

## Ein Projekt mit Signalwirkung

**Hans-Günter Schwarz, Leiter Entwicklung Batteriespeicherprojekte RWE Supply & Trading:** „Mit steigendem Anteil erneuerbarer Energien im Strommix wächst der Bedarf an flexiblen Batteriespeichern. Sie gleichen Schwankungen im Stromnetz sekundenschnell aus und sind somit ein Schlüssel für eine zuverlässige Stromversorgung. Hinsichtlich Größe und Technologie setzen wir mit dem entstehenden Batterie-Großspeicher in Neurath und Hamm europaweit neue Maßstäbe.“

## Batteriespeicher „Made by RWE“

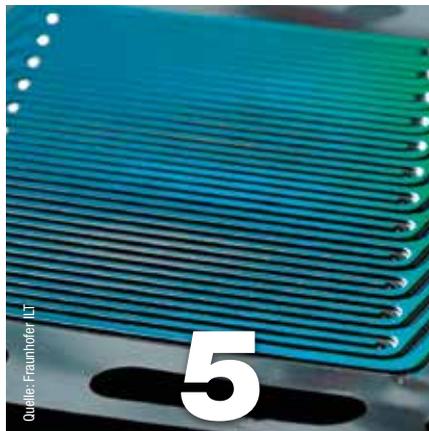
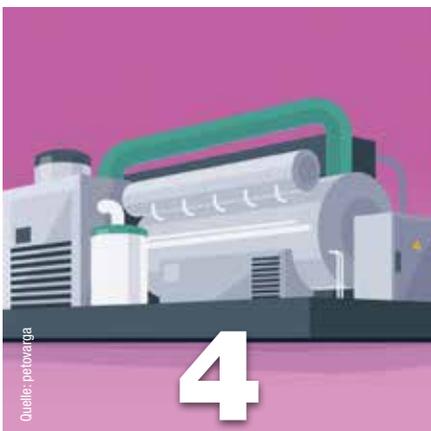
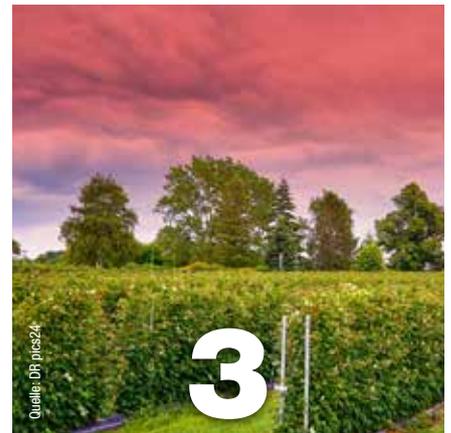
Batteriespeicher sind ein bedeutender Teil der Energiewende. Sie speichern Energie, wenn im Netz eine Überproduktion an Strom herrscht, und stellen diese wieder zur Verfügung, wenn sie gebraucht wird.

Als Treiber der Energiewende entwickelt, baut und betreibt RWE Batteriespeicher in Europa, Australien und den Vereinigten Staaten. Bei der Umsetzung der Projekte kommt RWE ihre In-house-Expertise bei Energiespeichern zugute: Projektplanung, Modellierung, Systemintegration und Inbetriebnahme setzt das Unternehmen in Eigenregie um. □

# 6

## HIGHLIGHTS

Fakten, Trends und Neues: Was hat sich in der Branche getan? Die Constructor University verbessert vertikale Windanlagen, Baywa kombiniert in den Niederlanden Himbeeren mit Solaranlagen und am Fraunhofer ILT forscht man an Wasserstoff.  
Was bedeutet das?



Kosteneinsparung

## Netze umrüsten

Mit kluger Planung könnten Gasleitungen neu genutzt werden, denn eine Modellanalyse der europäischen Energienetze und TU Berlin enthüllt, dass der parallele Ausbau von Wasserstoff- und Stromnetzen nicht nur Kosteneinsparungen von bis zu 70 Milliarden Euro pro Jahr ermöglicht, sondern auch die Effizienz und Verbreitung erneuerbarer Energien verbessert.

1

Erfahren Sie mehr: [Industr.com/2711705](http://Industr.com/2711705)

E-Tankstelle und Stromspeicher

## Solarcarport

E-Autos mit Solarstrom betanken – und zwar unabhängig vom Zeitpunkt der Stromerzeugung: Der Solarcarport von 1st Flow Energy Solutions schließt eine Stromtankstelle samt Batteriespeicher mit ein. Die Solarcarport-Lösung ist mit neuester Batterietechnologie ausgestattet und lässt sich an die verschiedenen Ladebedürfnisse und Platzverhältnisse vor Ort anpassen.

2

Erfahren Sie mehr: [industr.com/2706596](http://industr.com/2706596)

Agri-PV-Anlage

## Solar mit Himbeeren

In den Niederlanden in der Provinz Nordbrabant hat BayWa zusammen mit ihrer Tochtergesellschaft GroenLeven mit dem Bau von Europas größtem „Fruitvoltaic“-Projekt begonnen. Die Anlage, bei der PV-Module über Himbeeren angebracht werden, verfügt über eine rekordverdächtige Leistung von 8,7 MWp und reicht somit für 2.810 Haushalte.

3

Erfahren Sie mehr: [Industr.com/2706698](http://Industr.com/2706698)

Hochtemperaturspeicher FlexKWK

## Speicherlösung

Die Energiewirtschaft in Deutschland steht vor großen Herausforderungen: Wie kann es gelingen, Strom und Wärme künftig einerseits sicher und verlässlich, aber andererseits auch klimaschonend und zu möglichst geringen Kosten zur Verfügung zu stellen? Der Essener Energiekonzern Iqony und seine Projektpartner haben ein Pilotprojekt gestartet, welches hier Abhilfe leisten soll.

4

Erfahren Sie mehr: [Industr.com/2712062](http://Industr.com/2712062)

Nachhaltigkeit via Laser

## Wasserstoffnutzung

Wasserstoff ist für viele nicht nur im Periodensystem, sondern auch als grüne Energiequelle der Zukunft die Nummer eins. Diese Top-Position erfordert energieeffiziente und leistungsstarke Technik, um grünen Wasserstoff zu erzeugen und zu nutzen. Eine wichtige Rolle spielt dabei der Laser, wie aktuelle Aktivitäten des Fraunhofer ILT beweisen.

5

Erfahren Sie mehr: [Industr.com/2711410](http://Industr.com/2711410)

Windenergie aus dem 3D-Drucker

## Vertikale Windanlagen

„Wind.EnergieAutarke Schulen in der Metropolregion Nordwest“ – so heißt ein neues Forschungsprojekt von Dr. Yilmaz Uygun, Professor an der Constructor University in Bremen-Nord. Ziel ist die Weiterentwicklung und Erprobung der propriätären vertikalen Windkraftanlage, die mit dem eigenen weltweit größten industriellen Delta-3D-Drucker produziert wird.

6

Erfahren Sie mehr: [Industr.com/2702369](http://Industr.com/2702369)

Neue Technologien für die Klimawende

# INDUSTRIE-WÄRMEPUMPEN: SONNIGE AUSSICHTEN?

Mag man den Politikern glauben, sind Wärmepumpen der Gamechanger, wenn es um die Raumheizung oder Warmwasseraufbereitung in Wohngebäuden und somit die Abkehr von fossilen Brennstoffen geht. Doch können Wärmepumpen noch mehr leisten - etwa in der Industrie? Deshalb stelle ich die Frage: Mit welchen Herausforderungen müssen sich Verantwortliche auseinandersetzen, wenn sie Wärmepumpen in industriellen Umgebungen einsetzen wollen?

UMFRAGE: Bernhard Haluschak, E4.0

BILDER: Bosch/Buderus, Daikin, Dimplex, Hoval, Mitsubishi Electric, Ochsner, Panasonic, Viessmann; iStock, Nikkolia



## JOERG BONKOWSKI

Da solche Systeme meist als bi- oder multivalente Anlagen ausgelegt sind, spielt neben einem durchgängig hohen Leistungsumfang und ausreichenden Systemtemperaturen, die Hybridfähigkeit eine wesentliche Rolle. Mod-Bus- und BacNet-Schnittstellen sind dabei wesentlich für die Einbindung in eine übergeordnete GLT und ermöglichen so umfangreiche Hybridlösungen zusammen mit Spitzenlastkesseln. Sofern keine GLT vorhanden ist, sollte eine komplette Systemregelung seitens des Anbieters verfügbar sein. Wichtig sind auch die Kaskadierbarkeit und Reversibilität zur optimalen Abdeckung der Anforderung an Heizen und Kühlung größerer Gebäude. Aus Umweltgesichtspunkten ist die Verwendung eines Kältemittels mit geringerem Global Warming Potential (GWP) von Bedeutung und auch die Möglichkeit zur Schallreduzierung durch Leistungsabsenkung.

Communications (HC/COM),  
Bosch Thermotechnik - Buderus



## NICLAS OETJEN

In industriellen Umgebungen spielen Temperaturen von über 75 °C und mehr oft eine zentrale Rolle. Deshalb sind die Anforderungen an die Leistungen der Wärmepumpentechnologie höher als in Komfortanwendungen, verbunden mit einer höheren Komplexität bei der Planung. Um ineffiziente, fossile Erzeuger mit energieeffizienten Wärmepumpen zu ersetzen, sind z.B. mehrstufige Luft-Wasser-Systeme oder Kombinationen mit Wasser-Wasser-Wärmepumpen als Booster notwendig. In diesem Zusammenhang stellen sich Fragen etwa zu Investitionsmehr- und Lebenszykluskosten sowie zu Aufstellungsbedingungen oder Schallemissionen. Wir sind überzeugt, dass es dennoch für jede Herausforderung die passende Lösung gibt.

Produktmanager Applied Systems,  
Daikin Germany



## MAIK HEYDRICH

Es ist wichtig, dass die technischen Möglichkeiten von serienmäßig hergestellten Wärmepumpen geprüft werden, um die passende Systemlösung für den Anwendungsfall zu finden. So kann zum Beispiel bei der Nutzung von Abwärme aus industriellen Prozessen, ein höheres Temperaturniveau auf der Wärmequellenseite entstehen. Ähnliche Anforderung können sich auf der Wärmesenkenenseite ergeben, zum Beispiel bei der Bereitstellung von Prozesswärme oder Beheizung von Bestandsgebäuden ergeben. Sollen darüber hinaus Kälte/Wärme simultan bereitgestellt werden, bedarf es spezieller hydraulischer Konzepte mit einer passend abgestimmter Regelungen. Auch im Hinblick auf die Laufzeiten unterscheiden sich Anforderungen in der Industrie von der gewöhnlichen Gebäudebeheizung.

Projektingenieur, Dimplex



## MANFRED GERNGROSS

Der Einsatz von Wärmepumpen in der industriellen Anwendung unterscheidet sich nur unwesentlich von der Anwendung in Mehrfamilienhäusern oder Bürogebäuden. Denkt man zum Beispiel an große Luft/Wasser-Wärmepumpen zur Außenaufstellung, sind sie in einer industriellen Umgebung sogar meist noch leichter zu installieren als zur Nutzung in Mehrfamilienhäusern. Denn: Schallemissionen in der Industrie und damit die Suche nach geeigneten Aufstellmöglichkeiten unterliegen nicht den strengen Kriterien des Wohnbaus. Darüber hinaus ermöglichen Wärmepumpen, wertvolle Energie aus Fertigungsprozessen und der Abluft zurückzugewinnen und somit einer sinnvollen und kostensparenden Weiterverwendung zuzuführen.

Leiter Technik, Hoval Deutschland



## MICHAEL LECHTE

Die Erfahrungen aus gut 30 Jahren des Vertriebes von Klimageräten und Wärmepumpen für gewerbliche und industrielle Anwendungen zeigen, dass der Einsatz der Systeme sehr gut funktioniert – die Anforderungen an die technische Gebäudeausrüstung und die damit verbundenen Herausforderungen jedoch sehr vielfältig sind. Es ist wichtig, die Besonderheiten der jeweiligen Anwendung genau zu untersuchen und daraufhin ein Versorgungskonzept mit den richtigen Technologien zu erarbeiten. Zum Beispiel können Belastungen der Luft im industriellen Umfeld eine Herausforderung darstellen: Hier gilt es, entsprechend beschichtete, widerstandsfähigere Wärmetauscher zu wählen. Grundsätzlich sind natürlich Aspekte wie Tragfähigkeit von Aufstellflächen der Anlagen oder auch die Luftführung in großen Objekten zu berücksichtigen.

Product Manager, Mitsubishi Electric,  
Living Environment Systems



## BERND LIEBER

Die ingenieurmäßige Planung von Wärmepumpen für große Leistungen in der Industrie erfordert weitaus detailliertere Planungs- und Projektierungsaufwendungen als klassische Heizungs-wärmepumpen. Das setzt hohe Kompetenz und Erfahrung in der hydraulischen Einbindung von Wärmepumpen bei den planenden und ausführenden Unternehmen voraus. Auf der Herstellerseite ist ein breites Produktportfolio für unterschiedliche Leistungsgrößen und Temperaturbereiche gefragt. Die Ochsner Energietechnik bietet Anlagen für Nieder-, Mittel-, Hoch- und Höchsttemperaturen bis 130 °C. Damit kann sie die Anforderungen von Industrie- oder Infrastrukturprojekten und der verfügbaren Wärmequelle, zum Beispiel Abwärme aus Industrieprozessen, Rechenzentren oder Abwasser exakt erfüllen.

Bereichs- und Organisationsleiter,  
Ochsner Energietechnik



## SVEN PETERSEN

Zum einen müssen Wärmepumpen die häufig extremen Temperaturvorgaben im industriellen und gewerblichen Bereich erfüllen. Im Heizbetrieb liefern diese Wärmepumpen auch bei 0 bis +45 °C Außenlufttemperatur eine Wasseraustrittstemperatur von bis zu 70 °C. Im Kühlbetrieb kann dieselbe Maschine eine Wasseraustrittstemperatur von bis -15 °C bei Außentemperaturen zwischen -15 und +40 °C erreichen. Zum anderen sollten Wärmepumpen auch Betriebs-Sicherheit, Umweltschutz und dauerhaft sichere Verfügbarkeit bezüglich der Kältemittel bieten. Neue kommerziellen Wärmepumpen werden mit dem natürlichen Kältemittel Propan / R290 mit einem GWP-Wert von 3 betrieben. Im Hinblick auf die Neufassung der F-Gase-Verordnung erfüllen diese Geräte dann die gesetzlichen Vorgaben für sichere und gleichzeitig preiswerte und effiziente Kältemittel in der Industrie.

CAC Business Developer, Panasonic,  
Heating & Ventilation Air-conditioning  
Europe



## EGBERT TIPPELT

Wärme aus industriellen Prozessen sollte heute nicht mehr ungenutzt an die Umwelt abgegeben werden. Mit Wärmepumpen lässt sich diese Energie sehr sinnvoll und kostensparend verwenden. Auch die Kühlung von Serverräumen für Computersysteme kann damit günstig erfolgen. Die Herausforderung besteht darin, geeignete Abwärmequellen etwa in der Fertigung aufzuspüren und der Wärmepumpe zuzuführen. Das spart einerseits Energie zum Kühlen und andererseits Energie für Prozesswärme, Heizung und Warmwasserbereitung. Mit standardisierten Großwärmepumpen bietet Viessmann genau auf die industriellen Anforderungen abgestimmte Lösungen an. Auf Wunsch führen wir auch Planung, Installation und Inbetriebnahme durch.

Productline Manager Heatpump,  
Viessmann Deutschland



Wie Wärmepumpen und Contracting die Effizienz von Gebäuden steigern

# Auf das Zusammenspiel kommt es an

Gebäude sind einer der größten Verursacher von CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland, immerhin entfällt ein Drittel des Endenergiebedarfs auf sie. Damit die Energiewende gelingen und die Klimaziele erreicht werden können, führt daher kein Weg an der Dekarbonisierung des Gebäudesektors vorbei. Dabei stellt das Zusammenspiel von Contracting und dem Einsatz von Wärmepumpen einen zentralen Hebel dar.

TEXT: Holger Suschowk, Techem BILDER: iStock, exxorian und Tomml

Jahr um Jahr verfehlte Klimaziele machen deutlich, dass die Energiewende nur mit einer konsequenten Dekarbonisierung des Gebäudebestands gelingen kann. Grüne Lösungen, insbesondere im Umfeld von erneuerbaren Energien, werden dabei eine entscheidende Rolle

spielen. Für Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer ist die Abkehr von fossilen Energieträgern in der Energieversorgung jedoch zunächst mit hohen Investitionen verbunden. Daher ist es von großer Bedeutung, Lösungen zu finden, die eine nachhaltige Transformation des

Gebäudesektors ermöglichen und sich auch in finanzieller Hinsicht auszahlen. Dabei ist der Einsatz von Technologie in Verbindung mit Services ein wichtiger Aspekt. Ein vielversprechender Ansatz ist die Kombination aus Contracting und dem Einsatz von Wärmepumpen.



## Klimaschutz und wirtschaftliche Vorteile

Das Prinzip des Wärmecontractings ist einfach: Energiedienstleister wie Tchem übernehmen die komplette Energie- und Wärmeversorgung eines Gebäudes – von der Erzeugung über die Speicherung bis zur Energieverteilung. Dazu gehören auch Planung, Errichtung und Finanzierung der notwendigen Anlagen, aber auch Wartung, Service und der optimierte Anlagenbetrieb.

Ähnlich, wie beim Leasingvertrag eines Autos, wird der Contracting-Kunde von der teils hohen Anfangsinvestition in die Anlagentechnik entlastet, partizipiert aber unmittelbar an der Verbesserung von Effizienz und Versorgungssicherheit. Weil alle nötigen Services aus einer Hand kommen, können die Einsparpotenziale

optimal ausgeschöpft und so wesentliche Teile der Investition bereits über diese refinanziert werden. Zudem lassen sich insbesondere auch die klimarelevanten Aspekte in Anlagenplanung und -betrieb optimal aufeinander abstimmen.

So werden durch die Investition in moderne Energieerzeugungsanlagen mit ressourcenschonender Technik der Energieverbrauch im Gebäude gesenkt und fossile Brennstoffe wie Öl oder Gas durch erneuerbare Energien ersetzt. Das reduziert nicht nur den CO<sub>2</sub>-Ausstoß und die zukünftig stark steigenden CO<sub>2</sub>-Kosten, sondern erhöht auch die Versorgungssicherheit durch geringere Ausfallrisiken und bringt Umweltschutz sowie wirtschaftliche Interessen in Einklang. Auch ganze Quartierskonzepte, die eine sektorübergreifende digitale Infrastruktur erfordern, lassen sich so realisieren.

## Dekarbonisierte Gebäude mit Wärmepumpe und Contracting

Bisher wurden viele Bestandsanlagen mit fossilen Energieträgern betrieben. Inzwischen zeichnet sich jedoch ein Wandel ab. Und das nicht nur aufgrund der fortschreitenden Energiewende, sondern auch, weil fossile Brennstoffe – unter anderem durch CO<sub>2</sub>-Bepreisung und Energiekrise – immer teurer werden, wohingegen die Preise für nachhaltige, grüne Energien sinken. Dabei kommen vermehrt Wärmepumpen zum Einsatz, welche CO<sub>2</sub>-neutrale Wärme mit elektrischer Energie erzeugen, die im Idealfall aus erneuerbaren Quellen stammt. Allein im Jahr 2022 wurden 236.000 Wärmepumpen installiert – ein Plus von mehr als 53 Prozent gegenüber dem Vorjahr. Für das Jahr 2024 werden 500.000 Anlagen in Deutschland angestrebt.

Wärmepumpen entziehen der Umgebung (Abluft, Außenluft, Erdreich, Sole) bei niedriger Temperatur mit Hilfe eines Kältemittels Wärme und „pumpen“ diese auf ein höheres Temperaturniveau, sodass die Wärme einem Gebäude für Heizzwecke zur Verfügung gestellt werden kann. Wir kennen das gleiche Wirkprinzip vom Kühlschrank oder einer Klimaanlage.

Für die Dekarbonisierung des Gebäudesektors führt kein Weg an erneuerbaren Energien vorbei.



Als Antriebsenergie wird elektrischer Strom genutzt, der dabei ebenfalls in Heizwärme verwandelt wird. Das Verhältnis zwischen der im Abrechnungszeitraum zur Verfügung gestellten Wärme und dem dafür verbrauchten Strom wird als Jahresarbeitszahl (JAZ) bezeichnet und ist die wichtigste Kenngröße zur Bewertung der Effizienz von elektrisch betriebenen Wärmepumpen. Effiziente Anlagen können aus einer Kilowattstunde Strom bis zu drei Kilowattstunden Wärme produzieren. Das bedeutet, dass uns beim Einsatz einer Wärmepumpe die Umgebung bis zu 2/3 der Heizwärme schenkt.

Wie die aktuelle Verbrauchskennwertestudie von Techem zeigt, hängt die Energieeffizienz von Wärmepumpen, aber deutlich stärker von den Betriebsbedingungen ab als die von Heizkesseln. Den Auswertungen zufolge kann diese durch Betriebsoptimierung um bis zu 50 Prozent gesteigert werden. Dies entspricht einem fünfmal größeren Hebel zur Effizienzsteigerung im Betrieb als beispielsweise bei Heizkesseln. Für das Gelingen der Energiewende und den damit verbundenen breiten Einsatz von Wärmepumpen zeigt die Studie deutlich, dass Monitoring und die Optimierung

von Betriebsabläufen von entscheidender Bedeutung sind – ein professionelles Contracting macht hier den Unterschied.

### Die digitale Transformation des Energiesystems

Auch wenn durch den gezielten Einsatz von Wärmepumpen in Kombination mit Contracting der Anlagenbestand sukzessive dekarbonisiert und Emissionen eingespart werden können, reicht dies allein nicht aus. Schließlich geht der Umstieg auf erneuerbare Energien mit einem grundlegenden Wandel einher, der unser Energiesystem fragmentierter und damit komplexer macht. Gerade in größeren Quartieren ist es daher entscheidend, das gesamte Versorgungssystem eines Gebäudes im Blick zu behalten. Dazu bedarf es einer digitalen, sektorenübergreifenden Infrastruktur, für deren Ausbau Smart Meter unverzichtbar sind. Die intelligenten Messsysteme erfassen die Verbrauchsdaten in Echtzeit und ermöglichen so einen bedarfsgerechten und effizienten Betrieb der Wärmepumpe. Da diese als unterbrechbare Verbrauchseinrichtungen gelten, sind Smart Meter gesetzlich vorgeschrieben. Sie ermöglichen eine optimale Integration der Wärmepumpe in das Energiesystem und tragen dazu bei,

Lastspitzen zu glätten und den Stromverbrauch signifikant zu optimieren.

### Effizientes Energiemanagement – heute und morgen

Mit fortschreitender Digitalisierung werden unsere Gebäude selbst zu intelligenten Energiemanagern. Schon heute lässt sich ihr energetischer Ist-Zustand mit digitalen Lösungen analysieren. Dies ist die Grundlage, um konkrete Handlungsempfehlungen zur Steigerung der Energieeffizienz ableiten zu können. Perspektivisch werden digitale Monitoring-Lösungen zunehmend auch die automatisierte Steuerung von Anlagen übernehmen, um diese möglichst effizient und nachhaltig zu betreiben. Die digitale Erfassung und Bereitstellung von Verbrauchsdaten kann zudem helfen, das Nutzungsverhalten anzupassen. Denn auch wenn Energie künftig nur noch ausschließlich aus regenerativen Quellen bereitgestellt wird, ist ein effizienter Umgang mit der wertvollen Ressource unerlässlich. Ein effizientes Energiemanagement in allen Arten von Gebäuden ist durch grünes Contracting unter dem Einsatz von Wärmepumpen schon heute möglich. Nun gilt es, dieses in der Breite zu etablieren. □



Leistungselektronik mit hohem Wirkungsgrad für Energiewandler

## DIE EFFIZIENTEN WÄRMEPUMPEN KOMMEN

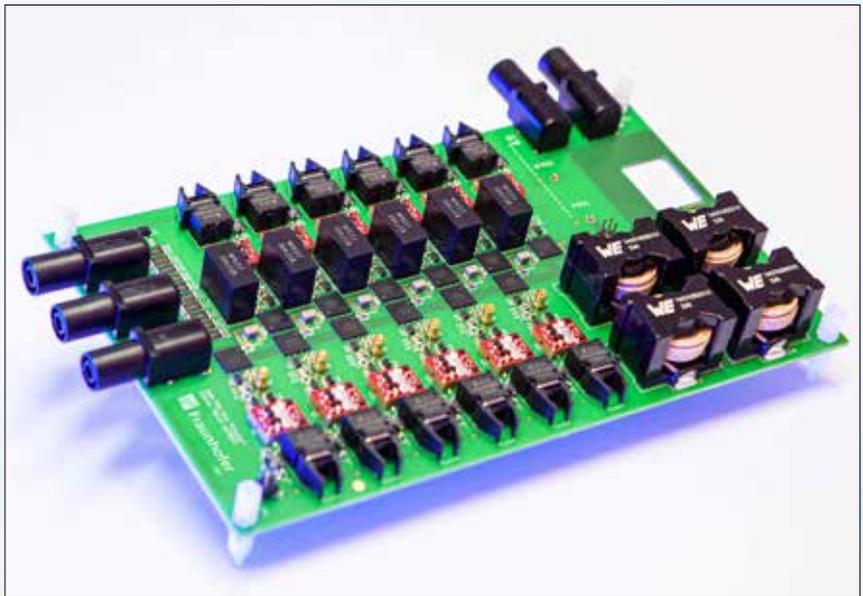
Im Fraunhofer-Leitprojekt ElKaWe arbeiten Forschende an der Entwicklung elektrokalischer Wärmepumpen als Alternative zur derzeit vorherrschenden Kompressor-Technologie. Diese neuartigen Wärmepumpen versprechen eine höhere Effizienz und kommen ohne Kältemittel aus.

TEXT: Fraunhofer IAF BILDER: Fraunhofer IAF; iStock, spukkato

Wärmepumpen sind äußerst effiziente Systeme zur Wärmeerzeugung und ein zentraler Bestandteil der Wärmewende. Um die Effizienz von Wärmepumpen zu steigern, arbeiten Forschende im Fraunhofer-Leitprojekt "Elektrokalisches Wärmepumpen", kurz ElKaWe, an neuartigen Wärmepumpen, die ohne Kompressoren auskommen und zukünftig höhere Effizienzen erzielen sollen.

Heutige Wärmepumpen erreichen technologiebedingt nur etwa 50 Prozent des physikalischen Carnot-Limits, während die elektrokalisches Wärmepumpe theoretisch 85 Prozent schaffen kann. Doch wie effizient elektrokalisches Wärmepumpen letztendlich sind, hängt auch zum großen Teil vom Wirkungsgrad der integrierten Leistungselektronik ab. Technologisch steckt hier noch viel Leistungspotenzial drin.

Die Forschenden des Fraunhofer IAF arbeiten bereits an einer Weiterentwicklung der Leistungselektronik für elektrokalendarische Wärmepumpen: Der abgebildete Demonstrator erzielt sogar einen elektrischen Wirkungsgrad von 99,75 Prozent.



## Ultra-effiziente Leistungselektronik dank GaN

Das Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik IAF ist im Projekt ELKaWe für die Entwicklung der Ansteuerungselektronik für elektrokalendarische Wärmepumpen zuständig. Dafür erforscht es Bauelemente auf Basis des Halbleiters Galliumnitrid (GaN), um die Leistungsdichte und den Wirkungsgrad signifikant zu erhöhen. Nun haben die Forschenden erstmals eine Leistungselektronik speziell für die Elektrokalendarik entwickelt und optimiert. So ist es ihnen gelungen, eine ultra-effiziente Schaltungstopologie für Spannungswandler basierend auf GaN-Transistoren zu realisieren und damit einen elektrischen Wirkungsgrad von 99,74 Prozent im elektrischen Leistungspfad zu erzielen. Der GaN-basierte Multilevel-DC/DC-Wandler setzt weltweit Maßstäbe und übertrifft den bisherigen Forschungsstand von unter 90 Prozent Umladeeffizienz zur elektrischen Ansteuerung dieser neuartigen Wärmepumpen bei Weitem.

## Effiziente Wärmepumpen dank Elektronik

Die deutliche Effizienzsteigerung der Ansteuerungselektronik wirkt sich unmittelbar auf die Leistungszahl des gesamten Systems aus. Bislang waren elektrokalendarische Wärmepumpen-Systeme unter anderem durch die Verluste der Elektronik limitiert. Die gesteigerte elektrische Effizienz führt direkt zu einer höheren Leistungszahl des gesamten Wärmepumpen-Systems und ist damit ein Meilenstein auf dem Weg zu effizienteren Wärmepumpen. „Durch unsere ultra-effiziente

Leistungselektronik ist es erstmals realistisch, mit elektrokalendarischen Wärmepumpen auch auf Systemebene deutlich über 50 Prozent der maximalen theoretischen Leistungszahl zu erreichen. Es besteht noch viel Forschungsbedarf, aber zukünftig könnte diese Technologie eine effizientere und vollständig emissionsfreie Lösung zum Heizen und Kühlen werden“, sagt Dr. Stefan Mönch, Forscher im Bereich Leistungselektronik am Fraunhofer IAF. „Essenziell für die Realisierung einer hohen Leistungszahl elektrokalendarischer Wärmepumpen ist eine sehr hohe Effizienz bei den Materialien, der Elektronik und dem Wärmeübertrag. Bekommt man das alles in den Griff, hat die Elektrokalendarik ein enormes Potenzial“, ergänzt Herr Dr. Kilian Bartholomé, Projektleiter von ELKaWe und Forscher am Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM.

## Der elektrokalendarische Effekt

Das Prinzip hinter der elektrokalendarischen Wärmepumpe bildet der elektrokalendarische Effekt: Wird an einem elektrokalendarischen Material aus speziellen Keramiken oder Polymeren eine elektrische Spannung angelegt, erwärmt sich das Material. Sobald die Spannung entfernt wird, kühlt das Material wieder ab, wobei der gesamte Vorgang nahezu vollständig reversibel ist. Da die elektrokalendarischen Materialien eine elektrische Kapazität bilden, kommt der Leistungselektronik in dem System die Aufgabe zu, die elektrokalendarischen Kapazitäten mehrmals pro Sekunde möglichst hocheffizient und damit so verlustfrei wie möglich elektrisch zu laden und wieder zu entladen, wobei in jedem Zyklus Wärme gepumpt wird. □



## Einblicke in die Zukunft der Windenergie Husum Wind 2023

Entdecken Sie vom 12. bis 15. September die Zukunft der Windenergie auf der Husum Wind. Treffen Sie führende Branchenexperten und gestalten Sie die Energierevolution aktiv mit.

**TEXT:** Leopold Bochtler, Energy 4.0; mit Material von Messe Husum & Congress **BILDER:** Martin Ziemer, nordpool; iStock, pukrufus

Die Husum Wind Messe präsentiert die neuesten Produktinnovationen und Spitzentechnologien im wachsenden Markt der erneuerbaren Energien. Renommierete Unternehmen und Aussteller aus aller Welt zeigen, welche Fortschritte die Branche für das zukünftige Energiesystem erzielt.

## Onshore und Offshore Wind

Windenergie hat in Deutschland eine herausragende Rolle unter den erneuerbaren Energiequellen übernommen und deckt etwa 25 Prozent des Strombedarfs ab. Deutschland ist führend in Europa und plant, weiterhin bedeutend in diese Richtung zu investieren. Auf der Husum Wind Messe versammeln sich Fachleute aus der ganzen Welt, die in verschiedenen Bereichen der Windenergie tätig sind. Das reicht von der Planung, Finanzierung, Produktion, Transport und Installation

von Windkraftanlagen bis zur Anbindung ans Stromnetz sowie dem Betrieb und der Wartung von Windparks sowohl an Land als auch im Offshore-Bereich.

## Grüner Wasserstoff

Norddeutschland nimmt eine Vorreiterrolle in der Entwicklung der grünen Wasserstoffwirtschaft ein. Dabei spielt Windenergie als hauptsächliche Quelle für erneuerbaren Strom eine entscheidende Rolle. Es wurden zahlreiche Pilotprojekte realisiert, die überschüssigen Windstrom nutzen. Angesichts der großen Bedeutung für die deutsche Industrie ist das Thema grüner Wasserstoff auch im Jahr 2023 ein besonderer Schwerpunkt der Husum Wind Messe. Die Messe widmet dem Thema in Halle 5 eine eigene Wasserstoff-Area sowie ein passendes Forenprogramm.



Es ist faszinierend, sagt die Neugierde.

Jobs mit Abenteuerlust und Zukunftsperspektive

Du bist auf der Suche nach einem sicheren Job? Du möchtest als erfahrene Fachkraft neue Herausforderungen angehen, Dich als Quereinsteiger umorientieren oder mit einer Ausbildung in die Arbeitswelt starten? Dann bist du bei uns genau richtig! Wir bieten dir vielfältige Möglichkeiten, dich bei uns beruflich zu entfalten – ob im Service, in Technik und IT, im Vertrieb oder kaufmännischen Bereich. Bewirb Dich jetzt!

[deutsche-windtechnik.com/jobs](https://deutsche-windtechnik.com/jobs)

more than  
**12**  
GW



**Deutsche  
Windtechnik**



Treffen Sie auf der Husum Wind  
Experten aus allen Bereichen  
der Windindustrie.

## Digitalisierung

Die Husum Wind Messe legt in diesem Jahr besonderen Fokus auf das Thema Digitalisierung und die Nutzung von IT-Transformationstechnologien im Kontext der Energiewende. Dabei stehen Technologien wie Künstliche Intelligenz, IT-Sicherheit und Blockchain im Mittelpunkt. In den letzten Jahren haben sich digitale Technologien rasant weiterentwickelt und spielen eine Schlüsselrolle bei der Schaffung eines intelligenten, erneuerbaren Energiesystems. Sie ermöglichen die Entwicklung zukunftsweisender Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle.

## Sektorenkopplung

Die Idee hinter der Sektorenkopplung ist recht simpel: Erneuerbarer Strom, der in großen Mengen aus Quellen wie Windenergie gewonnen wird, kann nicht nur zur direkten Stromerzeugung genutzt werden, sondern auch zur Erzeugung von Wärme und Antrieb im Verkehrssektor. Indem überschüssiger Strom, der beispielsweise während windreicher Zeiten erzeugt wird, in Wärmepumpen oder Elektrofahrzeuge umgeleitet wird, entsteht eine sinnvolle Nutzung dieser Energie und eine Reduktion der Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen.

Diese Herangehensweise eröffnet für die Windindustrie neue Geschäftsfelder und Absatzmöglichkeiten. Die Windenergie wird nicht nur als reine Stromquelle betrachtet, sondern als Schlüsselkomponente eines vernetzten Energiesystems. Dies schafft Möglichkeiten für die Windindustrie, maßgeschneiderte Lösungen mit Mehrwert für verschiedene Anwendungsbereiche zu entwickeln. Es ist besonders wichtig zu betonen, dass die Transformation hin zu klimafreundlichen

Produktionsprozessen und Lieferketten ohne die Beteiligung der Windenergiebranche nur schwer umsetzbar ist.

Die Windindustrie spielt eine entscheidende Rolle bei der Bereitstellung von erneuerbarem Strom, der als Grundlage für die gesamte grüne Umgestaltung des Energiesektors dient. Diese Entwicklung markiert einen Paradigmenwechsel: von einer Vorreiterin in der Bereitstellung erneuerbarer Stromerzeugung hin zu einer Schlüsselakteurin in einem integrierten Energiemodell, das sämtliche Bereiche der Energieversorgung umfasst.

## Speichertechnologien

Die Energiewende bringt Herausforderungen wie „Dunkelflaute“ und die Notwendigkeit der „Grundlastfähigkeit“ mit sich. Hier bieten Speichermöglichkeiten Lösungen. Gespeicherte Energie ermöglicht es, Windkraft für windarme Zeiten aufzubewahren. Moderne Speichertechnologien arbeiten vielfältig, jedoch tragen sie alle zur flexiblen und sicheren Energieversorgung bei. Sie sind unverzichtbar für die gelungene Transformation der Energiesysteme. Diese Technologien bieten auch Regelenergie, die das Stromnetz stabilisiert, etwa bei Frequenzschwankungen. Kann Power-to-Gas das Energiesystem flexibler machen? Haben Sie Fragen zu Batteriespeichern, Pumpspeicherkraftwerken, Druckluftspeichern oder Power-to-Gas-Anlagen? All diese Fragen und mehr werden auf der Husum Wind diskutiert und beantwortet.

## Recycling und Repowering

Recycelte Anlagen haben kein festes Ende! Windenergieanlagen haben eine durchschnittliche Lebensdauer von 20 bis

30 Jahren. Doch was passiert danach? Nachhaltigkeit bedeutet auch, durchdachte Konzepte für die Weiterverwendung zu entwickeln. Seit 2021 verlieren Anlagen nach 20 Jahren ihre EEG-Förderung und wirtschaftlicher Betrieb wird schwierig. Was tun? Bis 2025 steht für etwa 8.000 Anlagen die Frage „Was nun?“ im Raum. Lösungen sind „Second Life“ durch den internationalen Gebrauchmarkt, Recycling und Repowering. Diese Optionen machen Windenergie noch nachhaltiger.

Recycling zielt darauf ab, möglichst viele Materialien aus alten Anlagen wieder in den Wirtschaftskreislauf einzubringen und so Umweltbelastung zu minimieren. Bis zu 80 bis 90 Prozent der Materialien können wiederverwertet werden. Rotorblätter etwa könnten zu Baumaterial und Dämmstoffen umgewandelt werden. Kupfer, Aluminium, Elektroschrott, Neodym und Kunststoffe finden sich in Kabeln, Antrieben, Steuerungselementen und Generatoren wieder.

Repowering, ein Kernstück der modernen Windenergie, ersetzt alte, weniger effiziente Anlagen vor Ablauf ihrer Nutzungsdauer durch neue, leistungsstärkere Modelle. Dies führt zu mehr Leistung auf weniger Fläche. Ein Vorteil dabei: Die aufwändige Planung und Genehmigung neuer Standorte entfallen.

## Finanzwirtschaft

Ohne die entsprechende Finanzwelt wäre ein vielfältiger Markt für erneuerbare Energien und der Wettbewerb von

neuen Ideen undenkbar. Besonders für Onshore- und Offshore-Windparks ist viel Kapital erforderlich. Auf der Husum Wind erfahren Sie mehr über verschiedene Finanzierungsmodelle und -instrumente, lernen Expertise zur Bewertung und Begrenzung von Risiken kennen und entdecken innovative Herangehensweisen in der Finanzierung. □

the power to control

bachmann.

# Structural Health Monitoring – SHM.

Dauerhaft fit – Anlagenüberwachung von Kopf bis Fuß.

### Leistungsfähigkeit auf Dauer

Stromgestehungskosten (LCOE) minimieren und Erträge maximieren – dies alles bei einer erweiterten Lebensdauer (LTE)

### Investitionssicherheit

Basis für die strategische Entscheidungsfindung und den erfolgreichen Dauerbetrieb von Anlagen und Windparks

### Digitale Zwillinge

Klare Vorhersehbarkeit von Funktionalitäten und erleichterte Optimierung ohne Betriebsunterbrechung

[www.bachmann.info](http://www.bachmann.info)



Besuchen Sie uns:

HUSUM Wind  
12.-15. Sept. 2023  
Husum, DE  
Stand: 5B07



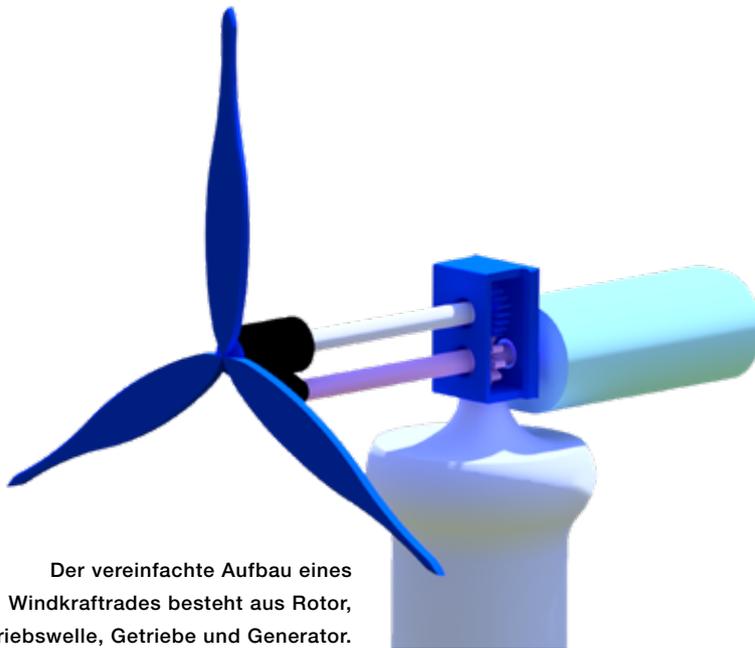
energy.industry.maritime.

So erzeugt Wind Strom

# Insights: Windkraftanlagen

Windkraftanlagen haben in den letzten Jahrzehnten in Deutschland eine immer größere Bedeutung erlangt. Als eine der bedeutendsten erneuerbaren Energiequellen tragen sie maßgeblich zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen und Umstellung auf eine nachhaltige Stromversorgung bei. Damit aus Wind Strom entsteht und das auch noch effizient, muss man die Technik hinter den Windanlagen verstehen.

TEXT: Michael Heßhaus, a.b. jödden BILDER: a.b. jödden; iStock, medlar



Der vereinfachte Aufbau eines Windkrafttrades besteht aus Rotor, Antriebswelle, Getriebe und Generator.

Die Bundesrepublik Deutschland hat sich ehrgeizige Ziele gesetzt, um den Anteil erneuerbarer Energien in ihrem Strommix signifikant zu erhöhen. Im Jahr 2022 stammten bereits 46,3 Prozent des Bruttostromverbrauchs aus erneuerbaren Quellen, wobei die Windenergie einen beträchtlichen Teil davon ausmachte. Aktuell verfügt Deutschland über eine installierte Windkraftkapazität von über 60 Gigawatt (GW). Allein im Jahr 2022 wurden mehrere Hundert neue Windkraftanlagen errichtet.

Die Bedeutung von Windkraftanlagen für den Strommix Deutschlands kann nicht genug betont werden. Im Jahr 2020 lieferten Windkraftanlagen 25,6 Prozent des Bruttostromverbrauchs des Landes, was sie zur zweitgrößten Stromquelle nach der Braunkohle machte. Trotz Rückbau ineffizienter Anlagen und generell erhöhtem Stromverbrauch waren es 2022 immer noch 24,1 Prozent.

Die Windkraftbranche hat nicht nur eine ökologische Bedeutung, sondern auch eine wirtschaftliche. Sie schafft Arbeitsplätze, treibt Innovationen voran und stärkt die regionale Entwicklung, insbesondere in ländlichen Gebieten, in denen viele Windparks angesiedelt sind. Die Energiewende in Deutschland wäre ohne den massiven Ausbau der Windenergie undenkbar.

### Funktionsweise

Eine Windkraftanlage wandelt die kinetische Energie des Windes in elektrische Energie um. Der Aufbau einer typischen Windkraftanlage besteht aus folgenden Komponenten: Die drei Rotorblätter sind aerodynamisch geformt. Wenn der Wind auf die Rotorblätter trifft, erzeugt er eine Kraft, die die Blätter in Bewegung setzt. Je stärker der Wind ist, desto schneller drehen sie sich. Die Rotorblätter sind mit einer Nabe verbunden, die sich wiederum mit einem Getriebe verbindet. Dieses erhöht die Drehzahl der Rotoren und überträgt sie auf einen Generator.

Der Generator ist das Herzstück der Windkraftanlage. Durch die Drehbewegung der Rotoren wird eine Welle im Generator gedreht, die wiederum einen internen Magnetfeldwechsel erzeugt. Dieser Magnetfeldwechsel erzeugt elektrischen Strom. Der erzeugte Strom aus dem Generator ist in der Regel als Wechselstrom (AC) vorhanden, muss jedoch in die, für das Stromnetz geeignete Form umgewandelt werden. Ein Umrichter wandelt den erzeugten AC-Strom in Gleichstrom (DC) um und anschließend wieder in Wechselstrom mit der richtigen Frequenz und Spannung. Das muss jedoch nicht direkt im Windrad erfolgen. Der umgewandelte Strom wird über



## Eine Plattform so vielseitig wie erneuerbare Energien selbst.



Effizientes Engineering und einfache Integration - von der Erzeugung bis zur Verteilung:

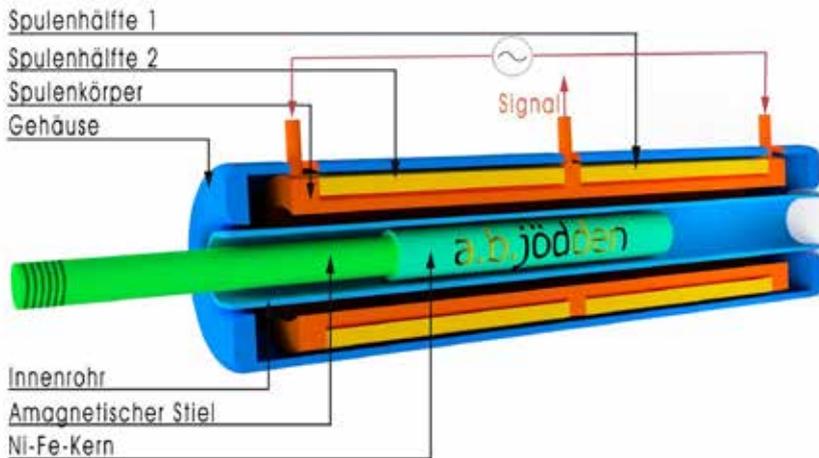
- ▶ Systeme global überwachen
- ▶ Regenerative Energien managen
- ▶ Schaltanlagen automatisieren
- ▶ Daten ganzheitlich analysieren



**zenon**  
by COPA-DATA

[www.copadata.com/energy-renewables](http://www.copadata.com/energy-renewables)

## Induktive Halbbrücke



Die Grafik veranschaulicht die Funktionsweise einer induktiven Halbbrücke.

ein Kabel zum Stromnetz geleitet und ins öffentliche Stromnetz eingespeist. Von dort aus kann der erzeugte Windstrom von Verbrauchern genutzt werden.

Die Windkraftanlage ist mit einem Leistungssystem ausgestattet, das die Drehgeschwindigkeit der Rotoren überwacht und steuert. Wenn der Wind zu stark oder zu schwach ist, kann die Anlage die Rotorblätter in einen optimalen Betriebsbereich bringen. Dies ist wichtig, da für einen effizienten Betrieb die Drehzahl des Generators in einem stabilen Bereich gehalten werden muss.

### Alles unter Kontrolle

Diese Überwachung kann durch eine Reihe von Sensoren realisiert werden. Winkelaufnehmer liefern genaue Signale zur aktuellen Drehgeschwindigkeit der Wellen. Beschleunigungs- und Vibrationssensoren geben Auskunft darüber, ob Teile der Anlage im Ungleichgewicht sind oder asynchron betrieben werden. Wegaufnehmer können Veränderungen in der Länge von Bauteilen oder den Strecken zueinander messen und wiedergeben. Je nach Ausführung findet die Modulation dieser Signale in den Sensoren selbst oder in externen Elektronikmodulen statt. Dies ist zum Beispiel dann optimal, wenn die Sensorik am

Einsatzort nicht über genug Platz verfügt oder extreme Umweltbedingungen herrschen.

### Sensoren für alle Temperaturen

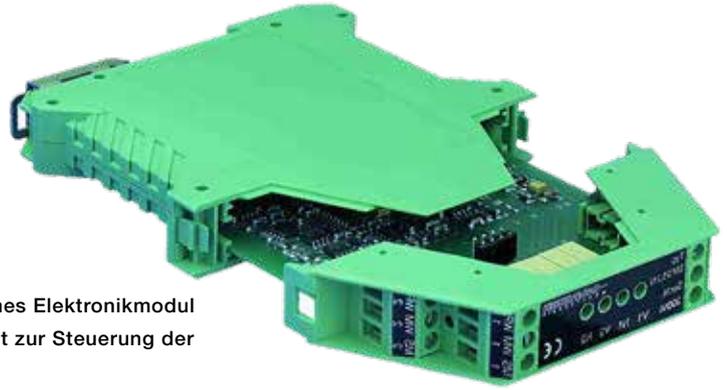
Die Technik dieser Wegsensoren basiert auf dem Prinzip der Differentialdrossel (induktive Halbbrücken). Innerhalb eines Spulenkörpers wird ein NiFe-Kern axial bewegt. Die jeweilige Position des Kerns bewirkt eine entsprechende Induktivitätsverteilung in den beiden Spulenhälften, die durch eine externe oder integrierte Elektronik in ein wegproportionales, analoges Signal umgewandelt wird.

Diese einfache Art der absoluten Wegerfassung ermöglicht einen robusten, zuverlässigen Aufbau des Sensorelementes. Der Einbau in ein Edelstahl- oder NiFe-Gehäuse mit anschließendem Komplettverguss ergibt einen analogen Sensor der im Temperaturbereich zwischen  $-40\text{ °C}$  und  $+125\text{ °C}$  eingesetzt werden kann, der problemlos die Schutzart IP68 (untertauchen bis zu 50 m) erreicht und bis 250 g schock- und vibrationsfest ist. Somit können diese Sensoren nicht nur in der Einhausung des Windkrafttrades, sondern auch außen direkt im Windstrom eingesetzt werden. So sind Wege bis 360 mm messbar.

### Externe Elektronik

Die Auswertelektronik versorgt die Sensoren mit einer hochkonstanten Wechselspannung. Das Messsignal wird phasenrichtig demoduliert, verstärkt und als normiertes Ausgangssignal mit  $0(4) - 20\text{ mA}$ ,  $0 - 10\text{ VDC}$  oder  $\pm 10\text{ VDC}$  zur Weiterverarbeitung ausgegeben. Die Elektronik kann je nach Anwendungsfall in verschiedenen Gehäusen oder im Sensor integriert ausgeführt werden. Die verwendete Wechselspannung zur Versorgung der induktiven Sensoren mit einer Frequenz von 10 kHz ermöglicht die Erfassung hoch dynamischer Messvorgänge. Die standardmäßig eingestellte Grenzfrequenz beträgt 800 Hz und kann auf besonderen Kundenwunsch auf 4 kHz erhöht werden.

Die verschleißarme und wartungsfreie Ausführung der Sensoren bedeutet eine zuverlässige Funktion mit langer Lebensdauer. Die erforderlichen Betriebsspannungen sind variabel und können den Anwendungen angepasst werden. Der streng symmetrische Aufbau der Spulenhälften sorgt für eine sehr gute Linearität, hohe Reproduzierbarkeit, Hysteresefreiheit und Temperaturstabilität. Elektronische Temperaturkompensation und spezielle Linearisierung sind bei diesen Systemen nicht erforderlich.



Das externes Elektronikmodul SM12 dient zur Steuerung der Sensoren.

Dem Anwender stehen mit diesen Sensoren sehr robuste und einfach zu handhabende sowie absolut messende Systeme zur Verfügung. Auch die vom Anwender durchzuführende Verdrahtung der verschiedenen Sensoren in der

bewährten 2- oder 3-Leitertechnik ist einfach und zuverlässig. Der niederohmige Abschlusswiderstand in der Empfangselektronik (SPS, IPC oder Anzeigergerät) gewährleistet eine äußerst stör- sichere Übertragung der analogen Signale.

Typische Einsatzgebiete dieser Sensoren sind die Istwerterfassungen in geschlossenen Regelkreisen. Mit dem verschleiß- freien Messverfahren sind Regelungen hoch dynamischer Vorgänge in Wind- kraftanlagen problemlos möglich. □



**WindEnergy  
Hamburg**  
The global on & offshore event

24 ————— 27  
September 2024

# Expand your network!

- Take part in the world's leading wind industry event; on- and offshore
- Present your company to more than 37,000 total attendees from about 93 countries
- Add key decision makers from the industry to your network
- A first-rate conference programme on open stages in the halls free of charge

**Driving the energy transition.  
Together!**

Book now!



Organised by:



In cooperation with:



Global Partner:



European Partner:



Partners:



windenergyhamburg.com

## Lenkdrachen - Neue Wege der nachhaltigen Stromgewinnung

# Wenn Drachen Energie erzeugen

Ein niederländisches Startup hat einen Lenkdrachen in XXL-Größe entwickelt, der Strom für rund 100 Haushalte erzeugen kann. Zudem benötigt das System viel weniger baulichen und konstruktiven Aufwand als eine konventionelle Windenergieanlage und punktet auch mit geringerem CO<sub>2</sub>-Fußabdruck.

TEXT: Kitepower BILDER: Kitepower; iStock, koyu

Ein Turm, eine Gondel, drei Rotoren: Das ist das grundlegende und vieltausendfach genutzte Konzept einer Windenergieanlage. Ein niederländisches Start-up hat eine ganz andere Art der Stromerzeugung per Windkraft entwickelt. Dass einer der beiden Gründer äußerst begeisterter Kitesurfer ist, gibt ebenso einen

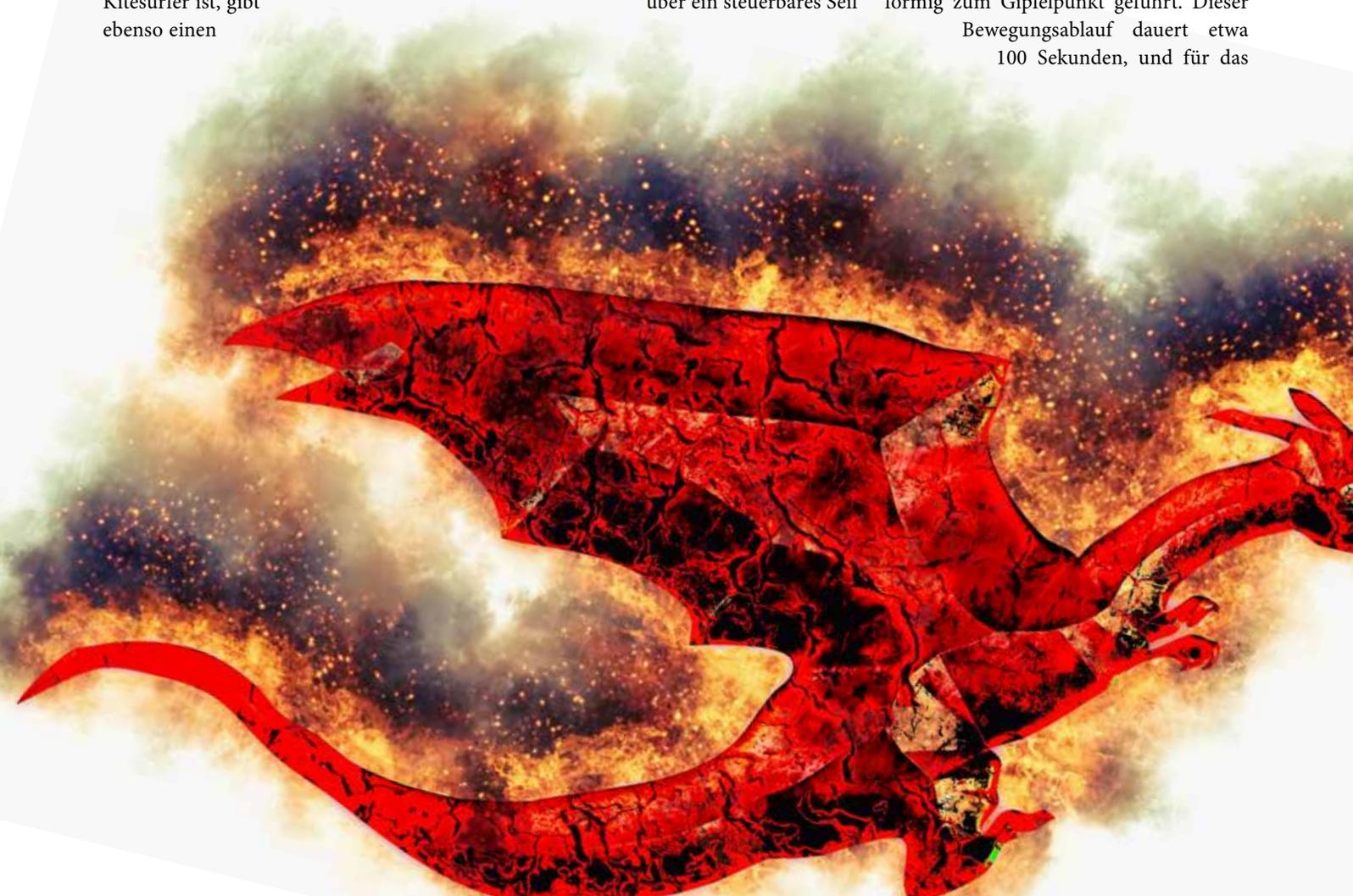
Hinweis auf das neue Konzept wie der markante Unternehmensname Kitepower.

### Die Idee

An einer Bodenstation, die in einem 20-Zoll-Container untergebracht ist, wird über ein steuerbares Seil

ein rund 60 m<sup>2</sup> großer Lenkdrachen befestigt. Er wird so gelenkt, dass er in acht schleifenförmigen Bewegungen bis an den Endpunkt der Seilauslenkung gelangt.

Dort angekommen, wird er von einer Winde eingeholt und wieder schleifenförmig zum Gipfelpunkt geführt. Dieser Bewegungsablauf dauert etwa 100 Sekunden, und für das





Feldversuch: Der Lenkdrachen macht sich bereit zum Abheben.

Einholen benötigt der Motor/ Generator etwa 20 Prozent der erzeugten Energie. Der Hauptanteil von 80 Prozent kann als Strom ins Netz gespeist oder vor Ort verbraucht werden. Auf diese Weise erzeugt ein einziger Falcon-Kite pro Jahr rund 450 MWh Energie. Das reicht für circa 100 mittlere Haushalte, rund um die Uhr mit minimalem Platzbedarf, Materialeinsatz und Serviceaufwand.

### Energieversorgung mal anders

Da das Konzept für dünn besiedelte Insel- und Küstenlagen entwickelt wurde, wo häufig Wind weht, ist die ressourcenschonende Energieversorgung sichergestellt. Und sie bietet weitere Vorteile. Johannes Peschel, einer der beiden Gründer: „Eine Kite-Anlage ist mobil. Sie kommt ohne Fundamente aus, lässt sich schnell vor Ort in Betrieb nehmen und eignet sich auch für die Integration in Hybridstationen mit Dieselgeneratoren und Batterien. Ebenfalls denkbar ist der temporäre Betrieb, etwa bei humanitären Einsätzen oder bei Events wie Festivals.“

Erste Tests auf der Karibikinsel Aruba bewiesen die Funktionsfähigkeit des neuen Konzeptes und überzeugten auch weitere Investoren, die Anfang 2023 für eine neue Finanzierungsrunde bei Kitepower

einstiegen. Johannes Peschel: „Wir bereiten aktuell eine Kleinserie von Falcon-Anlagen vor. Dafür wird die Anlage Ende 2023 einem Dauertest in Irland unterzogen – in Kooperation mit einem irischen Energieversorgungsunternehmen.“

### Carbon Footprint

Zu den Vorbereitungen der Serienproduktion gehört auch die Ermittlung des „Carbon Footprint“ einer Kite-Windanlage. Johannes Peschel: „In einigen Ländern, darunter den Niederlanden, muss der Hersteller einer Energieerzeugungsanlage in einem Benchmark mit anderen Lösungen nachweisen, dass sein Konzept den günstigsten CO<sub>2</sub>-Fußabdruck aufweist. Dass wir diese Anforderung im Vergleich mit einer konventionellen Windenergieanlage oder mit einer Photovoltaikanlage locker erfüllen, steht außer Frage.“

Um diese Aufgabe erfüllen zu können, hat Kitepower eine Lizenz für die Software der Ecospeed zur Ermittlung des Product Carbon Footprint (PCF) erworben: „Uns hat die Software überzeugt, weil sie einfach zu bedienen ist und alle unsere Anforderungen abbildet – auch im Hinblick auf internationale Märkte. Wir werden den PCF sowohl einer reinen Kite-Anlage als auch einer Anlage mit Batteriepuffer ermitteln und die Software außerdem nutzen, um die Anlagen weiter im Hinblick auf den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck zu optimieren“, so Peschel. □

# SCHUTZ!



FRIZLEN Leistungswiderstände sorgen im Verbund mit leistungselektronischen Geräten für Schutz und Dynamik.

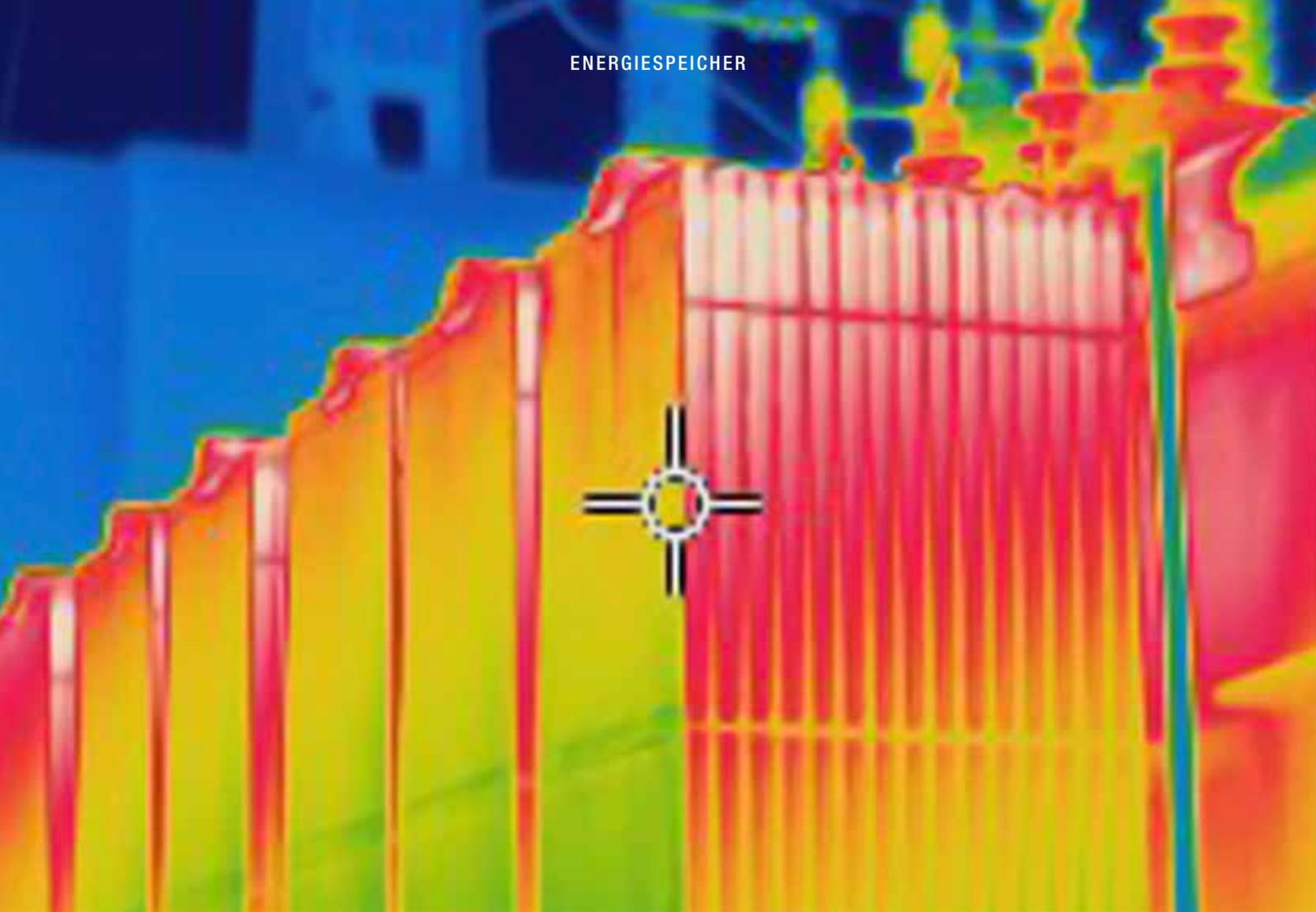
- Fault-Ride-Through-Widerstände mit hoher Leistungsdichte
- Filterwiderstände
- Kompakte Bremswiderstände in Pitchantrieben

### FRIZLEN Leistungswiderstände

- Belastbar
- Zuverlässig
- Made in Germany



Tel. +49 7144 8100-0  
[www.frizlen.com](http://www.frizlen.com)



## Carnot-Batterien - Energiespeicher der Zukunft

# STROM IN FORM VON WÄRME ZWISCHENSPEICHERN

Für eine Transformation der Energieversorgung, die fossile Brennstoffe durch erneuerbare Energiequellen ersetzt, bedarf es neuer Technologien zur Speicherung von Solar- und Windstrom. Eine vielversprechende Technologie sind Carnot-Batterien, die Strom in Form von Wärme zwischenspeichern.

**TEXT:** Universität Bayreuth & Zentrum für Energietechnik (ZET) **BILDER:** Universität Bayreuth, ZET; iStock, Marccophoto

Die sogenannten Carnot-Batterien sind nach dem Begründer der Thermodynamik – dem französischen Physiker und Ingenieur Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796-1832) – benannt, der in seiner wissenschaftlich orientierten Arbeit die

optimale Umwandlung von Wärme in Arbeit berechnet hat. Sie können in Zukunft eine wichtige Rolle dabei spielen, die Verfügbarkeit erneuerbarer Energien und die Nachfrage auf dem Energiemarkt technisch aufeinander abzustimmen.

### Carnot-Batterie im Detail

Eine Carnot-Batterie besteht im Prinzip aus drei hintereinander geschalteten Komponenten: einer Hochtemperatur-Wärmepumpe, einem Wärmespeicher



Die Carnot-Batterie kann Strom in Form von Wärme speichern.

und einer Wärmekraftmaschine. Die Wärmepumpe wandelt den durch Sonne und Wind erzeugten, aber nicht unmittelbar benötigten Strom in Wärme um und belädt mit dieser Wärme den Speicher. Die Wärmekraftmaschine ist in der Lage, den Speicher entsprechend der Nachfrage auf dem Energiemarkt zu entladen und dabei die gespeicherte Wärme wieder in Strom zurückzuwandeln. Deshalb werden die Carnot-Batterien auch als Strom-Wärme-Strom-Speicher bezeichnet.

„Erste Demonstrationsanlagen zeigen, dass mit Carnot-Batterien ein hoher Gesamtwirkungsgrad erzielt werden kann: Bis zu 70 Prozent des eingespeisten, aus erneuerbaren Energiequellen stammenden überschüssigen Stroms können am Ende zurückgewonnen werden. Die Speicherkosten pro Kilowattstunde liegen dabei im Bereich von Pumpspeicherkraftwerken oder elektrochemischen Batterien“, erklärt Dr.-Ing. Florian Heberle, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl LTTT und Geschäftsführer des ZET der Universität Bayreuth.

Er weist zugleich darauf hin, dass es weiteren Forschungs- und Entwicklungsbedarf gibt, um die Potenziale dieser Form der Energiespeicherung voll ausschöpfen zu können: „Das neue DFG-Schwerpunktprogramm wird in den nächsten Jahren

einen erheblichen Beitrag dazu leisten, das Zusammenwirken der drei Komponenten und die Integration von Carnot-Batterien ins Gesamtsystem der elektrischen Energieversorgung weiterzuentwickeln und technologisch zu optimieren.“

### Das richtige Arbeitsfluid finden

Das an der Universität Bayreuth angesiedelte Projekt konzentriert sich auf die Herausforderung, optimale Arbeitsfluide für Carnot-Batterien zu finden. Entscheidend sind dabei drei Kriterien: Effizienz, Betriebssicherheit und ein geringes Erdwärmungspotenzial (Global Warming Potential, GWP). Wichtig für die Entwickler der Energiespeicher ist: Es sollen während des laufenden Betriebs möglichst wenig Treibhausgase freigesetzt werden.

Die Untersuchungen werden sich vor allem mit speziellen Gemischen aus natürlichen Kohlenwasserstoffen und ungesättigten teilhalogenierten Kältemitteln befassen. Es geht dabei um die präzise Identifizierung thermochemischer Eigenschaften, aber auch um die praktische Erprobung der Fluide im Hinblick auf die sehr unterschiedlichen Funktionen, die sie im System einer Carnot-Batterie erfüllen müssen. Am Lehrstuhl LTTT stehen dafür neueste Prüfstände und Messtechnologien zur Verfügung. □

**KOSTENFREIES  
PRODUKTMUSTER  
ANFORDERN**

“

Durch den HARTING Standard können wir sicherstellen, dass nachgelagerte Lösungen stets kompatibel sind.

**Michael Schnakenberg,**  
**Geschäftsführer**  
**Commeo GmbH**



### Han® S - Sichere Steckverbindungen für modulare Batteriespeicher

- Fehlerfreie Verbindungen durch effektive mechanische Kodierung
- Sichere Installation durch sichtbare Verriegelung
- Erfüllt alle UL Standards

One Range. No Limits:  
[www.HARTING.com/hans](http://www.HARTING.com/hans)





Simatic Energy Manager und Sigreen

## Starkes Duo für Dekarbonisierung

Eine effiziente Ressourcennutzung ist für alle Unternehmen essenziell. Sie ermöglicht Kostenreduktion, minimiert Umweltauswirkungen und steigert die Wettbewerbsfähigkeit. Mit den Lösungen Simatic Energy Manager und Sigreen hat Siemens ein starkes Softwarepaket im Portfolio, das die perfekte Symbiose für die Dekarbonisierung der Industrie darstellt.

TEXT: Martin Dietz und Christian Schiller, Siemens BILDER: Siemens



Der Simatic Energy Manager ist ein weiterer Baustein im Siemens Energiemanagementportfolio.



Siemens ist nicht nur ein Technologieunternehmen, sondern mit Fabriken auf der ganzen Welt ebenso stark in der Fertigung vertreten. Auch hier ist der Druck spürbar, energieeffizienter zu fertigen und CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren. Deshalb wurden intelligente Lösungen entwickelt, um diesen Herausforderungen entgegenzutreten. Das Simatic Energy Management Portfolio ermöglicht eine detaillierte Analyse von Energieströmen und Verbrauchswerten in Produktionsprozessen. Die Verknüpfung von Verbrauchswerten mit Produktionsdaten schafft Transparenz und bildet den Grundbaustein für Nachhaltigkeit und Dekarbonisierung. Mittlerweile ist es sogar möglich, den Energieverbrauch für einzelne Produktionslose zu berechnen. Dabei kann mit dem Energy Manager die benötigte Energie und die emittierten Emissionen einem Produkt oder einem Produktionsauftrag zugeordnet werden. Die erfassten Ergebnisse werden unter anderem im Simatic Energy Manager visualisiert, ermöglichen den Vergleich von Maßnahmen über Anlagen und Standorte hinweg und fördern relevante Energieeinsparungen.

Und das ist dringend nötig, denn der Strompreis steigt seit Jahren kontinuierlich und auch der Druck von außen nimmt zu. Das Pariser Klimaabkommen legt einen deutlichen Rahmen für die Klimastrategien von Unternehmen fest. Die internationale Vereinbarung zielt darauf ab, die globale Erderwärmung im Vergleich zu vorindustriellen Werten auf deutlich unter 2°C zu begrenzen. Mit der CSRD, der EU-Richtlinie zur Nachhaltigkeitsberichterstattung, sind viele Unternehmen dazu verpflichtet, ihre eigenen Emissionen (Scope 1 & 2 nach GHG) anzugeben. Treten sie zudem der Science-Based Target Initiative (SBTi) bei, erweitert sich die Berichterstattung auch auf die Lieferkette (Scope 3, Upstream).

Um die Emissionen aus der Lieferkette, also der eingekauften Güter, spezifisch auswerten und verbessern zu können, ist eine Betrachtung nur auf Unternehmensebene nicht mehr

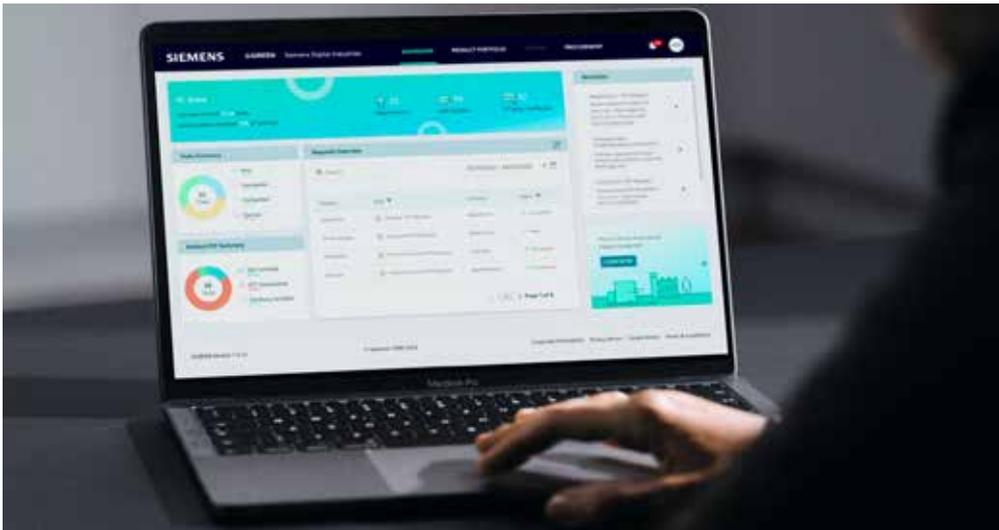
ausreichend. Aus diesem Grund werden Emissionen vermehrt auf Produktebene erhoben. Der so genannte Product Carbon Footprint (PCF) bildet die Bilanz der Treibhausgasemissionen eines Produkts entlang verschiedener Lebenszyklen ab. In manchen Branchen wird es bereits ab 2026 verpflichtend sein, den PCF aller Produkte auf einem Label auszuweisen. Dazu gehören beispielsweise die Batterien für Elektroautos.

Mit dem Simatic Energy Manager können die Emissionswerte, die innerhalb eines Unternehmens entstehen, auch auf Produktebene allokiert werden. Doch damit allein ist es nicht getan. Denn für den PCF müssen weitere Faktoren berücksichtigt werden. Um ein Gesamtbild zu erhalten, muss die gesamte Wertschöpfungskette in Betracht gezogen werden. An dieser Stelle entstehen, abhängig je nach Industriebranche, bis zu 90 Prozent des industriellen CO<sub>2</sub>-Ausstoßes.

## Das Gesamtbild mit Sigreen

Um einen belastbaren PCF zu errechnen, ist es also nötig, dass Lieferanten- und Kundenunternehmen untereinander Emissionsdaten austauschen. Lange fehlte es hier aber an einer sicheren Lösung. Sigreen bietet hierfür die perfekte Plattform. Die Lösung gewährleistet für alle beteiligten Parteien die volle Kontrolle über ihre Daten. Ein Datenaustausch geschieht nur entlang bereits bestehender Geschäftsbeziehungen.

Zusätzliches Vertrauen entsteht, indem Emissions-Werte an jedem Punkt der Wertschöpfungskette von einem unabhängigen Zertifizierungsunternehmen verifiziert werden können. Lieferanten können außerdem aktiv Aktualisierungen ihrer verbesserten Werte an ihre Kunden senden. Die so aggregierten PCF-Werte sind dynamisch, Veränderungen quantifizieren sich also entlang der Lieferkette. Dadurch können Unternehmen die Ergebnisse von Reduktionsmaßnahmen besser nachvollziehen und bewerten.



Das CO<sub>2</sub>-Management-Tool Sigreen ermöglicht es, Emissionen entlang der gesamten Lieferkette zu verwalten und zu reduzieren.

Als Software-as-a-Service-Lösung (SaaS) ist Sigreen eigenständig nutzbar, oder vollständig in die IT/OT-Landschaft integrierbar. Der Schlüssel für die Erhebung des tatsächlichen PCF liegt darin, die unternehmenseigenen Emissionen auf Produktebene zu erheben und mit denen aus der Lieferkette zu kombinieren. Deshalb ist die Verbindung mit einem Energiemanagementsystem unerlässlich.

Sigreen ist dank Datenschnittstellen mit allen marktüblichen Systemen kompatibel, doch in der Kombination mit dem Simatic Energy Manager zeigt sich die wahre Schlagkraft der beiden Lösungen. Als Produkte der Siemens Xcelerator Business-Plattform sind sie perfekt miteinander kombinierbar, was eine automatisierte Erhebung und Weiterverarbeitung von emissionsbezogenen Daten ermöglicht.

Unternehmen können auf dieser Grundlage gezielt Reduktionsmaßnahmen mit quantifizierbarem Erfolg ergreifen – eine Methode mit großer Wirkung. Denn eine CO<sub>2</sub>-arme Fertigung ermöglicht es Industrieunternehmen, den wachsenden Anforderungen von umweltbewussten Verbrauchern und strengen politischen Vorschriften gerecht zu werden. Durch den Nachweis umweltschonender Praktiken können Hersteller langfristig einen handfesten Wettbewerbsvorteil erlangen und über Sigreen ihren CO<sub>2</sub>-Fußabdruck jederzeit miteinander austauschen.

## Erfolgsbericht aus Österreich

Wie das in der Praxis funktioniert, zeigt ein Projekt bei der österreichischen Stoelzle Glasgruppe. Diese hat sich ehrgeizige Nachhaltigkeitsziele gesteckt: Bis 2030 soll der CO<sub>2</sub> Ausstoß (Scope 1 und 2) um 50 Prozent sinken und der Energieverbrauch um 10 Prozent reduziert werden. 2020 holte sich Stoelzle das Unternehmen Siemens beratend an die Seite.

Der Konzern suchte nach einer umfassenden Softwarelösung, um Emissionsdaten und Energieverbrauch unternehmensweit zu erfassen, zu evaluieren und visuell darzustellen. Denn um die Einhaltung von Vorschriften nachzuweisen, benötigt das Unternehmen valide Daten mit standardisierten KPIs. Die Wahl fiel dabei auf den Simatic Energy Manager.

Mit den hier gewonnenen Informationen kann Stoelzle den Energieverbrauch und weitere CO<sub>2</sub>-Kennzahlen evaluieren. Auch wird der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck von einzelnen Losgrößen errechnet, welcher aufgrund unterschiedlicher Zusammensetzung der Ausgangsmaterialien stark variieren können. Implementierte Maßnahmen lassen sich dann anhand von aussagekräftigen Berichten datenbasiert nachverfolgen.

Mit Sigreen kann Stoelzle Emissionsdaten seiner direkten Lieferanten anfordern und mit den eigenen Herstellungsdaten kombinieren, um den realen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck seiner Produkte zu ermitteln. Beispielsweise fließen die Emissionswerte des Verpackungsmaterials, mit dem die Flaschen an Kunden verschickt werden, in den PCF ein, indem Stoelzle diese Daten über Sigreen vom Lieferanten einholt. Die Kunden von Stoelzle erhalten die kombinierten Informationen und integrieren sie wiederum in den PCF ihres finalen Produkts, beispielsweise das im Laden zu kaufende Getränk, das letztlich in die Flasche gefüllt wird.

Mithilfe des Simatic Energy Managers konnte Stoelzle eine verbesserte Temperaturkontrolle implementieren, mit dem Ergebnis, dass die Kühltürme nun 20 Prozent weniger Erdgas verbrauchen. Diese Erfolge wirken sich direkt auf den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck der hergestellten Flaschen aus, die Stoelzle mit Kunden per Sigreen teilen kann. Nun will Stoelzle das Softwareduo in all ihre Werke in ganz Europa und den USA implementieren und von den Vorteilen profitieren. □

Interview zu Simatic Energy Manager und Sigreen

# „Eine perfekte Symbiose“

Mit dem Simatic Energy Manager und Sigreen bietet Siemens ein Toolpaket an, das Unternehmen bei der nachhaltigen Nutzung von Ressourcen und Dekarbonisierung hilft. Wie das Software-Duo in der Praxis zusammenarbeitet und welchen dedizierten Nutzwert es bietet, erläutert Martin Dietz, Solution Consultant bei Sigreen, Siemens im Energy-4.0-Interview.



**DAS INTERVIEW FÜHRTE:** Bernhard Haluschak, E4.0 **BILD:** Siemens

**Was muss in einem Werk geschehen, um optimal vom Simatic Energy Manager und Sigreen zu profitieren?**

Egal ob Ihre Fertigungsanlagen bereits mit Energiemessgeräten ausgestattet sind, Sie es planen oder es Ihnen genügt, den Energieverbrauch einzelner Gebäude zu verfolgen – der Simatic Energy Manager bietet Ihnen immer das passende Software-Paket. So lassen sich damit etwa Ihre Messwerte den Anlagen beziehungsweise Fertigungsprozessen zuordnen, sowie eine Reihe von Analysemöglichkeiten durchführen. Sie möchten neben Strom und Druckluft auch Prozessgase oder Schüttgut abbilden? Diese Möglichkeit besteht und wurde beispielsweise beim Kunden Stoelzle Glass Group bereits erfolgreich umgesetzt. Die Informationen über den Energieverbrauch, die Emissionen und die Zuordnungsfaktoren können dann in Sigreen verwendet werden, um den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck für das Produkt zu berechnen und darzustellen.

**Wie sind Ihre Erfahrungen bei anderen Unternehmen? Stoelzle ist ein Hersteller von Glas, wie sieht es in anderen Industrien aus?**

Simatic Energy Manager ist in verschiedenen Industrien in Anwendung. Industriespezifisch werden unterschiedliche Medienverbräuche gemessen. Wir haben die Zuordnung von Verbrauchswerten in der Elektronikindustrie in einem Siemens-Werk zuerst pilotiert und konnten die Logik auf die Glasindustrie übertragen. Das Prinzip der Bewertung von Verbrauchswerten mit Emissionsfaktoren ist gleich. Weiterhin hat sich Together for Sustainability dazu entschieden, Sigreen zu pilotieren. Hierbei handelt es sich um eine Nachhaltigkeits-Initiative der Chemieindustrie. Im Rahmen dieses Pilot-Projektes sind wir nach dem bisherigen Arbeitsstand zuversichtlich, dass das Prinzip ebenso funktionieren wird. Die Schnittstellen zu Sigreen sind für alle drei Industrien identisch.

**Die Sensoren liefern eine Menge Daten. Wo landen diese Daten?**

Die Energiemessgeräte sind in der Regel direkt im Schaltschrank der Anlagen verbaut beziehungsweise im Produktions- oder Hallennetz. Der Energy Manager Pro kann in der Cloud, auf einem Server im Werk oder auf Simatic Industrial Edge laufen. Die aggregierten PCF-Werte (Product Carbon Footprint) werden dann nach Sigreen gesendet, welches als Software-as-a-Service-Lösung (SaaS) in der Cloud betrieben wird.

**Lassen Sie uns über den realen PCF sprechen. Wie errechnen Sie den für ein Massenprodukt wie eine Flasche?**

Je nach Datenverfügbarkeit und Anforderung kann der PCF für eine einzelne Seriennummer, ein Fertigungslos oder im Jahresdurchschnitt berechnet werden. Im Fall der Glasflaschen hat man sich dazu entschieden, für jedes Fertigungslos einen PCF auszuweisen, da sich die Lose - je nach Materialverfügbarkeit - hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und damit auch in ihrem PCF unterscheiden. □



Meter Reading Software für Versorgungsunternehmen

# Digitale Zählerablesung

Eines steht fest: Die Energiebranche hat es gerade nicht leicht. Aus der aktuellen Preisinstabilität, die mit einer hohen Wechselbereitschaft seitens der Kund:innen einhergeht, resultiert die momentane Misere vieler Energieversorger: Sie haben immer größere Schwierigkeiten damit, wirtschaftlich zu agieren und zugleich bestehende Endverbraucher:innen zu halten – ganz zu schweigen davon, neue Kund:innen zu gewinnen. Genau dabei kann eine Meter Reading Software eine große Hilfe sein.

TEXT: Pantelis Detsikas, Anyline BILDER: Anyline; iStock, arcoss

Versorgungsunternehmen, die – anstatt moderne Smart Meter einzusetzen – über Netze mit veralteten Zählern verfügen, kommen nicht darum herum, regelmäßige Vor-Ort-Inspektionen durchzuführen, um den tatsächlichen Energieverbrauch an der jeweiligen Abnahmestelle zu messen. Dabei sind Techniker:innen gefordert, Zählerstände aller Art zu erfassen – von Geräten mit klassisch analogen Zifferblättern bis hin zu solchen, die analoge und digitale Zählerstandanzeigen kombinieren. Erschwerend kommt hinzu, dass die Mitarbeitenden im Außendienst unter großem Druck stehen. Denn man erwartet von ihnen, dass sie die Zählerstände so schnell, fehlerfrei und effizient wie möglich erfassen. Eine Meter Reading Software, die auf einem mobilen Ablese-Scanner installiert ist, leistet dabei wertvolle Unterstützung.

### Ableserelevante Informationen scannen und bearbeiten

Technologische Grundlage einer solchen Software ist Optical Character Recognition (OCR). Dank OCR ist es möglich, gescannte oder fotografierte Dokumente, Dateien und Bilder in durchsuchbare und vor allem bearbeitbare Äquivalente umzuwandeln. Das heißt: Die in der erfassten Datei enthaltenen Informationen, wie etwa Zählernummern und Zählerstände, lassen sich aus dem Bild oder Scan einfach herauskopieren, anstatt sie manuell abzutippen – was sehr zeitaufwendig und fehleranfällig ist. Da sich die OCR-Technologie in bestehende Scan-Apps integrieren lässt, unterstützt sie Montage- und Ablesepersonal gleichermaßen: Techniker:innen erfassen Informationen wie Zählernummer, Zählerstand oder auch den Barcode des

Zählers einfach mit ihrem Smartphone. Weil das Scannen selbst bei verschmutzten oder teilweise verdeckten Messgeräteanzeigen und bei schwachem Licht funktioniert, gestalten Energieversorger die Inspektionen spürbar effizienter: Ihr Servicepersonal spart wertvolle Zeit. Zeit, die sonst für das manuelle Notieren der Stände angefallen wäre.

### Intelligente Systemintegration für optimierte Prozesse

Neben der Zeitersparnis eröffnet das Abscannen der Zählerstände einen weiteren wichtigen Vorteil: Das Risiko für Übertragungs- und Lesefehler reduziert sich deutlich. Die Software übermittelt das Foto sowie andere relevante Kontextinformationen, beispielsweise zur Adresse, frei wählbar über WLAN, Bluetooth oder eine

98%

Zuverlässige  
Messwertübermittlung

95%

Störungsfreie  
Inbetriebnahme



Mit einer OCR-Software zur Ablesung von Stromzählern können Unternehmen durch eine mobile Datenerfassung Zeit und Geld sparen.

Programmierschnittstelle (Application Programming Interface, kurz: API) an die Backend-Systeme des Energieversorgers. Dort dienen die Daten nicht nur als Basis für die Abrechnung, sondern auch als digitale Dokumentation der Ablesung – was insbesondere für den Fall späterer Kontrollen sinnvoll ist. Ein weiterer Pluspunkt: Durch die hochwertigen Bilder verringert sich sowohl die Anzahl der Rechnungsreklamationen und der damit verbundene Aufwand für Kund:innen als auch – damit einhergehend – die Notwendigkeit, Sichtkontrollen vor Ort durchzuführen. Das kommt beiden – Energieversorgern und Verbrauchern – gleichermaßen zugute.

### Kundenbindung mit Mehrwert via Smartphone

Weil eine innovative Meter Reading Software intuitiv zu benutzen ist, vereinfacht sie nicht nur den Ablesealltag der Mitarbeitenden von Versorgungsunternehmen, sondern erlaubt auch das Ablesen durch Verbraucher:innen. Nachdem sie eine entsprechende E-Mail-Benachrichtigung ihres Versorgers erhalten haben, laden sie dessen App – mit dem integrierten Software Development Kit für mobiles Scannen – aus dem App Store oder per QR-Code herunter und installieren sie auf einem mobilen Endgerät. Die eigentliche Nutzung ist denkbar einfach: Nutzer:innen richten ihr Smartphone oder Tablet

auf ihren Zähler und erfassen den Stand über die Kamera-Funktion ihres Devices. Damit ermöglicht die Software Kundinnen und Kunden, ihren Verbrauch genauer im Blick zu behalten. Je nach Aufbau der App bieten Versorger ihren Verbraucher:innen Analysen an, wodurch sie ihren aktuellen Zählerstand mit älteren vergleichen können. So gehen sie sicher, dass bei der Ablesung ihres Zählers keine Fehler unterlaufen sind. Das steigert die Zufriedenheit mit ihren Energieanbietern. Ein regelmäßiges Ablesen des Stands durch Kund:innen, monatlich oder gar wöchentlich, liefert dem Versorger zudem Informationen, durch die er künftigen Energiebedarf besser und somit wirtschaftlicher kalkulieren kann, wodurch sich wiederum ein höheres Einsparpotenzial erreichen lässt.

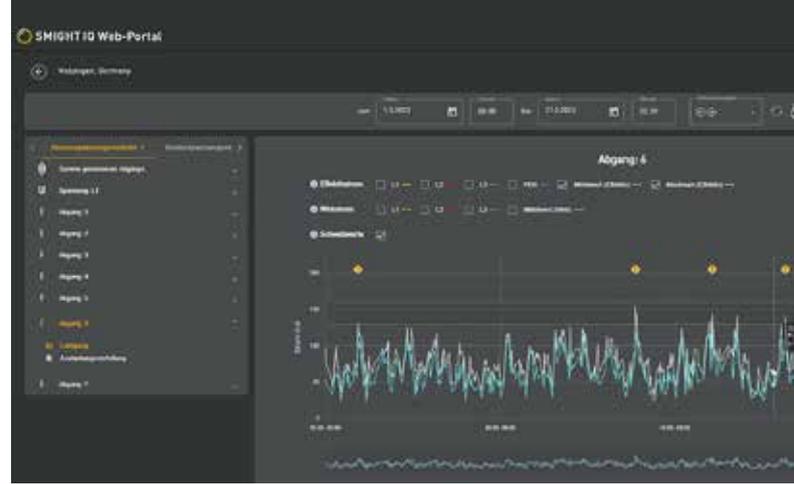
### Der Einsatz der Scanning-Software in der Praxis

Wie die mobile Scanning-Software den Alltag im Unternehmen vereinfacht, weiß auch Thomas Hemmer, Geschäftsführer des Unternehmens co.met aus Saarbrücken: „Unser Montagepersonal setzt bei Aufträgen immer auf die OCR-Funktion. Dies erleichtert uns in vielen Bereichen die Arbeit und nicht zuletzt freuen sich die Kolleginnen und Kollegen in der Disposition. Da verwackelte Aufnahmen von der Software gar nicht erst akzeptiert werden, stehen uns für die Nachbearbeitung oder

Rückfragen jederzeit qualitativ hochwertige Bilder zur Verfügung.“ Dadurch verringert sich im Unternehmen nicht nur der Zeitaufwand, um etwaige Reklamationen in Folge der Sichtablesung zu bearbeiten. Auch die Durchführung von Montageaufträgen gestaltet sich effizienter, da Techniker:innen alte und neue Zählerstände miteinander vergleichen können. Zugleich beugen hochauflösende Aufnahmen etwaigen Ablesefehlern vor.

### Zählerablesung per OCR gehört die Zukunft

Die Digitalisierung macht auch vor der Messwertbeschaffung nicht Halt. Immer mehr Energieanbieter implementieren eine mobile Scanning-Lösung in ihr Ablesemanagement. Und dafür gibt es gute Gründe: Die Meter-Reading-Technologie erleichtert den Alltag der Versorger zunehmend. Als Software Development Kit lässt sie sich einfach in die bestehende Betriebssoftware integrieren und eröffnet die Möglichkeit, Zählerstände unkompliziert digital zu erfassen und deutlich so wie schnell zu überprüfen. Dabei können sich Anwender:innen auch darauf verlassen, dass der Energieversorger ihre sensiblen personenbezogenen Informationen DSGVO-konform verarbeitet. Damit hebt die OCR-Technologie die Qualität und Schnelligkeit der Zählerablesung auf die nächste Stufe. □



Schneller Einbau, präzise Messdaten, fundierte Entscheidungen dank SMIGHT Grid2

## Stadtwerke Metzingen optimieren Netzplanung mit SMIGHT Grid2

# WIRTSCHAFTLICHE NETZPLANUNG MIT ECHTZEITDATEN

In den letzten Monaten haben die Stadtwerke im gesamten Niederspannungsnetz einen deutlichen Lastanstieg durch Photovoltaik, Elektromobilität und Wärmepumpen beobachten können. Diese zunehmenden Variablen erschweren eine Netzplanung, die bisher nur auf Erfahrungswerten und Planungsprämissen basiert und zu hohen Investitionen des Netzbetreibers führt. Mit SMIGHT Grid2 handeln die Stadtwerke nun auf Grundlage von Echtzeitdaten nicht nur präziser, sondern auch wirtschaftlicher.

TEXT: Eva Erler BILDER: Stadtwerke Metzingen

Zehn Ortsnetzstationen von insgesamt 150 haben die Stadtwerke Metzingen mit der IoT-Lösung der SMIGHT GmbH bereits ausgestattet. Diese wurden anhand der errechneten Belastung ausgewählt. Schon direkt nach dem Einbau zeigte sich, dass Theorie und Praxis nicht immer übereinstimmen. Daniel Jungel, Fachbereichsleiter Strom, Straßenbeleuchtung, Breitband, Wasser und Messung bei den Stadtwerken Metzingen, erklärt: „Es gab Lastschwerpunkte, die tatsächlich gar nicht so kritisch waren wie angenommen. Konkret konnten dadurch Kosten für neue Trafostationen gespart werden.“

SMIGHT Grid2 wird direkt in der Ortsnetzstation installiert und misst phasen- und abgangsscharf den Strom mit Flussrichtung und Phasenwinkel ( $\cos \phi$ ). Die gewonnenen Daten fließen nun direkt über eine Schnittstelle in die Netzplanung der Netze BW ein. Das Unternehmen arbeitet als Dienstleister zur Netzplanung für die Stadtwerke Metzingen. Vor dem Einsatz der SMIGHT-Lösung konnte der Zustand des Netzes nur über erfahrungsbasierte und berechnete Werte angenommen werden. Nun sind die Mitarbeitenden in der Lage, mit den exakten und relevanten Messwerten zu arbeiten, wodurch eine bessere und effektive Netzplanung möglich

ist. Zusätzliche Informationen zu den Stationen erhalten die Stadtwerke außerdem über einen monatlichen Report. Hier lässt sich die Lastentwicklung ablesen und Trends in den Netzgebieten erkennen.

„Durch den Einsatz von SMIGHT konnten wir unsere finanziellen Mittel besser planen und einsetzen, denn wir können nun anhand der Echtzeitdaten feststellen, wo im Netz am dringendsten Handlungsbedarf besteht“, so Daniel Jungel. „Dadurch optimieren wir die Netzplanung vor allem im Hinblick auf unsere Finanzen.“

## Schneller Einbau, schnelle Wirkung

Die Lieferung der Ware erfolgte innerhalb von zwei Wochen nach Bestellung und auch Einbau und Inbetriebnahme liefen problemlos. Pro Station benötigten Daniel Jungel und sein Team weniger als zwei Stunden, bis die ersten Daten im Web-Portal eingingen. Bei Fragen stand und stehen auch weiterhin die SMIGHT Mitarbeitenden jederzeit helfend zur Seite. □

So schützen Wetterdaten vor extremen Risiken durch ungewöhnliche Wetterlagen

# Wetterrisiken abschätzen

Infolge des Klimawandels nehmen ungewöhnliche Wetterphänomene weltweit zu. Dabei leiden nicht nur Menschen und die Natur, sondern auch zunehmend auch viele Industriebereiche insbesondere die kritische Stromversorgungsinfrastruktur. Eine zuverlässige Wettervorhersage und -analyse können jedoch dazu beitragen, Ausfallrisiken in diesem Umfeld wirkungsvoll zu mindern. Im Folgenden zeigen wir auf, wie dies möglich ist.

TEXT: Willy Zittersteijn, DTN BILDER: DTN; iStock, andreusk

Selten ist so viel über das Wetter geredet worden wie in diesem Jahr. Dauerregen, Stürme mit ihren Folgen und Opfern in vielen Ländern Europas, Urlauber am Mittelmeer, die überstürzt ihre Ferienquartiere verlassen und nur noch eines wollen – nach Hause: Solche Nachrichten gehören inzwischen zum Alltag.

Natürlich wird viel diskutiert über diese Wetterphänomene und Entwicklungen, die einen malen die schlimmsten Katastrophen aus, während andere von unbegründeter Panik reden und

verschlechterte Bedingungen bei Temperaturen, Regen oder negative Auswirkungen auf die Landwirtschaft glatt ableugnen.

Auf der Seite der betroffenen Energieversorger herrscht mehr Nüchternheit vor, und man diskutiert, wie man sich auf die neuen Wetterbedingungen einstellen und vorbereiten kann. Das „Storm Risk Dashboard“ von DTN, einem global aktiven Data Science und Technologieunternehmen, sorgt mit seinen Daten und Analysen für ein breites Spektrum an Methoden für Hilfsmaßnahmen



gegen die Kapriolen des Wetters und besonders die ansteigenden Unwetterereignisse, die weltweit ganz viele Wirtschaftszweige in Mitleidenschaft ziehen können.

## Wetteranalyse mit Storm Risk Dashboard

Das Storm Risk Dashboard liefert den Unternehmen konkrete und verlässliche Informationen über den Verlauf und die Hintergründe des Wettergeschehens. Die Kunden erhalten

Informationen und Analysen zu Fehlern und Schwellwerten in den Stromnetzen. Darüber hinaus gibt es Warnungen zu der Wetterentwicklung für die nächsten 7 Tage oder auch für kürzere Zeitperioden.

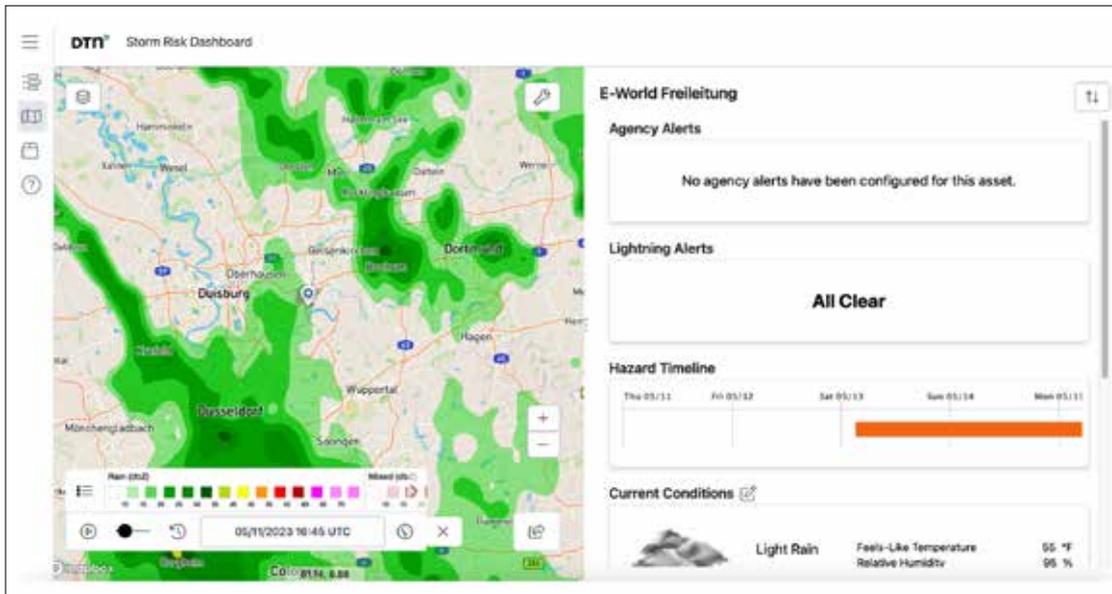
Bei dem Storm Risk Dashboard muss berücksichtigt werden, dass die Warnungen realistisch sind, damit zum Beispiel die einzelnen Betriebe ihr Personal nicht zu früh oder umsonst an neuralgische Punkte der Netzwerke schicken. Forecast Alerts und Normalbetrieb müssen sich in einem Gleichgewicht befinden. Besondere Beachtung gehört auch den verbreiteten Anlagen für Solar- und Windstrom – je nach Intensität in lokalen Gebieten.

Auf Basis der verbreiteten Nachrichten und Warnungen im Dashboard können die Kunden ihre Wartungsfenster planen, Stromnetze vorbeugend reduzieren oder ganz abschalten. Außerdem geht es um den Schutz der Mitarbeiter von Stadtwerken, die eventuell gerade irgendwo vor Ort zu Wartungs- oder Reparaturzwecken unterwegs sind.

Das Storm Risk Dashboard sorgt dafür, dass Energieversorger jeder Größe verlässliche Wetterinformationen für ihre Betriebsabläufe und Planungen verwenden können. Auf diese Weise können sie sich auf konkrete Wetterbedingungen für das jeweilige Stromnetz und die Versorgungsbetriebe vorbereiten und je nach aktueller Situation reagieren. Die Sammlung von Wetterdaten, Modelle für Machine Learning (ML) und genaue Vorhersagen liefern die Basisinformationen über Ort, Zeitpunkt und Intensität von Gefahrensituationen für die Stromversorgung – und das bevor sie eintreten. Die Informationen und Lösungsvorschläge lassen sich individuell an den jeweiligen Energieversorger anpassen. Zu den Maßnahmen gehören zum Beispiel:

- **Festlegen von Schwellwerten** für einzelne Wettersituationen, die die Risiken des Versorgungsunternehmens näher bestimmen: Man erhält Warnmeldungen, wenn diese Werte erreicht werden.
- **Überwachung betriebskritischer Anlagen** an unterschiedlichen Standorten und auf Basis von geographischen Zonen und Parametern je nach Benutzer.
- **Planung der Vorbereitung** auf Wetterereignisse (mindestens 7 Tage vorher oder kürzer).
- **Vorbereitung von Berichten**, um interne und externe Kommunikation zu ermöglichen, Konsistenz zu gewährleisten und so schnell wie möglich oder rechtzeitig Personaleinsatz zu organisieren

Die Überwachung der Wetterbedingungen durch das Storm Risk Dashboard wird auf der Basis benutzerdefinierter Parameter durchgeführt, so dass Warnungen per SMS oder E-Mail an



Das Storm Risk Dashboard analysiert Wetterdaten und hilft dabei, Wetterrisiken in vordefinierten Regionen abzuschätzen sowie entsprechende Gegenmaßnahmen einzuleiten.

die Kunden versendet werden können. Die besonderen Standorte eines Unternehmens werden ebenfalls kontinuierlich überwacht, so dass im Bedarfsfall sofort je nach den geographischen Bedingungen reagiert werden kann. Entwarnungsmeldungen unterstützen jeweils nach Situation und Dauer der Ausfälle den Übergang zum normalen (und angepassten) Betrieb.

## Aufrechterhaltung der Infrastruktur

Für die Aufrechterhaltung der betrieblichen Prozesse, wie sie vor einem extremen Wetterereignis die Norm waren, sind kontinuierliche Aufzeichnungen erforderlich. Sie geben auch darüber Auskunft, wie die Wetterdaten vor, während und nach einem Unwetter im Detail aussehen und welche Konsequenzen daraus für zukünftige Planungen zu ziehen sind. Sogar einfache Datensammlungen können in diesem Zusammenhang von besonderem Wert sein und bei zukünftigen Sturmbekämpfungen Ressourcen und Zeit einsparen. Zu den Fragen, die auf Basis der gesammelten Daten von besonderem Interesse sind, gehören:

- Welche Beschädigungen gibt es an den Anlagen und wie lassen sie sich quantifizieren?
- Werden Materialien und sonstige Ressourcen benötigt, um Reparaturen durchzuführen? Welche Prioritäten gibt es in diesem Zusammenhang?
- Haben sich die Vorhersagen während des Ereignisses bestätigt oder verändert?
- War der Personalbedarf ausreichend?
- Welche wichtigen Probleme wurden nicht berücksichtigt?

## Prognosen der nächsten Ebene

Mit Storm Impact Analytics setzt DTN eine weitere Lösung ein, um quantitative Vorhersagen für fortgeschrittene Modelle zu

erstellen. Dazu werden zum Beispiel Wetterparameter wie starke Winde, Blitze oder Eisbildung verwendet und ihre Auswirkungen in verschiedenen geographischen Gebieten und zu verschiedenen Zeitpunkten. Ein Modell für Storm Impact Analytics besteht zum Beispiel aus mehreren Datentypen:

- **Wetterdaten:** wie zum Beispiel Windgeschwindigkeit und -richtung, Blitzintensität oder Regendauer während des Ereignisses
- **Nicht nur Wetterdaten:** Vegetationsdichte, Vegetationstyp, Eigenschaften des Bodens während des Ereignisses
- **Daten des Energieversorgers:** Stromleitungen, Ort der Niederlassung und Leitungsdaten, Kundeninformationen

## Wetterphänomene im Griff

Mit Techniken für Modellierung und Analytics können die Auswirkungen von Unwettern auf Versorgungsanlagen je nach Standort eingegrenzt werden, wobei Entscheidungsfaktoren, Berichte und Szenarien für eventuelle Folgen von Unwettern erstellt werden können. Potenzielle Auswirkungen sowie die Ermittlung von Beschädigungen werden statistisch erfasst und bilden die Basis für zukünftige Maßnahmen. Ziel ist auf jeden Fall die Aufrechterhaltung der Stromversorgung der Kunden.

Die Analysen der aktuellen Wetterereignisse besonders in Südeuropa und der schon seit Jahren zu beobachtenden Tendenzen in Nordeuropa sind Indikatoren dafür, dass die Klimaschwankungen und ihre gesellschaftlichen Auswirkungen stark zugenommen haben. Dies betrifft viele einzelne Betriebe, aber auch ganze wirtschaftliche Systeme eines Landes. Die Auswirkungen so kurz nach den Erfahrungen mit der Corona-Epidemie können sogar das wirtschaftliche Gleichgewicht eines Landes weiter negativ beeinflussen.

Auch deshalb kommt den Untersuchungen, Tools und Vorhersagemodellen von DTN eine besondere Bedeutung zu. Das Unternehmen setzt bereits Meteorologen und Datenwissenschaftler ein, um die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Wetterphänomenen und den wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Systemen intensiver zu erforschen. Das Storm Risk Dashboard verarbeitet bestimmte Wetter-Parameter wie zum Beispiel Temperatur, Windgeschwindigkeit in verschiedenen Höhen, Niederschlagsarten und -mengen, um daraus präzise lokale Wetterszenarien abzuleiten. Den jeweiligen Kunden werden individuelle Handlungsempfehlungen für ihre bestehende Infrastruktur gegeben, die zum Beispiel aus Windkraft- und Umspannwerken oder Hochspannungsleitungen besteht.

Die Umwandlung und Auswertung von Wettervorhersagen in verwertbare Informationen für Kunden der Energieversorger ist wesentlich für die betriebliche Effizienz und verschiedene Planungsphasen. Die Versorgungsunternehmen in verschiedenen Regionen kümmern sich nicht nur um die Wettervorhersagen, sondern auch darum, wie sich „das Wetter“ auf die Betriebsbereitschaft der Energieversorger auswirkt, die Energienetze betriebsbereit zu halten und ihre Abnehmer zuverlässig mit Energie zu versorgen.

### Beispiele möglicher Wetterszenarien

Aufgrund eines Unwetters wurde eine Hochspannungsleitung beschädigt: Das Storm Risk Dashboard hilft dabei auszuschließen, dass man Mitarbeiter zu früh zu Reparaturarbeiten vor Ort schickt, weil zum Beispiel ein weiterer Blitzschlag droht. Eine Schlechtwetterfront zieht über Deutschland und Hochwasser

sind zu befürchten: Das Storm Risk Dashboard hilft dabei einzuschätzen, wo das Hochwasserrisiko besonders groß ist und ob Anlagen eventuell von der Überflutung betroffen sein könnten. Eine Windkraftanlage möchte ein neues Windrad aufstellen: Das Storm Risk Dashboard hilft dabei einzuschätzen, wie hoch die Gefahr in der kommenden Woche sein könnte, dass starker Wind dies unmöglich macht. Ein starker Schneesturm in Bayern droht: Das Storm Risk Dashboard hilft dabei einzuschätzen, wie hoch die Gefahr von „Freileitungsschwingungen“ aufgrund von nassem Schnee in Kombination mit starkem Wind ist und dadurch Leitungen brechen könnten.

### Fazit

Stadtwerke, Netz- und Stromversorger werden dabei unterstützt, adäquat auf aktuelle und zukünftige Wetterbedingungen zu reagieren. Das Storm Risk Dashboard hilft dabei, Entscheidungen auf Basis bestimmter Wetterdaten zu treffen – zum Beispiel, ob ein Netz etwas heruntergefahren werden soll, ob Mitarbeiter zu Wartungsarbeiten geschickt werden sollen und wo genau gerade die Gefahr von Blitzen besteht und welche Konsequenzen daraus gezogen werden sollten. Es geht vor allem um das Treffen von Entscheidungen, wobei IT-Prozesse einen wesentlichen Beitrag dazu bereitstellen. Die Betriebsprozesse bei Energieversorgern und Netzbetreibern stehen im Vordergrund. Wetterereignisse und ihre spezifischen Daten werden in Informationen übertragen, auf deren Basis die Energieversorger und Netzbetreiber betriebskritische Entscheidungen treffen können. Mit der für jeden sichtbaren Entwicklung der Wetterbedingungen wird dieser Bereich immer wichtiger für das Funktionieren moderner Gesellschaften werden. □

„ Anwender lieben die einfache Bedienung unserer Software, Manager die günstigen Kosten

Über 40.000 zufriedene Anwender arbeiten mit der E-CAD Software von WSCAD – der smarten Engineering-Lösung für Elektrotechnik, Schaltschrankbau, Verfahrens- und Fluidtechnik, Gebäudeautomation und Elektroinstallation.



Erfahren Sie, warum das so ist  
08131 3627-98 oder [wscad.com/energy](http://wscad.com/energy)



Emissionen der Netzersatzanlagen  
verlässlich prüfen

# Prüfende Blicke

Die 44. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (44.BImSchV) definiert neue Anforderungen für Netzersatzanlagen. Circa 40.000 Geräte – meist mit fossilen Brennstoffen betrieben – müssen bis Ende 2023 den Behörden gemeldet werden. Für die Betreiber ist das eine Chance, ihren Schadstoffausstoß transparenter zu machen.

TEXT: Gaylord Höß, TÜV Süd Industrie Service BILD: iStock, GeorgePeters

Während einer Operation im Krankenhaus, an Bord eines Flugzeuges oder in der Leitstelle eines Verkehrsbetriebes – Stromausfälle können Leben gefährden. Hier kommen Notstromaggregate ins Spiel – so genannte Netzersatzanlagen (NEA). Nach kürzester Zeit springen sie ein und sichern die Stromversorgung – über Minuten, Stunden, manchmal sogar tagelang.

Doch längst sind sie nicht mehr nur in Notfällen gefragt. Spitzenlasten beim Strombedarf führen immer wieder zu Versorgungslücken, die teils der Strom aus Netzersatzanlagen schließt. So müssen Betreiber nicht zusätzlichen Strom zu hohen Preisen kaufen. Für den Betrieb der Aggregate kommen fossile Brennstoffe zum Einsatz, die Emissionen in Form von Kohlenmonoxid und anderen Schadstoffen ausstoßen.

## Rechtliche Grundlage für mehr Durchblick

Solche Emissionen zu überwachen ist das Ziel der 44. BImSchV. NEA ab einem Megawatt Leistung fallen unter die Verordnung. Sie differenziert zudem zwischen Gas- und Kesselturbinenanlagen sowie Blockheizkraftwerken. Geregelt wird neben Kohlenmonoxid-Emissionen der Ausstoß von Stickoxiden und Formaldehyd. Für jeden dieser Stoffe sind Grenzwerte definiert. Im Fokus stehen Anlagen, die mit maximal 300 Stunden pro Jahr

zur Entlastung des Strommarkts beitragen. Die Art und Weise des Betriebs, die Dimension der Anlage, ihre Feuerwärmeleistung sowie eine etwaige Genehmigungspflicht definieren die Grenzwerte.

Ebenso wird zwischen Neu- und Bestandsanlagen unterschieden. Zum Bestand zählen Geräte, die schon vor dem 20. Dezember 2018 im Einsatz waren. Die Einhaltung der neuen Grenzwerte ist zu Fristen fällig, die abhängig sind vom Alter der Anlage. Teilweise dauert es vier bis zehn Jahre, bis die Grenzwerte greifen. Ob Kontrollen der Grenzwerteinhalten jährlich oder alle drei Jahre stattfinden, hängt unter anderem von der Art des Brennstoffs, der Bauart der NEA und ihrer Nennleistung ab. Ein digitales Tagebuch ist mit dem Ziel zu führen, Daten zu den Emissionen der Anlage lückenlos transparent zu machen. Bauliche oder technische Veränderungen, Betreiberwechsel oder Stilllegungen müssen innerhalb von vier Wochen angezeigt werden.

## Prüfpflichten rechtzeitig erfüllen

Wer eine Netzersatzanlage in Betrieb nimmt, muss diese bei der zuständigen Überwachungsbehörde registrieren. Für bereits in Betrieb befindliche NEA muss diese Meldung bis zum 1. Dezember 2023 erfolgen. Kosten und Zeitaufwand für die verpflichtenden Prüfungen sollten Betreiber nicht unterschätzen: Von den



Reisekosten der mit der Messung beauftragten Ingenieure, über die Vorbereitung der eingesetzten Messtechnik und die Datenerhebung, bis hin zur labortechnischen Auswertung – alle Aufwände sind „end to end“ zu berücksichtigen. So lässt sich planen, wie viel Zeit und Geld die Erfüllung der Prüfpflichten erfordert. Darüber hinaus sollten sich Betreiber im Vorfeld mit der Anlage, den Prüfpflichten und Messstellen auseinandersetzen. Die DIN EN 15259 kann dabei helfen, die gesetzlichen Anforderungen rechtzeitig mit dem Ist-Zustand der Anlage abzugleichen.

Wichtig auch: Wer eine neue NEA plant, kann durch sorgfältige Ausarbeitung ihrer Zugänglichkeit die späteren Messungen erleichtern. Denn ältere Anlagen befinden sich nicht selten auf Dächern oder im hintersten Winkel der Kellergeschosse. Dabei ist es hilfreich, die eingesetzten Prüfgeräte und ihre Eigenschaften zu berücksichtigen. Eine Montage an Kaminschächten etwa, die vom Gebäudeäußeren erreichbar sind, erleichtert den Einsatz moderner Messfahrzeuge.

### Solide vorbereiten, valide messen

Die Messingenieure sollten im Vorfeld über Beschaffenheit und spezifische Eigenschaften der NEA informiert werden. So können sie die Prüfung bestmöglich planen, sparen Zeit vor Ort

und haben das notwendige Equipment dabei, falls es mehr als die Standardausrüstung für solche Messaufgaben umfasst. Auch den Standort gilt es sorgfältig vorzubereiten. Der Anlagenbetreiber muss dafür sorgen, dass die NEA gefahrlos zugänglich ist. War eine NEA längere Zeit außer Betrieb, kann es zum Beispiel zu Schwierigkeiten beim Neustart kommen. Haustechniker sollten das rechtzeitig vor der Messung prüfen.

Wenn vorab durch eine Homogenitätsprüfung verlässlich bestätigt werden kann, dass die Emissionsverteilung über die gesamte Abzugsvorrichtung hinweg gleichmäßig erfolgt, reicht es aus, an einem Punkt im Messquerschnitt zu messen. Liegt keine gültige Homogenitätsprüfung vor, werden die Messungen an mehreren Punkten auf den Messachsen durchgeführt. Dies ist etwa der Fall, wenn durch Veränderungen des Abgasverlaufs nahe der Messstelle die Ein- und Auslaufstrecken zu gering sind.

Anlagenbetreiber profitieren davon, die Normkonformität ihrer NEA so früh wie möglich zu überprüfen. So kann eine Vorprüfung aufzeigen, wenn bauliche Eingriffe an einer Netzersatzanlage notwendig sind. Prüfdienstleister wie TÜV Süd können bei der Planung der Messstelle, der Durchführung der Emissionsmessung selbst sowie rund um Fragen zur Genehmigung neuer Anlagen unterstützen. □

# SPITZENPRODU

SIEMENS

## SETRON OFFENE LEISTUNGSSCHALTER 3WA JETZT WELTWEIT EINSETZBAR



Mit zwei neuen UL-Versionen erweitert Siemens die Reihe SENTRON offene Leistungsschalter 3WA. Die Schaltgeräte sind damit ab sofort auch weltweit zum Beispiel in kritischen Infrastrukturen einsetzbar.

Siemens stellt zwei neue Versionen der innovativen SENTRON offenen Leistungsschalter 3WA vor. Die Reihe 3WA3 erfüllt die Anforderungen der Normen UL 1066 und IEC 60947-2 und kann damit von Kunden weltweit eingesetzt werden. Das ist besonders für Schaltanlagenbauer und Erstausrüster von Vorteil, die Systeme für beide Normungsräume – IEC und UL – herstellen. Die Reihe 3WA2 ist ausschließlich für den UL 489-Markt konzipiert. Die beiden neuen Modellreihen ergänzen die Version 3WA1 für IEC-Märkte, die im Herbst 2020 auf den Markt kam.

**S**iemens bietet ein umfassendes Sortiment von offenen Leistungsschaltern, die auf einem einheitlichen System basieren und damit weltweit flexibel eingesetzt werden können. Die UL-Varianten 3WA2 und 3WA3 sind in drei Baugrößen mit einem Nennstrombereich von 800 bis 5.000 A erhältlich.

## Softwaregestützte Planung und webbasierte Updates

Mit den SENTRON offenen Leistungsschaltern 3WA führt Siemens die Tradition hochzuverlässiger offener Leistungsschalter fort, die über die gesamte Lebensdauer einer Anlage hinweg optimale Leistung erbringen. Gleichzeitig lassen sich die SENTRON offenen Leistungsschalter 3WA softwaregestützt planen und projektieren, digital testen und überwachen und nahtlos in Automatisierungs- und IoT-Systeme einbinden. Sie sind beispielsweise zur Darstellung und Analyse der Energie- und Zustandsdaten einer Anlage auf einfache Weise in die IoT-Datenplattform SENTRON Powercenter 3000 und in die Applikation SENTRON Powermind integrierbar. Auch Upgrades können vollständig digital vorgenommen werden: Anwender laden neue Funktionen einfach aus dem Internet herunter und spielen sie über eine App auf. Wenn sich die technischen Anforderungen ändern, lässt sich die in den SENTRON offenen Leistungsschaltern 3WA verbaute elektronische Auslöseeinheit (ETU600) über die Inbetriebnahmesoftware SENTRON Powerconfig und einen USB- oder Kommunikationsanschluss schnell und einfach um neue Funktionen erweitern.

## Auflagen des National Electric Code (NEC) erfüllt

Die elektronischen Auslöseeinheiten für die SENTRON offenen Leistungsschalter 3WA weisen außerdem weitere Stan-

dardfunktionen auf, wie die integrierte „Arc Energy Reduction“-Funktion (Dynamic Arc Flash Sentry DAS+). Diese sorgt dafür, dass die SENTRON offenen Leistungsschalter 3WA beim Auftreten eines Lichtbogens in unmittelbarer Nähe von spannungsführenden Teilen schneller auslösen. Dadurch wird die Lichtbogenenergie und damit die im Energieverteilungsraum freigesetzte Energie reduziert. Diese Technologie erfüllt die Auflagen des National Electric Code (NEC) für den US-Markt.

## Innovative SENTRON Leistungsschalterreihe 3WA ist Teil von Siemens Xcelerator

Die SENTRON Leistungsschalter 3WA sind Teil des Siemens Xcelerator-Portfolios. Siemens Xcelerator ist eine offene digitale Business-Plattform, die die digitale Transformation für Kunden einfacher, schneller und skalierbar macht. ■

## Facts

- IEC- und neue UL-Versionen gewährleisten weltweite Kompatibilität
- Unverzichtbarer Schutz für elektrische Installationen in kritischen Infrastrukturen wie Krankenhäusern oder Rechenzentren
- Bestandteil der offenen digitalen Business Plattform Siemens Xcelerator
- Verbesserte Handhabung, Zuverlässigkeit und Digitalisierung bei Integration in bestehende Systeme
- Standardmäßig integrierte energie reduzierende Wartungsfunktion DAS+ mit lokaler Statusanzeige für einen wirksamen Störlichtbogenschutz



Nachhaltigkeit in der Produktentwicklung

# GRÜNES SYSTEMS ENGINEERING

Nachhaltigkeit wird zukünftig eine zunehmend wichtige Rolle bei der Entwicklung von Produkten und Systemen spielen. Dementsprechend neu muss sich zukunftsorientiertes Systems Engineering aufstellen und Aspekte wie Energieeffizienz, Verwendung umweltfreundlicher Materialien, Abfallminimierung und Wiederverwendbarkeit einbeziehen.

TEXT: Stefan Angele, Systemtechnik Leber BILDER: iStock, Eoneren, bsd studio

Grüne Technologien sind heute omnipräsent, man begegnet ihnen mittlerweile in so gut wie allen Lebensbereichen – Tendenz weiter steigend. Denn einer Studie zufolge rechnen Green Tech-Unternehmen in Deutschland bis 2025 mit einem durchschnittlichen jährlichen Umsatzwachstum von 9,9 Prozent. Von 2020 bis 2030 wird sich das Marktvolumen mehr als verdoppeln, nämlich auf 856 Milliarden Euro (Studie „GreenTech Made in Germany“). Gute Aussichten also für Unternehmen, die Green Tech-Lösungen anbieten. Nicht nur private Verbraucher, sondern auch Unternehmen werden sich bei ihren Kaufentscheidungen zunehmend von Energie- und Ressourceneffizienz leiten lassen. Nachhaltigkeitsaspekte werden künftig mehr denn je über langfristigen Markterfolg entscheiden. Das gilt auch für elektronische und mechatronische Produkte. Denn diese werden häufig unter Einsatz sehr knapper Ressourcen und mit hohem Primärenergieaufwand hergestellt.

Für Produktdesigner und -entwickler bedeutet das, dass sie ihre Arbeit künftig konsequent auf Nachhaltigkeitsaspekte hin ausrichten müssen. Dies gilt insbesondere auch für das Systems Engineering, das durch seinen interdisziplinären und strukturierten Ansatz perfekt dazu geeignet ist, dieser Komplexität gerecht zu werden. Denn Systems Engineering ist eine Methodik, die in der Lage ist, den Entwicklungsprozess genau an den Produktanforderungen auszurichten. Am Ende steht ein Produkt, das mit minimalen Ressourceneinsatz hergestellt wurde und auf allen Ebenen nachhaltiger ist – ökologischer, ökonomischer und sozial verträglicher.

## Ansatzpunkte für mehr Nachhaltigkeit

Ansatzpunkte gibt es bei der Produktentwicklung gleich mehrere, meint man es ernst mit mehr Nachhaltigkeit und Effizienz:



„Das Bewusstsein für mehr Nachhaltigkeit muss in allen Phasen der Produktentwicklung da sein.“

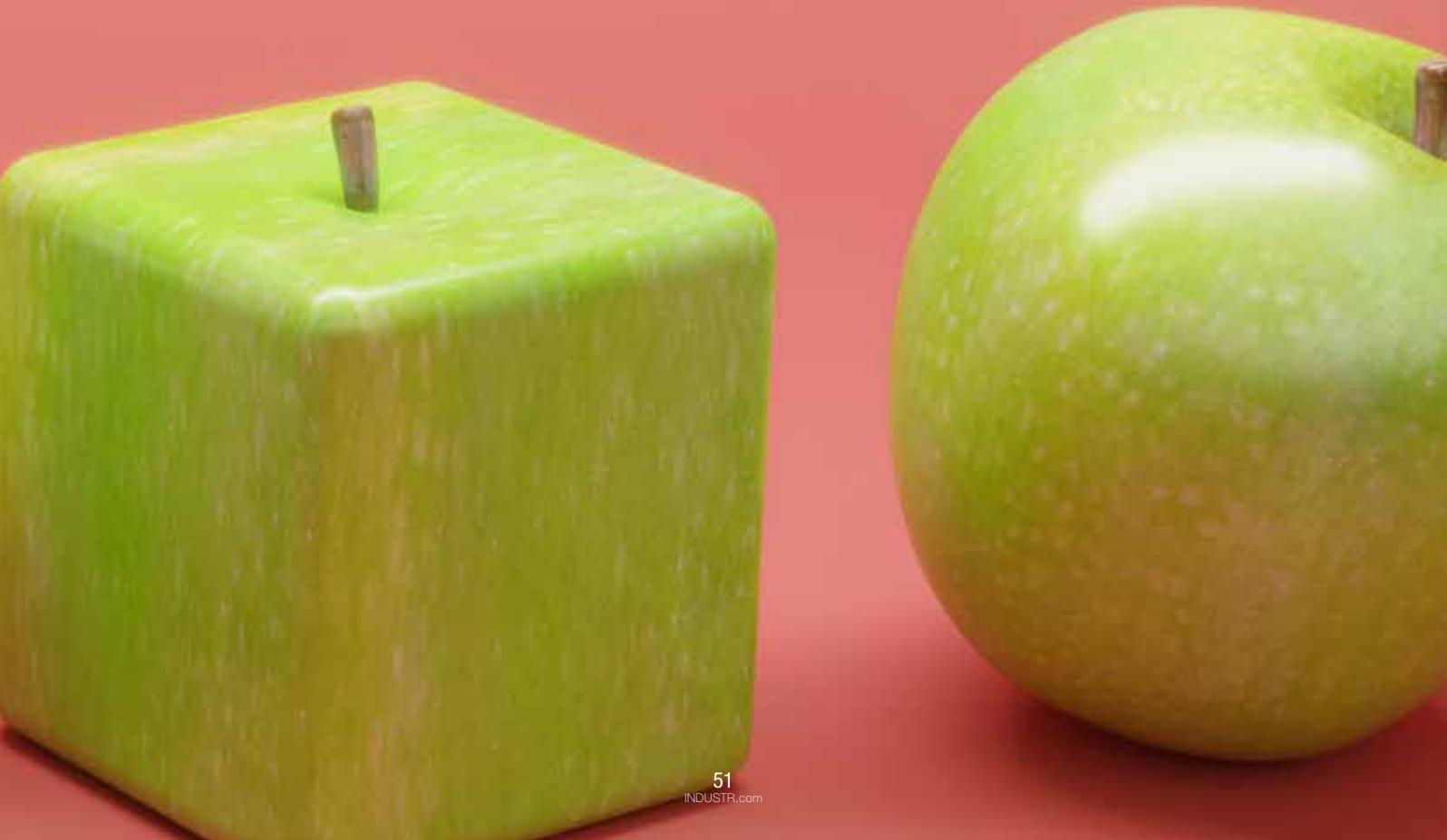
- Produktdefinition und -design
- Auswahl von Technologien und Materialien
- Lebenszyklus der Produkte

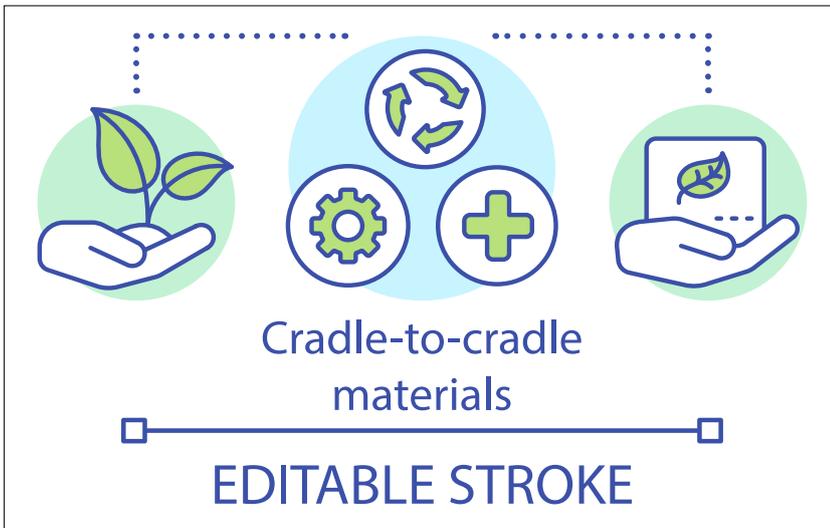
Steht man am Anfang dieses gewollten ökologischen Umbruchs in der Produktentwicklung, wird man nicht umhinkommen, alle drei Aspekte in das neue Entwicklungskonzept zu integrieren. Es liegt dabei nahe, dass die Definition und das Design des geplanten nachhaltigen Produkts den Anfang machen. Die Herausforderung: das Produkt so zu gestalten, dass es

- auf Langlebigkeit ausgelegt ist
- sich leicht reparieren lässt
- aus umweltfreundlichen und eventuell sogar recyclebaren Materialien besteht
- unter Verwendung umweltfreundlicher Technologien hergestellt wird.

Eine Herausforderung besteht dabei darin, dass nachhaltige Materialien und Technologien oft teurer sind als herkömmliche, und dies zu höheren Produktionskosten führt. Das liegt unter anderem daran, dass sie bisher eher selten eingesetzt werden – und folglich in geringen Stückzahlen hergestellt, was mit höheren Preisen verbunden ist. Beispiele dafür sind die Nutzung alternativer Energieversorgungen oder der Einsatz spezieller Fertigungstechnologien. Produkte, die auf nachhaltigem Weg hergestellt werden, sind deshalb derzeit häufig teurer als konventionell produzierte. Weitere kritische Faktoren, die der Herstellung eines umweltfreundlichen Produkts entgegenstehen, sind die Rohstoffverfügbarkeit und die Produktionskosten.

Nachhaltigkeit zieht sich über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg: Vom Entwurf, Materialauswahl, Herstellung über Wartung und im Idealfall bis hin zur Wiederverwertbarkeit.





So funktioniert das Cradle-to-Cradle Prinzip in vereinfachter Form.

Dementsprechend komplex mutet die Umsetzung des ersten nachhaltigen Produkts für viele Unternehmen an.

## Design to Nachhaltigkeit - Wege zur Umsetzung

Jahrzehntlang folgte die Produktentwicklung dem Prinzip "Design to Cost", das mit dem Ziel möglichst geringer Entwicklungskosten verbunden ist. Die Abkehr davon fällt den meisten Unternehmen schwer, da die Berücksichtigung ökologischer Aspekte in der Regel zwangsläufig mit höheren Kosten verbunden ist. Weil Verbraucher und Gesetzgeber aber zunehmend nachhaltige Produkte fordern, muss nun ein ganzheitlicher Ansatz verfolgt werden, der sowohl Kosten- als auch Nachhaltigkeitsaspekte berücksichtigt. Einer, der es versteht, "Design to Cost" mit dem neuen Prinzip "Design to Nachhaltigkeit" zu verbinden – oder letzteres sogar als neuen Standard zu etablieren.

Dazu muss von Anfang an die traditionelle Betrachtung von Kosten und Funktionalität erweitert und das Thema Nachhaltigkeit bewusst in den gesamten Entwicklungsprozess integriert werden. Erreicht werden kann dies durch ein ganzheitliches Denken, klare Nachhaltigkeitsziele, Fachwissen über nachhaltige Materialien und Prozesse, systematische Analyse und Bewertung sowie die Zusammenarbeit mit relevanten Stakeholdern.

Erfolgsentscheidend ist dabei die Definition klarer und messbarer Nachhaltigkeitsziele. Diese sollten sich auf umweltbezogene Faktoren wie Ressourcenschonung, Energieeffizienz, Emissionsreduzierung und Abfallminimierung konzentrieren, aber auch soziale Aspekte wie Arbeitsbedingungen und soziale Gerechtigkeit berücksichtigen.

Ebenso wichtig ist fundiertes Wissen im Unternehmen über nachhaltige Materialien und Prozesse. Dies umfasst das Verständnis von Recyclingfähigkeit, Biokompatibilität, erneuerbaren

Materialien und Verfahren zur Energieeinsparung. Fehlt dafür intern das Knowhow, können für das Projekt auch Experten für Nachhaltigkeit oder Umweltmanagement an Bord geholt werden. Und auch der Austausch mit Kunden, Lieferanten und Forschungseinrichtungen kann wertvollen Input bringen.

## Systems Engineering als Umsetzungshelfer

Grundsätzlich muss klar sein: das Bewusstsein für mehr Nachhaltigkeit muss in allen Phasen der Produktentwicklung da sein – und bei den beteiligten Stakeholdern erst einmal geschaffen werden. Denn diese sind gefordert, bisherige Best-Practices bei der Produktgestaltung neu zu überdenken und an Nachhaltigkeitskriterien und -anforderungen neu auszurichten. Gesetzte Konzepte müssen neu gedacht werden. Und es muss frühzeitig eine konsequente Abwägung zwischen Nachhaltigkeit, Kosten und Funktionalität erfolgen. Sprich: die Anpassung bestehender und die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle ist die Voraussetzung dafür, die Herstellung nachhaltiger Produkte rentabel zu machen.

Was bedeutet all das konkret? Wie kann das Thema in der Praxis angegangen werden? Best-Practices des Systems Engineering sind nach wie vor gut geeignet, um auch diese Fragestellungen systematisch zu lösen, an – ein Methodenkoffer bestehend aus bewährten Vorgehensweisen und Prinzipien, die bei der Entwicklung komplexer Systeme Anwendung finden und auch bei der von nachhaltigen Produkten funktionieren. Dazu zählen:

**Ganzheitlicher Ansatz:** Systematische Betrachtung des gesamten Lebenszyklus des Produkts einschließlich seiner Wechselwirkungen mit der Umwelt – immer unter der Prämisse, negative Umweltauswirkungen zu minimieren.

**Anforderungsmanagement:** Stellt sicher, dass Nachhaltigkeitsaspekte in den Entwicklungsprozess einfließen – durch

## „Nachhaltigkeitsaspekte werden künftig mehr denn je über langfristigen Markterfolg entscheiden.“

messbare Nachhaltigkeitsziele, die während des gesamten Entwicklungsprozesses überwacht werden.

**Systemmodellierung und Simulation:** Zeigen die Auswirkungen von Designentscheidungen auf die Nachhaltigkeitsleistung des geplanten Produkts.

**Lebenszyklusanalyse (LCA):** Hilft bei der Bewertung von Umweltauswirkungen eines Produkts über seinen gesamten Lebenszyklus hinweg. Unter anderem durch Datensammlung und -analyse, die als Basis für Managemententscheidungen dienen.

**Berücksichtigung von Normen und Standards:** Zertifizierungen wie LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) oder "Cradle to Cradle" (C2C) decken bestimmte Nachhaltigkeitsaspekte von selbst ab und können bei der Entwicklung nachhaltiger Produkte als Richtlinien dienen.

Nimmt man das Beispiel des Cradle to Cradle-Designprinzips – ein Ansatz, der die sichere und potenziell unendliche Nutzung von Materialien und Nährstoffen in Kreisläufen vorsieht – so ist man mit dessen Umsetzung bereits auf einem guten Weg.

### Fazit

Der Weg zu nachhaltigeren Produkten erfordert - auch in der Welt industrieller Produkte und Systeme - ein Bewusstsein für Nachhaltigkeit in allen Phasen der Produktentwicklung, eine Abwägung zwischen Nachhaltigkeit, Kosten und Funktionalität, eine Anpassung von Geschäftsmodellen und die Verwendung von Methoden, die den Wandel hin zu mehr Nachhaltigkeit unterstützen.

Nur so kann Nachhaltigkeit als Chance zur Differenzierung und zur Erweiterung des Geschäftes genutzt werden. Wer jetzt damit startet, kann sich einen sehr großen Vorsprung sichern.

So ergab eine jetzt aktuelle Studie (PAC Studie: „IT & Sustainability – Reifegradindex 2023“), dass derzeit nur vier von zehn deutschen Unternehmen bereits Nachhaltigkeitsziele verabschiedet haben, deren Erreichung mit konkreten Kennzahlen gemessen werden soll. Das wundert, denn immerhin versprechen sich 90 Prozent der Befragten davon Wettbewerbsvorteile - zum Beispiel durch einen effizienteren Ressourceneinsatz und eine optimierte Auslastung. □

## Green Line



### Komponenten mit Kunststoff aus pflanzlichen Rohstoffen

- > Qualitativ hochwertige, rezyklierbare Produkte
- > CO<sub>2</sub>-neutrales Rohmaterial über den gesamten Lebenszyklus
- > Reduktion von bis zu 68% CO<sub>2</sub> im Vergleich zu herkömmlichen Kunststoffen



MES-Software in der PV- und Batterieproduktion

# Wie MES die Energiewende beschleunigt

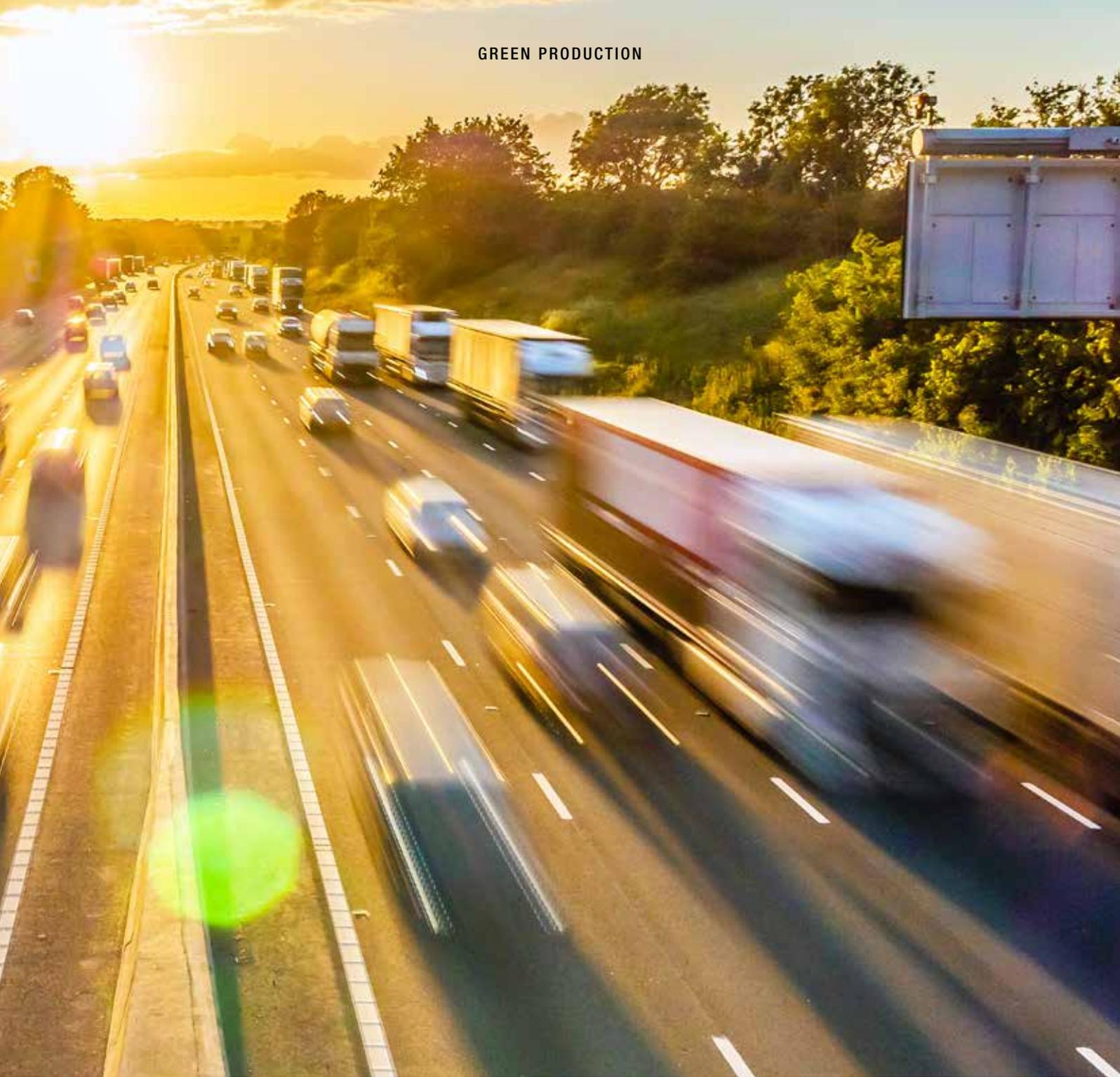
Mit Manufacturing Execution System Software (MES) ist es möglich, eine effiziente und ressourcenschonende Produktion von PV-Zellen und Modulen aufzubauen. Sie bildet die Basis für eine nachhaltige und wirtschaftliche Energiewende. Wie erläutern praxisnah, wie das geht.

TEXT: Robin Schubert, Kontron AIS BILDER: Kontron; iStock, yevtony

Vor 15 Jahren war Deutschland der Vorreiter in der Photovoltaik-Branche. Maschinenbau und Produktion für Photovoltaik (PV) erlebten ihren Höhepunkt und öffneten einen neuen Markt, der sich nicht nur ökonomischen sondern auch ökologischen Zielen widmete. Lokale Unternehmen entwickelten neueste Technologien, um den Wirkungsgrad, wie auch die Herstellung in großen Stückzahlen zu optimieren. Der neue Bedarf und der technologisch bereite Weg befeuerten auch den globalen Konkurrenzkampf. Mit massiver staatlicher

Unterstützung und strategischen Vorgehen erarbeitete sich China eine weltweit marktbeherrschende Stellung in der Produktion von PV-Zellen und -Modulen.

Der heutige Markt ist geprägt von neuen Technologien, während tiefgreifende Anpassungen in den Lieferketten die Marktbedingungen grundlegend verändern. Neben den rein kostenoptimierten PV-Modulen aus China, finden jedoch auch auf Wirkungsgrad und Qualität optimierte PV-Module



zunehmend ihre Abnehmer. Zusätzlich ermöglichen neueste Softwarelösungen und der hohe Automatisierungsgrad die Relativierung des Standortvorteils von China.

### Marktwachstum und -ziele

Der politisch beschleunigte Wechsel von fossilen Brennstoffen wie Erdöl und Erdgas zu erneuerbaren Energien und die sehr angespannte Situation der Lieferketten aus China,

ermöglichen eine zweite Renaissance der PV-Industrie in Deutschland, Europa und den USA. Unternehmen, die den rauen Markt der vergangenen Jahre überlebt haben und neue Start-ups erobern mit hocheffizienten Modulen und guten Preisen den globalen Markt oder finden in Spezialanwendungen ihren Kundenkreis.

Die weltweit installierte PV-Kapazität betrug im März 2022 etwa 1 TW. Die Europäische Union (EU) allein erreichte



Die beiden Diagramme zeigen Produktionsdaten während der Einführung eines MES für Photovoltaik. Das erste Diagramm verdeutlicht den Zusammenhang zwischen Zell-Trackingrate und Zell-Effizienz, das zweite zeigt die Streuung des Wirkungsgrades innerhalb einer Charge. Bei Trackingraten höher 60 Prozent steigt die Zell-Effizienz deutlich an und die Streuung wird stetig reduziert. Die höchsten Trackingraten werden durch die MES-Spezialität „Single-Wafer-Tracking“ erreicht.

bereits Ende 2021 eine Kapazität von 170 GW. Nichtsdestotrotz fehlt noch weit mehr Kapazität, um das in Paris gesetzte 2-°C-Ziel zu erreichen. Dabei spielen jetzt besonders auch Produktionskapazitäten in Europa und Amerika eine wichtige Rolle. Europa plant den Ausbau der PV-Produktionskapazitäten auf 30 GW bis 2025. Unterstützt werden diese Pläne durch Initiativen der Europäischen Union wie zum Beispiel ESIA (European Solar PV Industry Alliance), REPowerEU oder ESMC (European Solar Manufacturing Council). Die USA ebnet den Weg zum Ausbau durch den Inflation Reduction Act (IRA), der der Branche 370 Milliarden US\$ durch Steuerbegünstigungen einbringt. Die US-Pläne zum Ausbau der Produktionskapazität belaufen sich auf 10 GW bis 2025 und ganze 50 GW bis 2030.

## Software in der Produktion neuer Technologien

Die Produktion von Technologien wie Solarzellen, Elektrolyseuren und Batterien erfordert eine hohe Präzision und Kontrolle des Produktionsprozesses. Besonders im Bereich der Zellenfertigung für PV-Module geht es um die Herstellung sehr hoher Stückzahlen mit gleichbleibender Qualität. Um diese Anforderungen zu erfüllen, setzt die Produktion auf MES (Manufacturing Execution Systems). Diese Softwarelösungen ermöglichen die Steuerung und Überwachung des Produktionsprozesses sowie deren laufende steuernde Optimierung. Daten werden in Echtzeit erfasst – von der Auftragsfreigabe bis zur Fertigstellung. Gleichzeitig wird Ausschuss vermieden und der Verbrauch von Ressourcen geschont, was zu einem nachhaltigen Beitrag bei der Herstellung neuer Technologien in Serie führt.

Dabei ist jede Verbesserung des Wirkungsgrades oder Erhöhung der Produktionskapazität entscheidend für den nachhaltigen Markterfolg. Mit zunehmenden Anforderungen, steigt auch der Bedarf nach spezialisierten MES-Lösungen. So

bieten die branchenspezifische MES-Lösungen wie FabEagle MES von Kontron AIS, Funktionen wie „Virtual-Single-Product-Tracking“, um branchenbezogene Herausforderungen und die schnelle Skalierung von Produktionsstandorten zu meistern. Funktionen und Module eines auf PV spezialisierten MES teilen sich in die drei Säulen Rückverfolgbarkeit, Produktionssteuerung und Transparenz auf.

## MES in der PV- und Batterieproduktion

Ein wichtiger Punkt ist die sichere Erfassung von Prozess- und Equipment-Daten über branchenspezifische Schnittstellenstandards wie etwa SECS/GEM, PV02 oder OPC UA, um Anlagenzustände und -daten, Materialbewegungen oder Prozessparameter zuverlässig zu erfassen.

Zudem empfiehlt sich die Verwendung spezifischer Befehle für die Material- und Werkstückträgerverriegelung. Diese verhindern falsche Materialhandhabung und steuern die ordnungsgemäße Ausführung der Schritte in den Arbeitsplänen.

Unbedingt erforderlich ist eine komplette Materialverfolgung und -rückverfolgung. Sie stellt nicht nur korrekte Bestandsdaten sicher, sondern gewährleistet auch eine durchgängige Rückwärts- und Vorwärtsgenealogie. Die Rückverfolgung beginnt zum Beispiel in der PV-Modulproduktion mit dem fertigen Solarmodul und kann bis zu den Solarzellen, Wafern, Ingots, Kristallen, Rohsilizium sowie den zugehörigen Verbrauchsmaterialien für die Herstellung eines Moduls zurückgehen. Die Vorwärtsverfolgung startet mit dem Rohsilizium und führt zu allen fertigen Solarmodulen, die aus einer bestimmten Siliziumcharge hergestellt wurden.

Sollen der Bestand an Halbfertig- und Fertigprodukten und der damit verbundene Verbrauch an Roh- und Betriebsstoffen verfolgt werden, ist eine Echtzeit-Verbindung des MES

zum ERP-System für einen kontinuierlichen Austausch von Stammdaten, Arbeitsaufträgen, Produktionsfortschritten und Qualitätsinformationen unerlässlich. Die so erfassten Anlagendaten können direkt zur Berechnung von KPIs wie Overall Equipment Effectiveness (OEE) verwendet werden, um die Anlagenleistung genau zu überwachen und zusätzlich stetig zu verbessern.

Abgerundet wird ein MES für PV- oder Batterieproduktion durch ein standortübergreifendes Produktionsmonitoring, das es den Unternehmen ermöglicht ihre Produktion weltweit aufzusetzen und gleichzeitig die Kontrolle über die jeweiligen Prozesse zu behalten. So können Produktionskennzahlen verglichen und Erkenntnisse zur Prozessverbesserung einfach an mehreren Standorten implementiert werden.

Unter Einbezug der prognostizierten enormen Wachstumspotenziale spielt neben den bereits beschriebenen Merkmalen auch das Thema Skalierung eine enorme Rolle. Laut Marktreport ITRPV von 2022 werden im Jahr 2029 über 60 Prozent der Solarzellen an Standorten mit einer Produktionskapazität größer 5 GW hergestellt. Gleichzeitig soll der Wafer-Durchsatz in den Prozessanlagen pro Stunde um etwa 30 Prozent steigen. Voraussetzung dafür sind nicht nur sehr fortschrittliche Technologien in den Anlagen, sondern auch performante, zuverlässige und hochverfügbare Softwarelösungen, die diese Fortschritte unterstützen.

## Energiewende nur mit MES möglich

Ein MES trägt zu einer effizienteren Produktion bei, da es die gesamte Ausnutzung der Ressourcen und die Produktionsleistung optimiert. Nur durch die Verwendung eines MES kann sichergestellt werden, dass die Produktion von PV-Zellen und -Modulen sowie Batterien so effizient wie möglich ist und gleichzeitig Ressourcen geschont werden. □

## IMPRESSUM

**Herausgeber** Kilian Müller

**Head of Value Manufacturing** Christian Fischbach

**Redaktion** Bernhard Haluschak (Managing Editor/verantwortlich/-928), Leopold Bochtler (-922), Matej Gavranovic (-927), Rieke Heine (-901), Dana Neitzke (-930), Ragna Iser (-898)

**Newsdesk** newsdesk@publish-industry.net

**Head of Sales** Kilian Müller

**Anzeigen** Saskia Albert (Director Sales/verantwortlich -918), Beatrice Decker (-913), Ilka Gärtner (-921), Caroline Häfner (-914), Alexandra Klasen (-917);  
Anzeigenpreisliste: vom 01.01.2023

**Inside Sales** Patricia Dachs (-935), Sarah Fuchs (-929); sales@publish-industry.net

**Verlag** publish-industry Verlag GmbH, Machtfinger Straße 7, 81379 München, Germany  
Tel. +49.(0)151.58 21 1-900, info@publish-industry.net, www.publish-industry.net

**Geschäftsführung** Kilian Müller, Martin Weber

**Leser- & Aboservice** Tel. +49.(0)61 23.92 38-25 0, Fax +49.(0)61 23.92 38-2 44; leserservice-pi@vuserice.de

**Abonnement** Das Abonnement enthält die regelmäßige Lieferung der Energy 4.0 (derzeit 4 Ausgaben Energy 4.0) sowie als Gratiszugabe das jährlich erscheinende Jahrbuch der Industrie, INDUSTRY.forward HAKAHAKA.

**Jährlicher Abonnementpreis**

Ein JAHRES-ABONNEMENT der Energy 4.0 ist zum Bezugspreis von 51,20 € inkl. Porto/Versand innerhalb Deutschlands und MwSt. erhältlich (Porto: EU-Zone zzgl. 10 € pro Jahr, Europa außerhalb EU zzgl. 30 € pro Jahr, restliche Welt zzgl. 60 € pro Jahr). Jede Nachlieferung wird zzgl. Versandkosten und MwSt. zusätzlich berechnet. Im Falle höherer Gewalt erlischt jeder Anspruch auf Nachlieferung oder Rückerstattung des Bezugsgeldes. Studentenabonnements sowie Firmenabonnements für Unternehmen, die Energy 4.0 für mehrere Mitarbeiter bestellen möchten werden angeboten. Fragen und Bestellungen richten Sie bitte an leserservice-pi@vuserice.de

**Marketing & Vertrieb** Anja Müller (Head of Marketing)

**Herstellung** Veronika Blank-Kuen

**Gestaltung & Layout** Schmucker-digital,  
Lärchenstraße 21, 85646 Anzing

**Druck** F&W Druck- und Mediacenter GmbH,  
Holzhauser Feld 2, 83361 Kienberg, Germany

**Nachdruck** Alle Verlags- und Nutzungsrechte liegen beim Verlag. Verlag und Redaktion haften nicht für unverlangt eingesandte Manuskripte, Fotos und Illustrationen. Nachdruck, Vervielfältigung und Online-Stellung redaktioneller Beiträge nur mit schriftlicher Genehmigung des Verlags.

**ISSN-Nummer** 1866-1335

**Postvertriebskennzeichen** 75032

**Gerichtsstand** München

**Der Druck der Energy 4.0 erfolgt auf PEFC™-zertifiziertem Papier, der Versand erfolgt CO<sub>2</sub>-neutral.**



Der CO<sub>2</sub>-neutrale Versand mit der Deutschen Post

## FIRMEN UND ORGANISATIONEN IN DIESER AUSGABE

Firma	Seite	Firma	Seite
1st Flow Energy.....	12	Mitsubishi Electric .....	14
a. b. jödden .....	26	Ochsener Energietechnik .....	14
Anyline.....	38	Panasonic .....	14
Bachmann.....	25	Phoenix Contact .....	U2
Baywa.....	12	R. Stahl.....	60
Bosch/Buderus.....	14	RWE.....	Titel, 8, 10
Conrad Electronic .....	U3	Salzer .....	5
Constructor University Bremen-Nord.....	12	Schubert .....	5
Copa Data .....	27	Schurter.....	53
Daikin .....	14	SEW Eurodrive.....	58
Deutsche Windtechnik .....	23	Siemens.....	34, 37, 48
Dimplex .....	14	Smight .....	41
DTN .....	42	Systemtechnik Leber .....	50
Fraunhofer IAF.....	20	Techem .....	17
Fraunhofer ILT .....	12	Trina .....	63
Fraunhofer IPA.....	6	TU Berlin .....	12
Fritzen.....	31	TÜV Süd Industrie Service.....	46
GISA.....	3	Universität Bayreuth .....	32
GWAdriga .....	39	University of Massachusetts Amherst .....	66
Harting.....	33	Viessmann Group.....	14
Hoval Deutschland.....	14	Wöhner .....	U4
Iqony.....	12	WSCAD .....	45
Kitpower.....	30	Zentrum für Energietechnik.....	32
Kontron AIS .....	54		
Messe Hamburg .....	29		
Messe Husum & Congress.....	22		

Entwicklung von effizienten Elektroantrieben in der Historie

# Energieeffizienz ist Trumpf, aber ...

Zum Ende des ersten Jahrzehnts im neuen Jahrtausend wurde mit der Ökodesignrichtlinie der Europäischen Union das erste große Umweltpaket in der Gesetzgebung verabschiedet. Das ist jetzt, im Sommer 2023, annähernd 15 Jahre her. Die europäische Ökodesignrichtlinie greift in viele Bereiche der Energieumwandlung ein. Einen großen Einfluss hatte und hat sie in der Industrie – insbesondere bei der Antriebstechnik.

TEXT: Gregor Dietz, SEW-Eurodrive BILDER: SEW-Eurodrive; iStock, Ivan Bajic



Die Umwandlung einer Energieart in eine andere ist nie 100-prozentig, jeder Wandlungsprozess ist verlustbehaftet. Der Anteil der Verlustenergie muss bezahlt werden, trägt aber nicht zum nutzbaren Ergebnis bei.

## Materialauswahl entscheidet

Seit dem Bau der ersten Elektromotoren um das Jahr 1880 lag das Entwicklungsziel bei einer Neukonstruktion aus Preisgründen stets beim effizienten Einsatz des Materials. Um sich erfolgreich dem Wettbewerb zu stellen, waren Kostensenkungsprogramme der produzierenden Firmen ein immer wiederkehrender Zyklus.

Trotz gleicher Abgabeleistung fanden die Ingenieure und Techniker immer wieder Wege, Elektromotoren mit insgesamt weniger, aber besserem Material zu bauen. Hilfreich war stets auch die Weiterentwicklung der verfügbaren Bauteile, beispielsweise höhere Blechqualität

und geringere Blechdicke, fortschrittliche Berechnungs- und Simulationsmethoden und veränderte Herstellungsprozesse.

## Effizienz wird Kriterium

Um die Jahrtausendwende fand ein prägender Sinneswandel statt. Neben dem monetären Einfluss der Materialmenge rückte mehr und mehr die Energieeffizienz ins Zentrum. Die Wiederentdeckung des Wirkungsgrades von Elektromotoren als Entscheidungskriterium stellte enorme Herausforderungen an die produzierenden Firmen. Schnell wurde klar, dass ein höherer Wirkungsgrad und der Einsatz entsprechender Werkstoffe mit einem höheren Verkaufspreis einhergehen.

In den folgenden knapp zehn Jahren wurde die Berücksichtigung der Energieeffizienz nach dem Prinzip der Freiwilligkeit den Kräften im Europäischen Markt überlassen. Jedoch war der Gesetzgeber nicht zufrieden mit dem Gesamtanteil der freiwilligen Nutzer. Die wirtschaftlichen

Rahmenbedingungen verhinderten den großflächigen Erfolg und Absatz der Motoren mit erhöhten Wirkungsgraden.

Um einen fairen Wettbewerb mit vergleichbaren Produkten zu gewährleisten, verfasste und verabschiedete die Industrie Normen mit den Wirkungsgradkassen IE1 bis IE4 für den Betrieb von Elektromotoren am Netz. Diese wurden vom europäischen Gesetzgeber respektiert und im Jahr 2009 verabschiedete Europa das erste Gesetz, das den Mindestwirkungsgrad von Elektromotoren vorgab. In dieser Verordnung 640/2009/EG wurde nicht nur eine Stufe vorgegeben, sondern eine zeitlich gestaffelte Erhöhung des Mindestwirkungsgrades. Ferner wurde für die betroffenen Motoren ein Leistungsbereich festgeschrieben.

Die Vielfalt der bereits realisierten Lösungen der Elektromotoren führte zu einer begrenzten Anzahl von Ausnahmen im Gesetz, wie unter anderem Bremsmotoren, explosionsgeschützte oder unbelüftete



Auch bei Netzmotoren ist die Energieeffizienz Trumpf. Die Baureihe "DRU" von SEW-Eurodrive vervollständigt den Baukasten der Netzmotoren um die maximal in der Norm definierte Klasse IE4.

Motoren. Der Gesetzgeber nahm die Fortsetzung der Weiterentwicklung der Materialien und Prozesse für sich in Anspruch und forderte 2011 die Industrie auf, Produkte schon mit dem Mindestwirkungsgrad IE2 anzubieten. Nach dem Inkrafttreten gab es für die Industrie ein Zeitfenster von sechs Jahren, um den konstruktiven Wechsel zu IE3 zu vollziehen und nur noch entsprechende Motoren anzubieten.

### Weniger Ausnahmen

Mit dem 2017 Erreichten gab sich die EU aber nicht zufrieden. 2019 wurde das Gesetz ergänzt und ausgeweitet. Neben der Reduzierung von Ausnahmen und damit der Festlegung von Mindestgrenzwerten für weitere Motoren wurde für wenige Motorleistungen die weitere Steigerung der Effizienz auf den IE4-Level vorgegeben. Die Ausnahmereduzierung und Ausweitung fand zum 1. Juli 2021 statt. Zum 1. Juli 2023 ist die letzte Stufe mit dem IE4-Level für 75 – 200 kW des aktuellen Gesetzes in Kraft getreten.

### Wirkungsgradvorgaben

Stellt man die Entwicklung der letzten zehn bis 15 Jahre nebeneinander, so wird deutlich, dass der Effizienzgedanke den Konstruktionsprozess dominiert und der Menge des eingesetzten Materials nachrangig geworden ist. Das heißt, bei gleicher Leistung ist der Motor gewachsen und stellt damit eine Herausforderung beim Einbau in Maschinen und Anlagen dar. Am Beispiel eines 7,5-kW-Elektromotors für IE4 (in der Leistung freiwillig, kein Gesetz) ist erkennbar, dass das Bauvolumen – die Größe des Motors – um knapp 75 Prozent und seine Masse – die Menge des eingesetzten Materials – auch um fast 75 Prozent gestiegen ist. Der Gesetzgeber gibt den Mindestwirkungsgrad vor und überlässt die Realisierung den produzierenden Firmen und den Marktkräften, den nötigen Preis und die wirtschaftliche Rentabilität zu erreichen. Vereinzelt nationale Fördermaßnahmen zum Wohle der Wirtschaft sind nur der berühmte Tropfen auf dem heißen Stein.

### Nachhaltigkeit und Recycling

Ein Blick zurück hilft, den Ausblick auf Kommendes einzuordnen. Neben der Energieeffizienz kommen jetzt zwei weitere Aspekte ins Spiel. Die Themen Nachhaltigkeit und Kreislaufeffizienz flankieren nun das Thema Energie. Hier setzt der europäische Gesetzgeber unmittelbar auf eine regulatorische Variante und wird bis Mitte der 2020er Jahre Vorgaben und Grenzwerte für Produkte bestimmen. Schwierig werden dann gegenläufige Tendenzen in Einklang zu bringen: Materialeffizienz könnte der Energieeffizienz im Weg stehen, kreislaufkonforme Bauteile den Anspruch an technisch sicheren und hochqualitativen Produkten konterkarieren. Verlässt man den europäischen Fokus und blickt sich in der Welt um, so erkennt man, was in einzelnen Ländern an weiteren und anderen Vorgaben zu erfüllen ist. Die Aufgaben und Hürden nehmen nicht ab, und es werden weitere hinzukommen. Aber auch hier werden fähige Köpfe aus der Industrie Lösung finden. □

Für jeden Elektrolyseur das richtige Ex-Schutz-Konzept

# Grüner Wasserstoff sicher ernten

Überschüssiger grüner Strom lässt sich speichern. In Elektrolyseuren wird mit seiner Hilfe Wasserstoff erzeugt. Dieses Power-to-Gas-Verfahren wird eine zentrale Rolle im Rahmen unserer künftigen klimaneutralen Energieversorgung spielen. Die Elektrolyseure sollen dabei so effizient und zugleich so sicher wie möglich sein. Was bedeutet das für den Explosionsschutz?

TEXT: R. Stahl BILDER: iStock, Artem Novosad, Vanit Janthra, gstraub

Die Elektrolyse von Wasser hat eine lange Geschichte. Britische Chemiker zerlegten bereits im Jahr 1800 erstmals Wasser mit Hilfe des elektrischen Stroms und erzeugten so Wasserstoff und Sauerstoff. Die Umkehrung, das heißt die Reaktion der beiden Gase unter Erzeugung von Elektrizität, gelang rund 40 Jahre später – die Grundlage der Brennstoffzelle. Anfang des 20. Jahrhunderts gewann jedoch zunächst der stoffliche Einsatz von Wasserstoff an Bedeutung. Mit dem Haber-Bosch-Verfahren wird seitdem Ammoniak (und schließlich Dünger) aus Wasserstoff und Stickstoff erzeugt. Die großen Mengen Wasserstoff, die dafür nötig waren, wurden mithilfe der Kohlevergasung oder der Dampfreformierung (aus Erdgas und Wasser) erzeugt. Dabei entsteht jeweils auch klimaschädliches Kohlendioxid – im Gegensatz zum Elektrolyse-Verfahren. Elektrolyseure waren jedoch lange nicht leistungsfähig genug, um eine wirtschaftliche und zugleich ökologische Alternative darzustellen.

Vor dem Hintergrund der ersten Öl-krisen in den 1970er und 1980er Jahren kreierten Entwickler die ersten Konzepte, in denen Wasserstoff eine Rolle als Energieträger spielte. In Projekten wie HYSOLAR wurde Wasserstoff mithilfe von Solar-Strom erzeugt. Die Verfahren waren zwar noch weit davon entfernt, wirtschaftlich zu arbeiten. Es erstaunt dennoch, dass nicht mit Hochdruck an ihrer

Optimierung gefeilt wurde. Denn die Endlichkeit fossiler Brennstoffe war bekannt. Und die steigende Kohlendioxid-Konzentration in der Atmosphäre wurde damals bereits von zahlreichen Experten äußerst kritisch bewertet. Immerhin stellten die Hysolar-Partner (Saudi-Arabien und Deutschland) bereits 1994 die weltweit erste technische Wasserstoff-

produktion, bei der Photovoltaik und Wasserelektrolyse direkt gekoppelt wurden, vor.

## Verschiedene Verfahren der Wasserelektrolyse

Seitdem jedoch mehr und mehr Windkraft- und Photovoltaikanlagen elektrische

Je nach Bau- und Betriebsart der Elektrolyseure sowie der weiteren Anlagen des Wasserstoffsystems ergeben sich spezielle Anforderungen an den primären, sekundären und tertiären Explosionsschutz.



zwei Teilreaktionen, die in saurer Lösung oder alkalischer Lösung unterschiedlich ablaufen. In saurer Lösung entsteht an der Kathode aus Hydronium-Ionen ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) Wasserstoff und Wasser. Und an der Anode wird Wasser zu Sauerstoff und Hydroxium-Ionen umgesetzt. In Kalilauge oder mit neutralen Salzen als Elektrolyt wird Wasser dagegen an der Kathode zu Wasserstoff und Hydroxid-Ionen ( $\text{OH}^-$ ). An der Anode reagiert Wasser zu Sauerstoff und Hydronium-Ionen.

Die für diese Prozesse genutzten Wasserelektrolyseure enthalten neben Kathode und Anode sowie den Behältern für den Elektrolyten eine Membran (Diaphragma). Sie trennt den Kathoden- und Anodenbereich und verhindert, dass die entstehenden Gase Wasserstoff und Sauerstoff miteinander in Berührung kommen. Dabei lässt sie jedoch selektiv die entstehenden Ionen ( $\text{H}^+$  bei saurem,  $\text{OH}^-$  bei alkalischem Elektrolyseur) durch. So kann der Stromkreis geschlossen werden. Inzwischen gibt es diverse Typen von Wasserelektrolyseuren, bei denen mehrere Elektrolysezellen aneinandergereiht werden. Sie unterscheiden sich neben dem eingesetzten Elektrolyten auch im Aufbau der Zellen im Detail (etwa der Membran, der Gasdiffusionsschicht GDL, der Art der Bipolarplatten und der Katalysatoren) und durch die Temperaturen und Drücke, die während der Elektrolyse herrschen. Unterm Strich entstehen in allen Elektrolyseuren unter Einsatz von Gleichstrom aus zwei Wassermolekülen zwei Wasserstoffmoleküle und ein Sauerstoffmolekül.

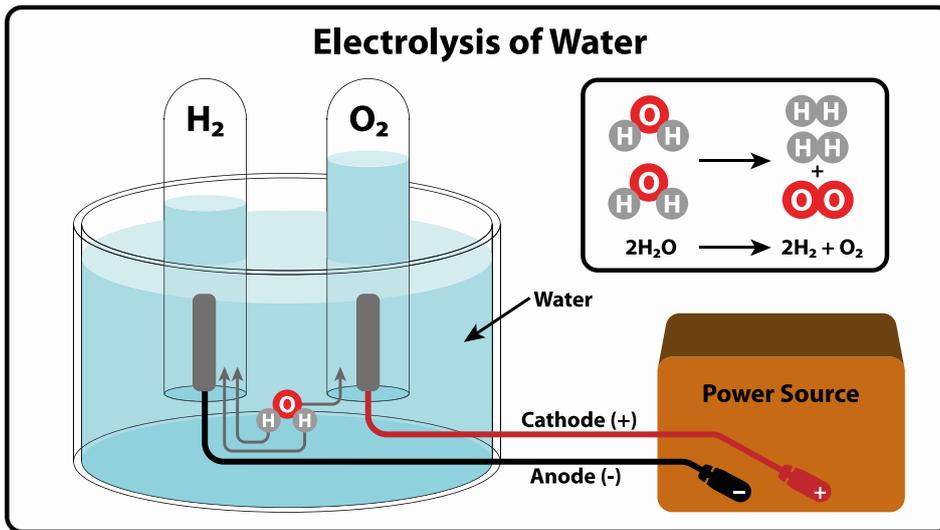
## Gefahren von Wasserstoff sind beherrschbar

Sicherheitstechnisch sind alle Verfahren vergleichbar. Der gebildete Wasserstoff liegt zunächst in Wasser gelöst vor. Falls Elektrolyt austritt, kann Wasserstoff freigesetzt werden. Wasserstoff kann mit dem ebenfalls entstehenden Sauerstoff oder mit der Umgebungsluft ein äußerst explosionsfähiges Gemisch bilden- und das in einem sehr breiten Explosionsbereich. Gemische mit einem Gehalt zwischen 4 Vol. Prozent und 77 Vol. Prozent können explodieren. Dafür ist nur eine sehr geringe Zündenergie von 0,02 mJ nötig. Damit gehört Wasserstoff in die gefährlichste Zündgruppe IIC. Extrem ist auch die hohe Flammausbreitungsgeschwindigkeit, durch die Wasserstoffexplosionen sehr zerstörerisch wirken. Nicht zuletzt der über 100-jährigen Verwendung von Wasserstoff in der chemischen Industrie ist es zu verdanken, dass diese Gefahren gut bekannt und beherrschbar sind. Heute regeln die Normenreihen IEC 60079 und IEC80079 den Explosionsschutz. Die Anforderungen an den sicheren Bau und Betrieb von Elektrolyseanlagen ist im internationalen Standard ISO 22734 beschrieben.

## Primärer Explosionsschutz durch geeignete Bauweise

Naturgemäß steht im Vordergrund, ein explosionsfähiges Gemisch erst gar nicht auftreten zu lassen. Die Dichtigkeit der gesamten Anlage, die verhindert, dass Wasserstoff entweicht, ist eine der

Energie erzeugen, wird immer deutlicher: Wasserstoff, den man mithilfe von überschüssigem elektrischem grünem Strom erzeugt, wird ein wichtiger Bestandteil der Energiewende werden. Im Rahmen der Sektorenkopplung kann er als Speichermedium dienen. Das denkbar einfache Prinzip der Wasserelektrolyse besteht aus



Bei der Elektrolyse wird mit Hilfe des elektrischen Stroms Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ) in Sauerstoff ( $\text{O}_2$ ) und Wasserstoff ( $\text{H}_2$ ) umgewandelt.

wichtigsten Maßnahmen des primären Explosionsschutzes. Gassensoren in der Umgebung würden bereits bei einer sehr geringen Wasserstoffkonzentration Alarm schlagen. Diesen primären Explosionsschutz zu gewährleisten, ist nicht trivial. Denn Wasserstoffmoleküle sind mit 0,276 nm sehr klein; sie können durch viele metallische Werkstoffe diffundieren. Dabei können Metalle verspröden. Dichte Apparaturen und Rohrleitungsverbindungen sind daher aufwendiger zu realisieren als bei den meisten anderen Prozessen. Insbesondere bei Hochtemperaturverfahren wie der SOE, die bei Temperaturen über der Mindestzündtemperatur (585 °C) von Wasserstoff ablaufen, bestehen hohe Anforderungen. Es muss auch unbedingt verhindert werden, dass der entstandene Wasserstoff durch Sauerstoff verunreinigt werden kann.

### Zoneneinteilung und sekundärer Explosionsschutz

Risikoanalysen, die der Anlagenbauer durchzuführen hat, stellen potenzielle Gefahren systematisch dar – und mit ihnen die nötigen Gegenmaßnahmen. Basis für Sicherheit ist die Zoneneinteilung nach IEC 60079-10-1, für die der Betreiber zuständig ist. Nicht nur der Elektrolyseur, sondern auch die folgende Gasaufbereitung, etwaige Verdichter, Rohrleitungen und Speicher sind zu betrachten. Zonen

charakterisieren explosionsgefährdete Bereiche in Abhängigkeit von der Dauer und Häufigkeit mit der eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre (g. e. A.) auftreten kann:

- **Zone 0:** Bereich, in dem g. e. A. ständig, über lange Zeit oder häufig vorhanden ist.
- **Zone 1:** Bereich, in dem sich im Normalbetrieb gelegentlich eine g. e. A. bilden kann.
- **Zone 2:** Bereich, in dem im Normalbetrieb eine g. e. A. nicht oder nur selten und für kurze Zeit auftritt.

An der Zoneneinteilung orientiert sich wiederum der sekundäre Explosionsschutz: die Vermeidung von Zündquellen. Ein kritischer Bereich der Zone 2 kann zum Beispiel direkt unter der Decke von Räumen herrschen, in denen Elektrolyseure betrieben werden. Ob der Bereich jedoch tatsächlich so eingestuft werden muss, hängt von weiteren organisatorischen und technischen Maßnahmen ab.

Eine Zwangslüftung an dieser Stelle kann zum Beispiel verhindern, dass sich dort Wasserstoff bis zum kritischen, explosionsfähigen Konzentrationsbereich anreichern kann. Da sich gasförmiger Wasserstoff sehr schnell verflüchtigt, reicht dies in der Regel aus, um das Explosionsrisiko zu minimieren. Auf eine Zone kann dann verzichtet werden.

### Kompletter Explosionsschutz für Gigawatt-Anlagen

Bei der Erzeugung von Wasserstoff gelten strenge Regeln. Je nach Bau- und Betriebsart der Elektrolyseure sowie der weiteren Anlagen des Wasserstoffsystems ergeben sich spezielle Anforderungen an den primären, sekundären und tertiären Explosionsschutz. Auch Pumpen zur Zuführung von Wasser und/oder Elektrolyt, Gastrockner und vieles mehr müssen den hohen Sicherheitsanforderungen genügen. Darüber hinaus ist sicherzustellen, dass die eingesetzten Produkte für die Stromversorgung und die Steuerung der Anlagen sowie etwaige Ventilatoren, Leuchten, Sensoren und vieles mehr jederzeit sicher betrieben und ein eventuell auftretendes Wasserstoff-Luft-Gemisch nicht entzünden können. Elektrolyseanlagen, die sich auf dem Weg zur Massenfertigung befinden, müssen besonders sorgfältig konzipiert werden. Neben dem Faktor Sicherheit gilt es auch, ihre Zuverlässigkeit zu optimieren. So können künftig Gigawatt-Anlagen in Modulbauweise entstehen, die einen maßgeblichen Beitrag zur sicheren Energieversorgung mit grünen klimaneutralen Technologien leisten. □



Den kompletten Artikel finden Sie über den Link im QR-Code und unter: <https://www.industr.com/de/2713062>

Neue PV-Technologien und flexible Anwendungen

# Hocheffizienzmodule mit Leistungsschub

Trina Solar Product Marketing Manager Klaus Hofmeister im Gespräch über neue Wege der Energieertragsmaximierung, Anwendungsfelder für Doppelglasmodule und die Zukunft der PERC-Technologie.



**DAS INTERVIEW FÜHRTE:** Bernhard Haluschak, E4.0 **BILDER:** economy-business.de; iStock, Stockernumber2

**Trina Solar konzentriert sich sehr stark auf N-Typ-Module. Wo liegen die Vorteile gegenüber dem P-Typ?**

Die maximal technische Obergrenze der Wirkungsgrade der p-Typ PERC-Technologie ist praktisch erreicht. N-Type i-TOPCon Module gehen hinsichtlich ihrer Effizienz darüber hinaus. Bei einer höheren Leistung und gleichzeitig geringerer Degradation kann eine erheblich höhere Energieausbeute erzielt werden. Dies wirkt sich auf die gesamte PV-Anlage positiv aus, indem ihr Betrieb effizienter ist und über die Gesamtlebensdauer der PV-Anlage zu bedeutend geringeren Gesamtkosten führt.

**Die Module sind aber noch etwas teurer als PERC. Bei welchen Anwendungen lohnt sich die Investition?**

Vor allem bei beschränkt verfügbaren Flächen gleicht die höhere Effizienz der Module schnell die höheren Anschaffungskosten wieder aus. Aber selbst bei großen Freiflächenanlagen sind N-Typ-Module von Vorteil, da sie einfach höhere Erträge erwirtschaften können als p-Typ-Module. Insgesamt lässt sich sagen, dass sich die Kostendifferenz zwischen den beiden Modularten ohnehin bereits stark verringert hat. Ein Umstieg auf die neuere Technologie kann sich also schon innerhalb kurzer Zeit bezahlt machen.

**Das klingt, als wären die P-Typ-Module ein Auslaufmodell.**

Module mit p-Typ Technologie werden in den verschiedensten Segmenten verdrängt werden und somit auch an Wichtigkeit verlieren. Zudem werden die Kostenentwicklung und die Nachfrage im Markt weitere Faktoren sein, die über die Lebensdauer der p-Typ Technologie entscheiden.

**Die neuesten Module von Trina Solar sind Vertex S+ und Vertex N, worin liegt der Unterschied?**

Vertex S+ ist ideal für Wohn- und Gewerbegebäude aufgelegt, Vertex N zielt mit der nominell höchsten Wattzahl und seinen Abmessungen auf das Utility-Segment. Hinsichtlich ihrer Effizienz ähneln sich die Module stark, Abweichungen gibt es in ihren elektrischen Charakteristika, die auf ihren jeweiligen Einsatzzweck hin optimiert sind. Dies erkennt man zum Beispiel anhand der Halbierung bei Utility-scale beziehungsweise Drittelung bei der Aufdach-Montage der Zellen. Bei den Utility-scale Modulen werden Halbzellen eingesetzt, da sie höhere Ströme bei niedrigeren Spannungen erreichen für längere Strings, und somit kompatibel mit den in dem Segment eingesetzten >

„Doppelglasmodule besitzen eine hohe Widerstandsfähigkeit, lange Lebensdauer und geringe Degradation.“

- > Wechselrichtern sind. Für den Residential- und C&I-Bereich hingegen werden überwiegend Module aus Drittelzellen eingesetzt, da diese mit niedrigeren Strömen und höheren Spannungen speziell für kleinere Anlagen ausgelegt sind. Das ist essentiell, um mit den dort gängigen Wechselrichtern, Optimierern und Modulwechselrichtern kompatibel zu sein.

**Die neuesten Modulgenerationen gehören durch die 210mm Zellen zu den größten am Markt. Weshalb wählt Trina dieses Format?**

Die von uns eingesetzten Zellformate, die mit 210 mm Kantenlänge das derzeit größte Zellformat darstellen, bieten uns Möglichkeiten, Module zu gestalten, welche den Anforderungen in den verschiedensten Segmenten angepasst sind. So sind wir in der Lage, Module mit unterschiedlichen Dimensionen, Nominalleistungen und elektrischen Spezifikationen anzubieten und somit für die Kunden sowohl technisch als auch wirtschaftlich höchst effiziente Lösungen zur Verfügung zu stellen.

In Kombination mit weiteren technischen Innovationen wurde auch die Effizienz der Module gesteigert. Die Technologieplattform und die Zellgröße bieten außerdem großes Potenzial für zukünftige Kostensenkungen.

**Neben der Größe geht der Trend hin zu Doppelglasmodulen. Welche Vorteile bieten sie gegenüber Modulen mit einer kunststoffbeschichteten Rückseite?**

Dazu zählen eine erhöhte Widerstandsfähigkeit, längere Lebensdauer und geringere Degradation. Außerdem reduziert das Glas auf beiden Seiten die mechanische Stresseinwirkung auf die Zellen. Wir bieten als Hersteller darüber hinaus mit 25 Jahren Produktgarantie und einer 30-jährigen Leistungsgarantie eine längere Gewährleistung auf die Module.

Ein weiterer Vorteil der Doppelglasmodule besteht auch in dem nachhaltigeren Recycling, sobald das Ende ihrer Lebensdauer erreicht ist. Glas lässt sich einfacher wieder in den Wertstoffkreislauf zurückführen als Kunststoffe. Zudem haben Glas-Glas-Module einen deutlich besseren CO<sub>2</sub>-Fußabdruck.

**Es gibt dank der gläsernen Rückseite die Möglichkeit, auch mit der Rückseite des Moduls Strom zu generieren, mit sogenannten bifazialen Zellen. In welchen Anwendungsgebieten ist der Einsatz von bifazialen Modulen sinnvoll?**

Der Einsatz von bifazialen Modulen bietet sich vor allem dann an, wenn die Modulrückseite reflektierte Strahlung aus der Umgebung aufnehmen kann und diese zusätzlich zur Vorderseite zur Energieerzeugung beiträgt.

Dies ist besonders bei Freiflächenanlagen der Fall, die entweder eine feste Aufständering mit einem fixen Neigungswinkel haben oder mit einem Nachführsystem, sogenannten Trackern und entsprechender Bauhöhe über dem Boden ausgestattet sind, bei denen durch Reflexion die zusätzliche Sonneneinstrahlung zur Stromgewinnung genutzt werden kann. Zudem können bifaziale Module auch auf Dachanlagen angewendet werden.

- > Flachdachanlagen mit Aufständering und offenen Modulrückseiten in Kombination mit einer reflektiven Dachhaut sind durchaus in der Lage, zusätzliche Erträge zu generieren, die sich allerdings nicht allgemein quantifizieren lassen.

Bei dachparalleler Installation können teiltransparente Module gegebenenfalls auch noch einen bifazialen Anteil zum Gesamtertrag beisteuern. Hier müssen zukünftige Projekte noch erste Daten aus der realen Anwendung liefern. Bifaziale Module finden mittlerweile auch Einzug in anderen, eher speziellen Anwendungsgebieten, wie zum Beispiel Agri-PV.

**Könnten Sie zum Abschluss nochmals zusammenfassen, welche Module sich bei welchen Anwendungsgebieten am besten eignen? Worauf sollte man achten?**

Bei Dachanlagen auf Wohnhäusern sind insbesondere die Vertex S+ Doppelglasmodule hervorzuheben, sowohl als monofaziale wie auch als bifaziale Version. Die geringen Preisunterschiede zu p-Typ Modulen und die technischen Vorteile der N-Typ i-TOPCon Technologie in Verbindung mit den längeren Garantien und höheren zu erwartenden Erträgen liefert dem Hauseigner überzeugende Argumente für die Kaufentscheidung. Die hohe Widerstandsfähigkeit und die Bifazialität machen das Vertex S+ Modul für Dachanlagen auf Gewerbegebäuden ebenfalls interessant, denn es wird auch dort die Wirtschaftlichkeit der Anlagen erhöhen.

Im Bereich der Großanlagen sind die bifazialen Doppelglasmodule mit N-Typ-Zellen der Vertex N-Familie die absoluten Spitzenreiter für Kunden, die in ihren Projekten die Wirtschaftlichkeit maximieren möchten. Dort stehen die Stromgestehungskosten (LCOE) und lange Lebensdauer von Modulen im Fokus. □



Jedes Material kann Strom gewinnen, aber...

# ELEKTRIZITÄT AUS DER LUFT SAUGEN

Können wir in Zukunft sauberen Strom aus dünner Luft gewinnen? Ein Team von Ingenieuren an der University of Massachusetts Amherst scheint das Geheimnis gelüftet zu haben, wie jedes Material in ein Gerät verwandelt werden kann, das kontinuierlich Strom aus der Luftfeuchtigkeit gewinnt.

TEXT: University of Massachusetts Amherst BILD: iStock, y-studio

Ein Team von Ingenieuren an der University of Massachusetts Amherst hat vor kurzem gezeigt, dass sich nahezu jedes Material in ein Gerät verwandeln lässt, das kontinuierlich Strom aus der Luftfeuchtigkeit gewinnt. Das Geheimnis liegt darin, dass man das Material mit Nanoporen von weniger als 100 nm Durchmesser versehen kann. „Das ist sehr aufregend“, sagt Xiaomeng Liu, Doktorand der Elektrotechnik und Computertechnik am College of Engineering der UMass Amherst und Hauptautor der Studie. „Wir öffnen eine breite Tür für die Gewinnung von sauberem Strom aus dünner Luft.“

## Strom aus künstlicher Wolke

„Die Luft enthält eine enorme Menge an Elektrizität“, sagt Jun Yao, Assistenzprofessor für Elektro- und Computertechnik am College of Engineering der UMass Amherst und Hauptautor der Studie. „Stellen Sie sich eine Wolke vor, die nichts anderes als eine Masse von Wassertröpfchen ist. Jedes dieser Tröpfchen enthält eine bestimmte Menge an elektrischer Ladung, und wenn die Bedingungen stimmen, kann die Wolke einen Blitz erzeugen – aber wir wissen nicht, wie wir die Elektrizität von Blitzen zuverlässig einfangen können. Wir haben eine von Menschenhand geschaffene, kleine Wolke gebaut, die für uns vorhersehbar und kontinuierlich Strom produziert, so dass wir ihn ernten können“, fährt er fort.

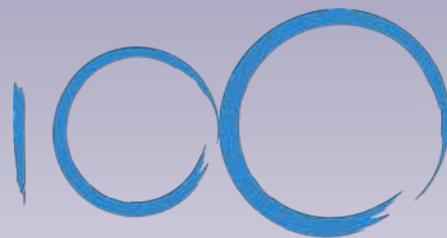
## Strom aus der Luft mit Protein-Nanodrähten

Das Herzstück der von Menschenhand geschaffenen Wolke beruht auf dem „generischen Air-gen-Effekt“, wie Yao und seine Kollegen ihn nennen, und baut auf Arbeiten auf, die Yao und Co-Autor Derek Lovley, Distinguished Professor of Microbiology an der UMass Amherst, bereits im Jahr 2020 abgeschlossen hatten und die zeigten, dass mit einem speziellen Material aus Protein-Nanodrähten, die aus dem Bakterium *Geobacter sulfurreducens* gezüchtet wurden, kontinuierlich Strom aus der Umgebungsluft gewonnen werden kann.

„Nach der Entdeckung von *Geobacter* wurde uns klar“, sagt Yao, „dass die Fähigkeit, Strom aus der Luft zu erzeugen – wir nannten das damals den ‚Air-gen-Effekt‘ –, sehr allgemein ist: Jedes Material kann Strom aus der Luft gewinnen, solange es eine bestimmte Eigenschaft hat. Es muss Löcher haben, die kleiner als 100 nm sind, also weniger als ein Tausendstel der Breite eines menschlichen Haares.“ □



# Ein Jahrhundert Technik und Elektronik



**100 JAHRE CONRAD**

Conrad und publish-industry verbindet seit vielen Jahren eine erfolgreiche und partnerschaftliche Zusammenarbeit, die wir sehr schätzen.

Wir gratulieren von Herzen zum 100-jährigen Jubiläum, sagen Danke für das Vertrauen in uns und freuen uns auf zukünftige gemeinsame, spannende Projekte.

**wöhner**  
ALLES MIT SPANNUNG



# SCHALT ZENTRALE

Wir stellen die Weichen  
für die Elektrotechnik von morgen.

[woehner.com](http://woehner.com)