

EMPOWER NET ZERO INDUSTRY **energy**

**MEHR NETZSTABILITÄT
DURCH BATTERIESPEICHER**

DIE NÄCHSTE DIMENSION DER ENERGIEVERSORGUNG!

ab Seite 8

ENERGIESPEICHER
Herausforderungen der
Speicherbranche ab S. 14

ENERGY SOLUTIONS
Wann lohnen sich PPAs
für die Industrie s. 48

SPEZIAL: WINDENERGIE
Aktuelle Lösungen und Trends
der Windenergiebranche ab S. 51

TITELBILD-SPONSOR: VERBUND

uni per

**Besuchen Sie
uns auf der
HUSUM WIND**
Halle 2
Stand 2 C10

Die Energiewende mit Windkraft gestalten

Wir investieren in flexible, steuerbare Anlagen zur Stromerzeugung und treiben den Ausbau von Windenergie sowie die Integration von Co-Location-Batteriespeichern als zentrale Elemente einer sicheren Energiezukunft voran.

Besuchen Sie uns vom 16. bis 19. September 2025 auf der HUSUM Wind und entdecken Sie, wie wir die Zukunft der nachhaltigen Energieversorgung mitgestalten.

Unsere Highlights auf der HUSUM Wind 2025

Erneuerbare Energien | Power Purchase Agreements (PPAs)

**Informieren Sie sich und vereinbaren Sie
einen Termin vorab:**
decarbolutions.uniper.energy/husum-wind/



The beating heart of energy.

Auch die nächste Ausgabe der ENERGY kostenfrei lesen?



Jetzt Leser werden!




Bernhard Haluschak, Chefredakteur E&E:

Die Energiewende verändert die Grundlagen unserer Stromversorgung grundlegend. Wind- und Solarenergie werden zunehmend zu den wichtigsten Energieträgern – doch sie speisen nicht konstant ins Netz ein. Für eine sichere, planbare und wirtschaftliche Energieversorgung braucht es deshalb ein Rückgrat: leistungsfähige Energiespeicher. Das wirft die zentrale Frage auf: Sind Energiespeicher lediglich eine praktische Ergänzung oder ein echter Gamechanger? Deshalb stelle ich heute die Frage:

SIND ENERGIESPEICHER NUR EIN „NICE-TO-HAVE“ ODER MEHR?

Während sich Batteriespeicher im privaten Bereich vor allem auf Eigenverbrauchsoptimierung konzentrieren, geht es in der Industrie um weit mehr. Großskalige Speicherlösungen übernehmen systemkritische Aufgaben: Sie stabilisieren Netze, puffern Lastspitzen, sichern Produktionsprozesse ab und ermöglichen die Integration erneuerbarer Energien in industriellen Dimensionen.

Ein zentrales Einsatzfeld ist die Netzstabilität. Große Batteriespeicher oder Power-to-X-Lösungen können innerhalb von Millisekunden auf Frequenzschwankungen reagieren – deutlich schneller als konventionelle Kraftwerke. Damit tragen sie wesentlich zur Versorgungssicherheit bei, gerade in Zeiten, in denen fossile Reservekraftwerke Schritt für Schritt zurückgefahren werden.

Auch im Lastmanagement gewinnen Speicher an Bedeutung. Unternehmen mit hohem Energieverbrauch nutzen sie, um Lastspitzen zu kappen und Netzentgelte zu reduzieren. In Kombination mit eigenen Photovoltaik- oder Windkraftanlagen lassen sich Produktionsstätten so zunehmend energieautark betreiben. Das steigert nicht nur die Wirtschaftlichkeit, sondern auch die Resilienz gegen volatile Energiepreise.

Zudem eröffnen Speicher neue Geschäftsmodelle: Industrielle Betreiber können überschüssige Energie am Markt handeln, Regelernergie bereitstellen oder als Teil virtueller Kraftwerke auftreten. Hier kommt die Digitalisierung ins Spiel: Intelligente Steuerungssysteme koordinieren Erzeugung, Verbrauch und Speicherung und schaffen damit ein hochflexibles Energiesystem.

Technologisch geht der Blick über klassische Lithium-Ionen-Batterien hinaus. Redox-Flow-Speicher bieten für den industriellen Maßstab eine vielversprechende Option, da sie große Energiemengen mit hoher Zyklenstabilität speichern können. Auch Wasserstoff hat eine Schlüsselfunktion, insbesondere als Langzeitspeicher, der saisonale Schwankungen ausgleichen kann. Gerade in der Industrie könnte er nicht nur als Energiespeicher, sondern auch als Rohstoff in der Chemie- und Stahlproduktion eine doppelte Rolle einnehmen.

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

+100 JAHRE **DYNAMIK DURCH WIDERSTAND**

Tel. +49 7144 8100-0
www.frizlen.com

INHALT

AUFTAKT

- 06 Kosmos der Energie:
Effiziente Gewinnung von Wasserstoff
- 12 Highlights der Branche

TITELREPORTAGE

- 08 Titelstory: Zukunftssichere Energie
durch intelligente Speicherlösungen

FOKUS: SPEICHERTECHNOLOGIEN

- 14 Umfrage: Welche Energiespeicher
sind langfristig vielversprechend?
- 17 Alles im Griff: So verbessern Batteriespeicher
Sicherheit, Leistung und Nachhaltigkeit
- 20 Die Sonne sicher einfangen:
Anforderungen an Batteriespeicher meistern
- 24 Brücken statt Barrieren:
Sieben Wege zu flexiblen Energiesystemen
- 28 Mobile Batteriespeicher:
Grüne Energie aus dem Container

NET ZERO INDUSTRY

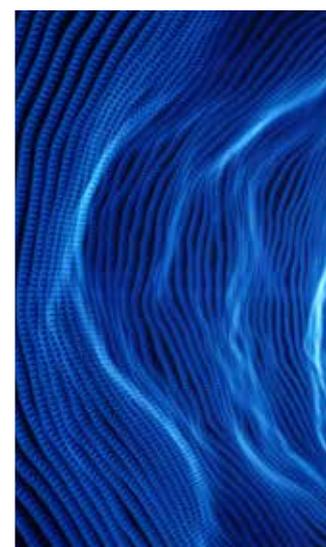
- 31 Cow-PV: Agri-Photovoltaik liefert
grünen Strom und schützt Tiere



08

TITELSTORY

Die nächste Dimension
der Energieversorgung!



Jetzt scannen
und die ENERGY
als E-Paper erhalten!

51

AB SEITE

SPEZIAL: WINDENERGIE

Das bewegt die
Windbranche 2025

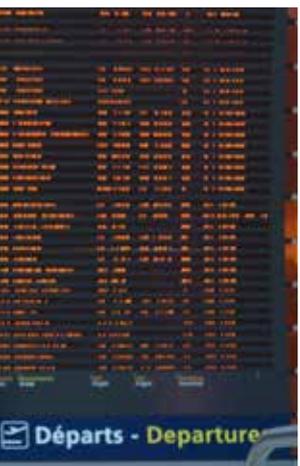


14

AB SEITE

SPEICHERTECHNOLOGIEN

Stabiles Energienetz mit
Energiespeichertechnologien gefragt



34

SMART ENERGY

Fahrplan für eine
zukunftsfähige Netzsteuerung



SMART ENERGY

- 34 Steuern der Niederspannung:
CLS-Rollout nach Fahrplan
- 38 SMGW, iMSys und MSB:
Was steckt hinter den Begriffen?

ENERGY SOLUTIONS

- 40 CO₂ runter, Daten rauf: So geht
cloudbasiertes Energiedatenmanagement
- 44 Insights zu Solarmodulen: Wie Langlebigkeit
und Recycling PV noch nachhaltiger machen
- 48 Die Chancen von grünen PPAs:
Stromlieferverträge und die Energiewende

SPEZIAL: WINDENERGIE ...AB SEITE 51

- 52 Lösungsansätze: Windenergie zwischen
Systemwandel und Marktchancen
- 54 Umfrage: Was bewegt die
Windenergiebranche auf der Husum Wind?
- 56 Störungen vermeiden: Vibrationssichere
Elektrifizierung in Windkraftanlagen
- 60 Messevorschau: Husum Wind 2025
- 63 Woher weht der Wind?
Lokale Windenergie für die Wirtschaft

RUBRIKEN

- 03 Editorial
- 39 Storyboard: SMIGHT
- 47 Impressum & Firmenverzeichnis
- 51 Innentitel: ENERCON
- 66 Rücklicht: Solarchemie der
nächsten Generation

Komposit-Bipolarplatten aus ultradünnen Polymerfolien

Effiziente Gewinnung von Wasserstoff

Durch die Herstellung ultradünner Komposit-Bipolarplatten werden Innovationen in der Wasserstofftechnologie vorangetrieben, denn die thermoplastbasierten Folien reduzieren die Dichtflächen und den Produktionsausschuss in Elektrolyseuren und Brennstoffzellen und ermöglichen dichtungsfreie Stack-Designs.

TEXT: Fraunhofer UMSICHT BILD: [Fraunhofer UMSICHT, Fraunhofer UMSICHT]



Thermisch und elektrisch leitfähige Polymere für Wasserstoffanwendungen und Heizkomponenten. Mithilfe eines patentierten, kontinuierlichen Pulver-zu-Rolle-Verfahrens können Forschende des Fraunhofer-Instituts UMSICHT ultradünne Komposit-Bipolarplatten kosteneffizient herstellen. Diese thermoplastbasierten Folien können die Basis für innovative Stack-Designs von Elektrolyseuren und Brennstoffzellen bilden. Mit ihrer Hilfe lassen sich Stacks verschweißen und dichtungsfrei bauen. Das heißt, Dichtelemente im Stack werden durch Schweißnähte ersetzt, wodurch anfällige Dichtflächen reduziert und der Produktionsausschuss verringert werden. Zudem können sowohl die Anzahl der Komponenten im Stack als auch die Anzahl der Stapelvorgänge und somit der Assemblierungsaufwand verringert werden.

Energiespeicher als Flexibilitätsoption für
Energieversorger und Stadtwerke

Zukunftssichere Energie durch intelligente Speicherlösungen

Mit dem starken Zubau erneuerbarer Energien wächst der Bedarf an kurzfristiger Flexibilität im Stromnetz rasant. Batteriespeicher schließen diese Lücke, indem sie Energie punktgenau bereitstellen, Netze stabilisieren und neue Vermarktungschancen eröffnen. Wir zeigen am Beispiel des Energieunternehmens VERBUND, wie Speicher heute in Energiesysteme integriert werden, welche Geschäftsmodelle sich für Energieversorger und Stadtwerke bieten und wie intelligente Vermarktung den wirtschaftlichen Erfolg sichert.

TEXT: Bernhard Haluschak, Energy BILDER: VERBUND; iStock, imaginima



Ein Blick ins Innere eines Batteriespeicher-Containers:

Bis Ende 2030 plant VERBUND, insgesamt 1 GW an Batteriespeicherkapazitäten zu installieren.

Die fortschreitende Energiewende bringt immer größere Anteile volatiler Wind- und Solarenergie ins Netz. Um Angebot und Nachfrage in Balance zu halten, sind flexible Lösungen gefragt – allen voran Batteriespeicher. Viele europäische Länder schaffen bereits regulatorische Erleichterungen, die Investitionen in Batteriespeicher begünstigen. In Deutschland sind Batteriespeicher mittlerweile ein fester Bestandteil des Stromsystems, und ihre Bedeutung wächst kontinuierlich. Studien prognostizieren bis 2030 einen Bedarf von mehreren Dutzend Gigawatt an neuer Flexibilitätskapazität – ein beträchtlicher Anteil davon soll durch Batteriespeicher gedeckt werden.

„Die volatilen Einspeisungen aus Wind und Sonne erfordern neue Flexibilität. Ohne den gezielten Ausbau von Speichern werden wir Angebot und Nachfrage künftig nicht mehr zuverlässig in Einklang bringen können“, betont Thomas Bächle, Geschäftsführer von VERBUND Energy4Business Germany, die Notwendigkeit von Energiespeichern.



Thomas Bächle,
Geschäftsführer der
VERBUND Energy4Business
Germany

Trotz positiver Trends bestehen weiterhin Herausforderungen. So wird etwa noch über die Höhe von Netzanschlusskosten (Baukostenzuschuss) und über Genehmigungsverfahren

für Batteriespeicher diskutiert – beispielsweise beim Bau von Großspeichern im Außenbereich.

Batteriespeicher – vom Pilotprojekt zur strategischen Säule

Als Energieversorger im deutschsprachigen Raum hat VERBUND früh die strategische Bedeutung von Batteriespeichern erkannt. Das Unternehmen betreibt aktuell 15 Batteriespeicher-Anlagen in Deutschland und Österreich mit einer Gesamtleistung von rund 110 MW und einer Speicherkapazität von etwa 130 MWh. Weitere Projekte mit mehreren hundert MWh Speichervolumen befinden sich in Umsetzung. VERBUND ist damit seit 2020 als Betreiber von Großbatteriespeichern aktiv und baut sein Portfolio kontinuierlich aus. Batteriespeicher werden vom Management als langfristige Säule der Unternehmensstrategie betrachtet – bis 2030 plant VERBUND, Speicher mit einer Gesamtleistung von etwa 1 GW in Österreich und Deutschland zu installieren, um den künftigen Flexibilitätsbedarf zu decken.

Neben eigenen Investitionen bietet VERBUND auch Dienstleistungen rund um Energiespeicher an. So fungiert das Unternehmen als Partner für die Optimierung von flexiblen Anlagen auf allen relevanten Energiemärkten. Ein Beispiel ist das Produkt „VERBUND Power-Flex“, bei dem industrielle Lasten, Erneuerbaren-Anlagen und Batteriespeicher zu einem virtuellen Kraftwerk gebündelt werden. Diese Bündelung ermöglicht es, die einzelnen Anlagen gemeinsam am Regelenenergiemarkt (Primär-, Sekundär- und Tertiärreserve) sowie an Day-Ahead- und Intraday-Strombörsen zu vermarkten – vollautomatisiert und assetbasiert. VERBUND stellt dafür die notwendige technische Infrastruktur (Fernsteuerungseinheiten, IT-Plattformen) bereit und übernimmt die Koordination zwischen den Marktsegmenten.

„Wir begleiten unsere Kunden über alle Phasen eines Batteriespeicherprojekts – von der Planung über die Ausschreibung



VERBUND und die Stadtwerke Münster realisieren zurzeit ein Großbatteriespeicher-Projekt mit einer Kapazität von >15 MW.

und Errichtung bis hin zum Betrieb und zur Vermarktung. So stellen wir sicher, dass jede Anlage optimal ins Energiesystem integriert wird“, erklärt Harald Ott, Teamleiter Batteriespeichervermarktung bei VERBUND, den Ansatz des Unternehmens.



Harald Ott, Teamleiter
Batteriespeichervermarktung
VERBUND Energy4Business

Batteriespeicher im Einsatz – vom Ladepark bis zum Netzpuffer

Batteriespeicher lassen sich in vielfältigen Anwendungsfällen einsetzen. Grob lassen sich drei Hauptfelder unterscheiden: erstens der Einsatz im Bereich Elektromobilität, zweitens in der Industrie und drittens als netzdienliche Großspeicher für Energieversorger.

Im Bereich Elektromobilität können Batteriespeicher zum Beispiel extreme Lastspitzen an Schnellladestationen abfangen, um lokale Netzanschlüsse zu entlasten. Industrieunternehmen nutzen Batteriespeicher, um Verbrauchsspitzen zu kappen (Peak Shaving) und so Leistungsentgelte zu reduzieren – etwa im Rahmen der „7.000-Stunden-Regel“ der Netzentgeltverordnung, die bei gleichmäßigem Strombezug Vergünstigungen bietet. Zudem ermöglichen Speicher Industriebetrieben,



Batteriespeicher Schwabmünchen: VERBUND unterstützt bei der Projektierung und der Bewirtschaftung der Anlage.

überschüssigen Solarstrom vor Ort zwischenspeichern und ihren Eigenverbrauch zu optimieren.

Im Utility-Scale-Bereich, also auf Ebene der Energieversorger und Netzbetreiber, werden große Batteriespeicher direkt ans Netz angeschlossen (Front-of-the-Meter), um Regelleistung bereitzustellen, Strompreis-Arbitrage zu betreiben und Netzdienstleistungen zu erbringen. Solche Großspeicher fungieren als eigenständige Flexibilitätsressource für das Stromsystem. Ein aktuelles Beispiel für einen Utility-Scale-Speicher ist die Kooperation zwischen VERBUND und den Stadtwerken Münster. Gemeinsam entwickeln die Partner einen Lithium-Ionen-Großbatteriespeicher mit 16 MW Leistung und 32 MWh Kapazität, der am Umspannwerk Hansa Business Park in Münster errichtet wird. Die Inbetriebnahme dieses Speichers ist für Anfang 2027 geplant. Hierfür haben das Energieunternehmen und die Stadtwerke Münster im Juni 2025 eine gemeinsame Projektgesellschaft gegründet. Beide Partner bündeln ihre Stärken: Die Stadtwerke stellen Standort und Netzanschluss, VERBUND übernimmt technische Umsetzung, Betrieb und die energiewirtschaftliche Vermarktung des Speichers.

„Die Kooperation mit den Stadtwerken Münster vereint die Stärken beider Partner – lokales Netzwerk und Infrastruktur auf der einen Seite sowie unsere Erfahrung in Speichertechnologie und Vermarktung auf der anderen. So lassen sich komplexe Großspeicherprojekte effizient und erfolgreich umsetzen“, erläutert Thomas Bächle die Win-Win-Situation einer solchen Partnerschaft.

„Technisch gesehen wird uns der 16-MW-Speicher in Münster ermöglichen, Frequenzschwankungen im Netz auszugleichen und flexibel auf lokale Lastspitzen zu reagieren. Damit schaffen wir einen echten Mehrwert für die regionale Stromversorgung“, führt Harald Ott aus.



Das Batteriespeicherprojekt in Diespeck, im Landkreis Neustadt – Bad Windsheim, verfügt über eine Leistung von 20,7 MW.



Pumpspeicher in Mooserboden bei Kaprun: Der etwas andere Energiespeicher – ebenfalls von VERBUND.

Mit Batteriespeichern zum Markterfolg

Damit ein Batteriespeicher wirtschaftlich betrieben werden kann, muss er optimal vermarktet und gesteuert werden. Die Erlösströme für einen Speicher ergeben sich vor allem aus der Teilnahme an den Regelleistungsmärkten (Primär-, Sekundär- und Tertiärreserve) und aus dem Handel auf den Strombörsen (Day-Ahead- und Intraday-Markt). Je nach Standort können auch Netzdienstleistungen wie Redispatch oder Spannungshaltung hinzukommen. Ein effizientes Batteriespeicher-Geschäftsmodell setzt darauf, mehrere dieser Erlösquellen parallel zu erschließen – dieses „Revenue Stacking“ maximiert die Auslastung des Speichers und die erzielbaren Einnahmen.

Die gleichzeitige Bewirtschaftung verschiedener Märkte erfordert eine intelligente, automatisierte Steuerung. VERBUND nutzt hierfür eine eigene Optimierungsplattform, die alle relevanten Marktpreise und Netzsignale in Echtzeit auswertet. Das System entscheidet fortlaufend, ob und wann der Speicher Leistung für Regelleistung vorhalten soll oder ob Kapazität für den Einsatz auf den kurzfristigen Handelsmärkten genutzt werden kann.

So kann ein und derselbe Speicher morgens Regelleistung bereitstellen und am Nachmittag überschüssigen Solarstrom aufnehmen, um ihn abends zu verkaufen. Die Software berücksichtigt dabei technische Randbedingungen wie Ladezustand, Leistungsgrenzen und die Einhaltung von Garantiebedingungen der Batterie. Auch für industrielle Kunden mit eigenen Speichern bietet das Unternehmen solche Dienstleistungen an – etwa die Optimierung von Lade- und Entladeplänen, um Netzgebühren zu minimieren und den Eigenverbrauch zu maximieren.

„Letztlich entscheidet die intelligente Vermarktung über den wirtschaftlichen Erfolg eines Batteriespeichers. Ohne eine

smarte Einsatzsteuerung würde ein Großteil des Potenzials ungenutzt bleiben“, stellt Thomas Bächle klar. „Deshalb haben wir früh in Optimierungsplattformen investiert, die unseren Speichern jederzeit den optimalen Fahrplan ermöglichen.“

„Unsere Optimierungsplattform berücksichtigt alle relevanten Märkte in Echtzeit. Wir können zum Beispiel binnen Sekunden auf Frequenzabweichungen reagieren und zugleich freie Kapazitäten im Intraday-Handel nutzen“, ergänzt Harald Ott, der die praktische Umsetzung der Speichersteuerung verantwortet.

Durch diese hochautomatisierte „Multi-Markt-Optimierung“ erzielt VERBUND mit seinen Batteriespeichern eine kontinuierliche Einnahme und stellt sicher, dass die Speicher jederzeit dort eingesetzt werden, wo ihr Beitrag den größten Wert liefert. Gleichzeitig wird die Lebensdauer der Batterien geschont, da das System unnötige Ladezyklen vermeidet und optimale Ladezustände einhält. Für Energieversorger und Stadtwerke bedeutet diese professionelle Vermarktung, dass sie sich nicht selbst um die komplexen Handelsprozesse kümmern müssen: Die Speicher werden via VERBUNDS Plattform rund um die Uhr überwacht und gesteuert, während transparente Berichte Aufschluss über erzielte Erlöse und die Anlagenauslastung geben.

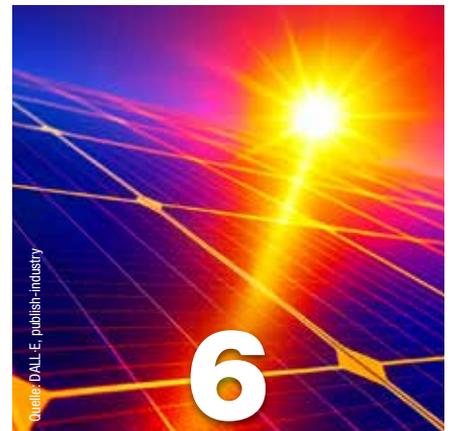
Fazit

Batteriespeicher haben sich zu einer zentralen Flexibilitätsressource im modernen Energiesystem entwickelt. Sie ermöglichen es, kurzfristige Schwankungen in Erzeugung und Last auszugleichen, Netzengpässe zu entschärfen und erneuerbare Einspeisung gezielt in verbrauchsstarke Zeiträume zu verschieben. Die Erfahrungen von VERBUND zeigen, dass sich mit ausgereifter Speichertechnik, modularen Systemarchitekturen und einer marktorientierten Betriebsführung skalierbare und wirtschaftlich tragfähige Anlagen realisieren lassen.

6

HIGHLIGHTS

Fakten, Trends und Neues: Was hat sich in der Branche getan? Aiko hat die industrielle Skalierbarkeit der BC-Solarzellen-Produktion erreicht. Solaredge liefert Wechselrichter für Solar-Satellitenschüsseln und Atlas Copco setzt erste Hybridspeichersysteme in der Praxis ein. Janitza übernimmt die Mehrheit an Digimondo. Zudem wird Ammoniak zum Schlüssel der globalen Energiewende.



Janitza erweitert Softwareportfolio

Ideale Kombination

Durch die Mehrheits-Übernahme von **Digimondo** kombiniert Janitza Energiemanagement mit IoT-Integration, um eine umfassende Lösung für Energieprozesse zu schaffen. Die **notix**-Plattform von Digimondo ergänzt die **GridVis**-Software von Janitza: Während GridVis Messdaten analysiert und Normen erfüllt, integriert und visualisiert **notix** die IoT-Daten.

Erfahren Sie mehr: industr.com/2886039

1

Alte Infrastruktur nutzen

Solar-Schüsseln

Der Telekommunikationsdienstleister **Leuk TDC** nutzt alte Satellitenschüsseln neu: zur nachhaltigen Deckung des Energiebedarfs seines Rechenzentrums. Zum Einsatz kommt DC-optimierte Wechselrichterlösung von **SolarEdge** mit Leistungsoptimierern, um Modul-Mismatches zu minimieren und die Energieproduktion und Wirtschaftlichkeit zu maximieren.

Erfahren Sie mehr: industr.com/2881695

2

Bei schwankendem Energiebedarf

Hybrid-Speicher

Das Bauunternehmen **Walo Bertschinger** hat zwei Hybridspeichersysteme von **Atlas Copco** in Betrieb genommen: Stromerzeugern und Batteriespeichern in einem. Sie speichern den erzeugten Strom und geben ihn bedarfsgerecht ab. Durch die Kombination aus Generator, Batterie und PV-Anlage werden Diesel gespart, Emissionen reduziert und Kosten gesenkt.

Erfahren Sie mehr: industr.com/2885186

3

Zur dezentralen Wasserstoffversorgung

Cracking-Technologie

Um Ammoniak als Wasserstoffträger nutzen zu können, hat das **Fraunhofer-Institut IMM** eine kompakte Cracking-Technologie entwickelt. Dadurch soll die Wasserstofflieferkette effizient und umweltschonend werden. Ammoniak könnte somit eine Schlüsselrolle in der globalen Energiewende übernehmen und die Versorgungslücke in der Wasserstoffinfrastruktur schließen.

Erfahren Sie mehr: industr.com/2882943

4

Industrie setzt auf Biomasse

7.000 t CO₂ pro Jahr

Gemeinsam mit **E.ON** hat **Gerolsteiner** den ersten Spatenstich für ein Biomasse-Heizkraftwerk gesetzt. Die Anlage soll bis zu 95 Prozent des Wärmebedarfs und 20 Prozent des Strombedarfs am Standort decken. Dadurch sollen jährlich über 7.000 Tonnen CO₂ eingespart werden, um in Zukunft nachhaltiger zu werden und unabhängiger von fossilen Energieträgern.

Erfahren Sie mehr: industr.com/2856097

5

Zukunft der Solartechnik

BC-Solarzellen

BC-Solarzellen könnten die Effizienz der kristallinen Silizium-Photovoltaik steigern. Da sie keine Gitterlinien auf der Vorderseite haben und 100 Prozent des Lichts absorbieren, erreichen sie den höchsten theoretischen Wirkungsgrad. Durch einen zweistufigen Prozess und Laserstrukturierung hat **Aiko** die industrielle Skalierbarkeit der Produktion von BC-Solarzellen erreicht.

Erfahren Sie mehr: industr.com/2884522

6

**Weil
manchmal
alles von
genau
18 Volt
abhängt.**

datatec.eu/future



Energiespeichertechnologien im Fokus

STABILES ENERGIENETZ GEFRAGT

Energiespeicher gewinnen immer mehr an Bedeutung. Sie gelten als Schlüsseltechnologie zur Stabilisierung des Stromnetzes, zur Integration erneuerbarer Energien und zur Reduzierung von Energiekosten. Deshalb stelle ich heute an namhafte Unternehmen die Frage: Welche Energiespeichertechnologien halten Sie langfristig für besonders vielversprechend?

UMFRAGE: Katharina Huber, Energy BILDER: teilnehmende Unternehmen; iStock, dashtik



SVEN BAUER

Wie in allen Bereichen gibt es langfristig nicht die eine Energiespeichertechnologie, entscheidend ist die optimale Lösung für die jeweilige Anwendung. Je nach Einsatzszenario bieten unterschiedliche Systeme das größte Potenzial. Für Heimspeicher bieten sich heute LFP-Zellen an, aufgrund Sicherheit und Preis-Leistungs-Verhältnis. Natrium-Ionen-Technologien werden hier künftig stark an Bedeutung gewinnen. Für Industrieanwendungen, Container und Peak Shaving bieten LTO, NMC und NCA hohe Zyklenzahlen, Belastbarkeit und Temperaturstabilität bis 0 Grad. Entscheidend ist nicht eine einzelne Technologie, sondern die Kombination aus Effizienz, und Nachhaltigkeit sowie die Anwendungspassung.

Gründer und Group CEO, BMZ Germany



SARAH SCHARFEN

Langfristig sehen wir hier Lithium-Ionen-Batteriegroßspeicher als die vielversprechendste Energiespeichertechnologie. Sie bieten bereits heute eine besonders effiziente und sichere Lösung zur Stabilisierung von Stromnetzen und zur Gewährleistung einer verlässlichen Energieversorgung. Dank rasanter technologischer Entwicklungen, wie etwa bei der Energiedichte, verbessern sich Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit kontinuierlich. Damit schaffen sie eine starke Grundlage für tragfähige Geschäftsmodelle und eine erfolgreiche, nachhaltige Energiewende.

Business Development Managerin,
Intilion



WAJDI ABID

Elektrische Energiespeicher gelten als Schlüsseltechnologie für die Energiewende. Langfristig bleiben Lithium-Ionen-Batterien, insbesondere LFP, führend. Sie sind ausgereift, kosteneffizient und ideal für energielastige Anwendungen. Ergänzend gewinnen Technologien wie Redox-Flow-, Natrium-Ionen- oder Solid-State Batterien an Bedeutung – dank ihrer Vorteile bei Sicherheit und Alterungsbeständigkeit. Ihr Erfolg hängt von Kostentwicklung, Skalierung und Langzeittests ab. Diese Tests finden vor allem in großen, kritischen BESS-Projekten statt. Ebenso wichtig sind Bankability, Produktionskapazität und gezielte, auch lokale Förderungen.

Head of Large Scale Storage Sales
Central Europe, SMA Solar Technology



STEFAN SCHRÖDER

Ich halte Batteriespeichersysteme, fast ausschließlich auf Lithium-Basis, für sehr vielversprechend. Lithium-Eisenphosphat-Batterien haben zwar eine geringe Energiedichte – jedoch eine höhere Lebensdauer und Sicherheit. Sie sind weniger anfällig für thermisches Durchgehen (Überhitzung oder Feuer). Aus diesem Grund hat sich diese Speicherart für Photovoltaikanlagen bereits durchgesetzt. Daneben stehen weitere Batterietechnologien, wie Natrium-Ionen- und Natrium-Nickelchlorid-Systeme in den Startlöchern. Laborergebnisse zeigen jedoch aktuell noch, dass diese alternative Stromspeicherung im Vergleich zur Speicherung in Lithium-Batterien noch deutlich höhere Verluste aufweisen.

Experte für nachhaltige
Energiesysteme, Sonepar



FERMIN BUSTAMANTE

Wir setzen bei Sonnen konsequent auf die Vernetzung von Heimspeichern zu virtuellen Kraftwerken. Einzelne Speicher im Eigenverbrauch schöpfen ihr Potenzial nur begrenzt aus. Erst im Verbund können sie aktiv Schwankungen im Stromnetz ausgleichen, die Integration erneuerbarer Energien verbessern und somit zur Stabilität des Netzes beitragen. Diese intelligente Vernetzung schafft zusätzliche Erlösquellen für Speicherbesitzer und entlastet gleichzeitig das Stromnetz, wodurch Netzkosten für alle gesenkt werden können. Die Basis dafür ist eine langlebige und robuste Batterietechnologie, die dauerhaft zuverlässige Leistung garantiert. In Kombination mit digitaler Vernetzung ist das für uns der Schlüssel für eine nachhaltige Energiezukunft.

VP Sales & Marketing DACH, Sonnen



SIMON SCHANDERT

Batteriespeicher sind in den letzten Jahren zu einer der wichtigsten Speichertechnologien geworden, weil sie weniger kosten und einen geringen ökologischen Footprint haben. Die Lithium-Eisen-Phosphat-Technologien (LFP) werden die nächsten Jahre dominieren und sich weiterentwickeln, zum Beispiel wird es noch langlebigere Zellen geben. Ob und wann auch Feststoffzellen zum Einsatz kommen, ist noch unklar. Dagegen sind Natrium-Ionen-Batterien technologisch eine spannende Alternative – sie müssen aber noch langlebiger und preislich wettbewerbsfähiger werden. Dann sehe ich in der Natrium-Ionen-Batterie eine gute Möglichkeit für die EU, sich unabhängiger vom strategisch kritischen Rohstoff Lithium zu machen.

CTO und Co-Gründer, Tesvolt



ARNE HAUNER

Zukünftig wird nicht eine Speichertechnologie dominieren, sondern ein intelligent orchestriertes Portfolio zur Ermöglichung von kurz- bis mittelfristiger Flexibilität, saisonaler Speicherung und Sektorenkopplung. Entscheidend ist, je nach Aufgabe die richtige Lösung zu wählen – unter Berücksichtigung von Zeitdimension, Energieträgerform und Systemintegration. Stromspeicher wie dezentrale innovative Flow Batterien, Natrium Ionen und Metal Air Batterien sowie zentrale Pumpspeicherkraftwerke und CAES können einen Beitrag leisten. Ferner brauchen wir thermische Speicher und molekülbasierte Speicher wie Wasserstoff, Ammoniak, Methanol oder SAF für längerfristige Speicherung und Sektorenkopplung.

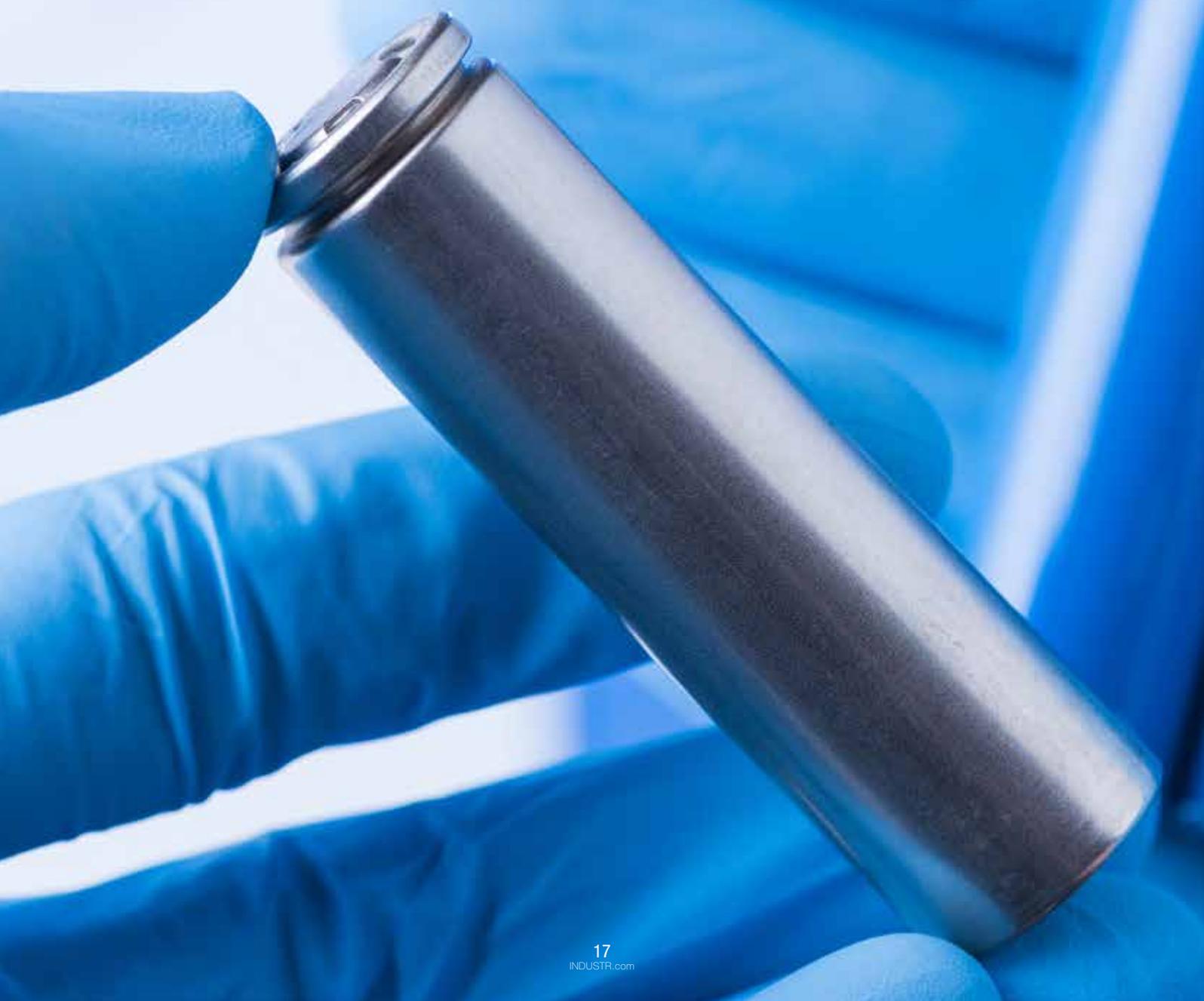
Director Innovation, Uniper

Best Practices zur Verbesserung von Sicherheit,
Leistung und Nachhaltigkeit

Batteriespeicher im Griff

Die zunehmende Nutzung von Elektromobilität und Energiespeichern stellt Batteriehersteller vor Herausforderungen. Um die Komplexität moderner Batterietechnologien zu bewältigen, werden Sicherheitstests, Leistungsprüfungen und nachhaltiges Design immer wichtiger. Aus diesem Grund unterstützt UL Solutions die Batteriehersteller mit Prüfungen im Bereich der Sicherheit, Leistung und Nachhaltigkeit.

TEXT: LaTanya Schwalb, UL Solutions BILDER: iStock, nevodka; iStock, SweetBunFactory





Batteriehersteller verbessern kontinuierlich ihre Qualitätskontrollsysteme und -verfahren von der Inline-Prüfung bis zur Endkontrolle.

In den letzten fünf Jahren ist der Verkauf von Elektrofahrzeugen (EVs) rasant gestiegen und Energiespeicherkapazitäten in Stromnetzen wurden weltweit erheblich ausgebaut. Batterien stehen im Mittelpunkt beider Trends: Sowohl für Elektrofahrzeuge als auch Energiespeichersysteme weisen Batterien die gleichen Schlüsseleigenschaften auf und werden häufig von denselben Herstellern produziert. Bis 2030 wird sich der Einsatz von Batterien weiter beschleunigen. Die Internationale Energieagentur (IEA) prognostiziert, dass weltweit eine Versechsfachung der Energiespeicherkapazität notwendig sein wird, um mit den wichtigsten Klimazielen Schritt zu halten, die eine Batteriespeicherkapazität von 1.200 GW erfordern.

Komplexität bei schneller Kommerzialisierung

Die Kommerzialisierung und Skalierung von Batterietechnologien bringt eine Reihe von Herausforderungen mit sich, die von der Batteriechemie bis zur Anwendung reichen:

Sicherheit: Unsachgemäße Handhabung, Herstellungsfehler und Fehlfunktionen in Batteriesystemen können zu Bränden und Explosionen führen. Dies stellt ein erhebliches Risiko für die Produktionsumgebung und für Endnutzer, Ersthelfer und andere dar.

Umweltauswirkungen: Verantwortungsvolles Design, Beschaffung, Herstellung und Management der Batterieentsorgung



Unsere Lösung für die modulare Messtechnik

Stark. Sicher. Stabil.

Ihr Plus für mehr Leistung



(+49) 9133-60640-0
info@pq-plus.de
www.pq-plus.de



und des Recyclings können dazu beitragen, die Umweltauswirkungen der Herstellung zu minimieren.

Leistung: Es gibt eine Vielzahl von Batteriedesigns, Leistungsmetriken und Bedingungen, denen Batterien in unterschiedlichen Umgebungen und Anwendungen ausgesetzt sind. Daher müssen Systeme, Packs und Zellen oft mit mehreren Bewertungsmethoden beurteilt werden, um potenzielle Probleme angemessen zu evaluieren.

Einhalten sich entwickelnder Standards: Damit Batteriesysteme die für die Marktakzeptanz erforderlichen Sicherheits-, Umwelt- und Leistungsanforderungen erfüllen, müssen sie mit den sich ändernden gesetzlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen Schritt halten. Diese Rahmenbedingungen entwickeln sich häufig mit den zugrunde liegenden Technologien weiter, was die Komplexität, mit der sich Hersteller auseinandersetzen müssen, weiter erhöht.

All diese Dimensionen haben Auswirkungen auf die reale Welt. Jüngste Produktionsunfälle, darunter ein Batteriebrand in einer Fabrik in Südkorea und Brände, die durch Fertigprodukte wie Elektrofahräder in New York City ausgelöst wurden, haben Dutzende von Todesopfern und viele Verletzte gefordert.

Wie Batterie-Innovatoren Sicherheit, Leistung und Nachhaltigkeit verbessern können

Viele Hersteller und OEMs werden in den kommenden Jahren ihre Produktion von Batteriespeichern hochfahren. Die nachfolgenden Punkte sind zu berücksichtigen, um beim Fertigungsausbau die Sicherheit und Leistung zu verbessern und gleichzeitig die Nachhaltigkeit zu fördern.

Sicherheitsprüfung: Hersteller können proaktiv mit qualifizierten Dritten zusammenarbeiten, um Produkte zu testen und zu zertifizieren und so sicherere Batteriesysteme auf den Markt zu bringen. Zu den wichtigsten Prüfparametern gehören:

- **Prüfung des thermischen Durchgehens:** Die Batterien werden unter Bedingungen getestet, die zu einer Überhitzung von Batteriezellen führen können, die sich auf andere Zellen ausbreiten oder einen Brand oder eine Explosion verursachen kann.
- **Kurzschlussstest:** Überprüfung der Reaktion von Batterien auf interne und externe Kurzschlüsse, um andere Sicherheitsrisiken zu vermeiden.
- **Schutz vor Überladung/Entladung:** Prüft die Fähigkeit der Batterien, übermäßige Ladungen oder Entladungen ohne Ausfall zu bewältigen.

Leistungsprüfung: Um die verschiedenen Merkmale und Bedingungen, die Leistungstests abdecken, effektiv zu bewerten, arbeiten viele Hersteller mit qualifizierten Dritten zusammen, die Leistungsparameter testen:

- **Prüfung der Batterielebensdauer:** Es wird getestet, wie viele Lade-/Entladezyklen eine Batterie durchlaufen kann, bevor ihre Kapazität unter einen nutzbaren Grenzwert sinkt.
- **Prüfung der Kapazität und Energiedichte:** Es werden Tests und Messungen bezüglich der Gesamtladung, die eine Batterie aufnehmen kann, und ihrer Energie pro Gewichts- oder Volumeneinheit durchgeführt.
- **Prüfung der Leistungsdichte:** Hier wird überprüft, wie schnell eine Batterie Energie liefern kann.

Robuste Qualitätskontrolle: Führende Batteriehersteller sind bestrebt, ihre Qualitätskontrollsysteme und -verfahren von der Inline-Prüfung bis zur Endkontrolle kontinuierlich zu verbessern. Dies ist besonders wichtig, da sich sowohl Technologien als auch Vorschriften, Normen und Zertifizierungen für Leistung und Sicherheit weiterentwickeln.

Umwelt- und Nachhaltigkeitspraktiken: Hersteller können sich auch dadurch differenzieren, dass sie der Analyse der Umweltauswirkungen ihrer Produktion und ihrer Betriebsabläufe Priorität einräumen. Dazu gehören die Durchführung von Lebenszyklusanalysen, die Verbesserung der Datentransparenz und die Entwicklung von Produkten, die sich für das Recycling oder die sichere Wiederverwendung in anderen Anwendungen eignen.

Auf neue Herausforderungen und Chancen vorbereitet sein

Proaktivität kann Herstellern und Erstausrüstern helfen, einen Vorsprung in der Batterieindustrie zu behalten, da weiterhin mit neuen Herausforderungen zu rechnen ist. Die Markteinführung größerer Batteriepacks und -systeme erfordert zum Beispiel neue Testmöglichkeiten und spezialisierte Testeinrichtungen, damit Hersteller und OEMs die Sicherheit und Leistung für alle möglichen Anwendungsbereiche ordnungsgemäß testen können. Hier unterstützt UL Solutions Hersteller bei der Bewertung und Prüfung von Produkten nach bestimmten Normen. Das Unternehmen nimmt an Arbeitsgruppen teil, um mit der Entwicklung neuer Vorschriften und Zertifizierungsanforderungen Schritt zu halten und darüber zu informieren. UL Solutions entwickelt dabei ständig neue Angebote, um auf Marktentwicklungen mit entsprechenden Lösungen zeitnah zu reagieren.





Anforderungen an Batteriespeicher **DIE SONNE SICHER EINFANGEN**

Stationäre Batteriespeicher ermöglichen eine effiziente Nutzung von selbst erzeugtem Solarstrom, erfordern jedoch umfassende Prüf- und Sicherheitskonzepte. TÜV Süd gibt einen Überblick über die technischen, rechtlichen und genehmigungsrelevanten Anforderungen für den Betrieb in industriellen und gewerblichen Umfeldern.

TEXT: Dr.-Ing. Stefan Veit, TÜV Süd BILDER: TÜV Süd; iStock, Vu Viet Dung

Der Eigenverbrauch selbst erzeugten Stroms wird für Betreiber von Photovoltaikanlagen zunehmend attraktiver – nicht zuletzt aufgrund sinkender Einspeisevergütungen und steigender Strompreise. Voraussetzung für einen wirtschaftlichen Betrieb ist jedoch die Möglichkeit, überschüssige Energie sicher zu speichern. Der Markt für Batteriespeichersysteme entwickelt sich dynamisch und bietet inzwischen eine Vielzahl modularer, vorkonfigurierter Lösungen. TÜV Süd erläutert die Anforderungen bezüglich Sicherheit, Technik und Genehmigung für den Einsatz im industriellen und gewerblichen Umfeld.

Stationäre Batteriespeicher werden als vorkonfigurierte, anschlussbereite Systeme verkauft. Mit der Inbetriebnahme und Integration werden sie jedoch zu einem festen Bestandteil der elektrischen Anlage und unterliegen damit den geltenden Vorgaben zur Prüfung und Überwachung ortsfester elektrischer Betriebsmittel.

Der Prüfbedarf ergibt sich nicht allein aus der Kapazität stationärer Batteriespeicher, sondern aus den daraus resultierenden Risiken: hohe Spannungen, Stromstärken, Energiemengen oder mögliche Brandlasten. Gehören die Speicher zur elektrischen Energieversorgung im Unternehmen, verlangt auch die Gesetzliche Unfallversicherung eine regelmäßige Überprüfung (DGUV Vorschrift 3 Elektrische Anlagen und Betriebsmittel) – insbesondere im Hinblick auf den Schutz gegen elektrischen Schlag, Kurzschluss und Brandgefahr. Die DIN VDE 0105-100/A1 (Betrieb/Prüfung von elektrischen Anlagen) konkretisiert diese Prüfanforderungen und stellt sicher, dass Betrieb, Wartung und Prüfung elektrischer Anlagen systematisch erfolgen.



Batteriespeicher in Gebäuden unterliegen zusammen mit der elektrischen Anlage zahlreichen berufsgenossenschaftlichen und versicherungsrechtlichen Prüfpflichten.

Die Art der Nutzung, Umgebungsbedingungen und potenzielle Gefährdungen fließen in die Festlegung von Art, Umfang und Intervallen der Prüfungen ein. Auch thermische Risiken, Alterungsprozesse von Komponenten sowie der Zustand von Sicherheitseinrichtungen spielen eine wichtige Rolle. Ergänzend können Prüfungen zur Funktion der Kommunikationseinrichtungen, zur Zustandsbewertung des Batteriemangement-systems (BMS) oder zur Integrität der Schutzmaßnahmen nach DIN VDE 0100-410 nötig sein.

Integration ist entscheidend

Auch wenn PV-Anlage und Speicher jeweils normgerecht installiert und geprüft sind, entstehen Risiken an den Schnittstellen zur bestehenden Gebäudeinfrastruktur. Mit zunehmender Systemvernetzung steigt die Komplexität – eine klare Definition von Zuständigkeiten und Schnittstellen zwischen Gewerken ist daher unerlässlich.

Insbesondere bei sicherheitsrelevanten Funktionen wie Netz-ersatzbetrieb, Notstromversorgung oder Abschaltung müssen Verfügbarkeitsanforderungen, Lastprofile und Betriebsmodi exakt aufeinander abgestimmt sein. Während ein Speicher für Ladeinfrastruktur nur eine eingeschränkte Versorgungssicherheit erfordert, gelten für sicherheitskritische Systeme deutlich strengere Anforderungen. Diese Unterschiede müssen bereits bei der Planung und Integration berücksichtigt werden.

Installation und Betrieb

Der Aufstellort für stationäre Batteriespeicher unterliegt abhängig von Größe und Nutzung rechtlichen und technischen Anforderungen. Die aktualisierte Muster-EltBauVO enthält hierzu konkrete Vorgaben – etwa zu Brandlasten, Lüftung, Abschottung und der Einbindung in die Gebäudesicherheitstechnik. In bestimmten Fällen kann eine brandschutztechnische Bewertung oder die Anbindung des Speichers an eine Brandmeldeanlage

Electrify your System!

Get ready for the All Electric Society

Fachkräftemangel, fehlende Digitalisierung, Zeit- und Kostendruck: Die Herausforderungen auf dem Weg zur All Electric Society sind vielfältig. Es braucht innovative Lösungen, die Prozesse standardisieren und automatisieren. Genau dafür stehen Rittal und Eplan. Mit integrierten Hard- und Softwarelösungen unterstützen wir Sie beim Aufbau von dezentralen Energiesystemen – von der Energieerzeugung, -übertragung und -speicherung bis hin zum Energieverbrauch. Damit werden Sie zum Möglichmacher der Energiewende.

Be part of the Change:
www.rittal.de/Moeglichmacher



gefordert sein. Die Einbindung in das Brandschutzkonzept wird empfohlen. Große Batteriespeicher sind oft in eigenen Containern untergebracht. Diese stellen die Feuerwehr im Brandfall vor besondere Herausforderungen. Deshalb finden bei einigen Herstellern spezielle Löschrainings für die Einsatzkräfte statt.

Die Kapazität ist ebenfalls entscheidend für den sicheren und wirtschaftlichen Betrieb. Hier sollte über die gesamte Lebensdauer regelmäßig überprüft werden, ob ein Speicher seine Nennleistung (noch) erbringen kann. Experten raten, die Leistungsfähigkeit auf jeden Fall vor Ablauf der Gewährleistung (in der Regel zwei Jahre, viele Hersteller gewähren freiwillig fünf oder mehr Jahre) zu überprüfen. Die freiwillige Prüfung lässt sich sehr gut mit den ohnehin gesetzlich vorgeschriebenen Sicherheitsprüfungen verbinden.

Empfehlungen

Der Bundesverband Energiespeicher Systeme e.V. (BVES) hat 2021 einen Leitfaden herausgegeben, in dem er explizit eine strukturierte Betriebssicherheitsstrategie empfiehlt. Bestandteile dieser Strategie sind eine erste Prüfung bei Inbetriebnahme, ein Brandschutz-Check im Rahmen der Sicherheitsprüfung sowie ab einer Kapazität von über 50 kWh die Abstimmung mit der Feuerwehr. Sorgfältige Dokumentation aller Systemparameter und der Integration trägt ebenso zur Betriebssicherheit bei wie geschultes Personal und der Nachweis über diese Schulungen.

Gängige Speichertechnologien und ihre Risiken

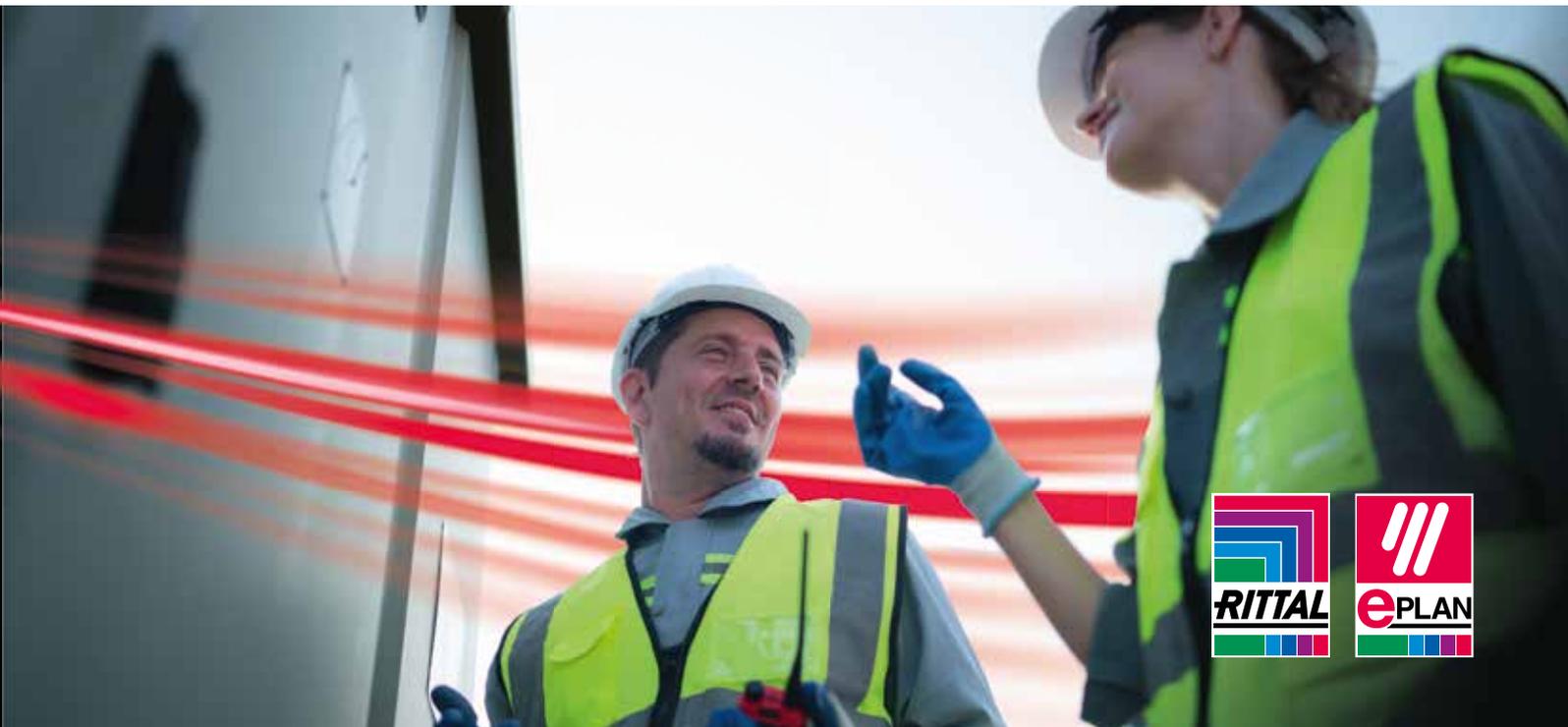
Gewerbliche und industrielle Anwendungen nutzen verschiedene Systeme, um Solarstrom zu speichern. Die gängigste

Technologie, die in 95 Prozent der Neubauten eingesetzt wird, sind Lithium-Ionen-Systeme mit verschiedenen chemischen Zusammensetzungen (zum Beispiel Lithium-Titanat, Nickel-Mangan-Kobalt oder Lithiumeisenphosphat). Als Folge von Überhitzung (thermisches Durchgehen) können diese Systeme zum Teil in Brand geraten oder explodieren. Rückzündungen nach ersten Löschrainings stellen eine zusätzliche Gefahr dar.

Gleichzeitig können toxische Gase entstehen oder das Wasser durch Elektrolyte kontaminiert werden. Diese Gefahren machen Brände im Zusammenhang mit Lithium-Ionen-Speicher besonders komplex und gefährlich. Deshalb kann bei Verwendung dieser Technologie eine Gefährdungsbeurteilung gemäß BetrSichV vorgeschrieben sein, die sowohl die Prüfintervalle als auch die Prüfinhalte festlegt.

Für höhere Zyklenzahlen und Kapazitäten ab 100 kWh werden häufig Redox-Flow-Systeme eingesetzt. Diese speichern die Energie im Unterschied zur klassischen Batterie in flüssigen Elektrolyten in einem externen Tank. Die Elektrolyte können korrodieren und müssen gemäß der BetrSichV und der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) als Gefahrstoffe gelagert werden.

Anwendungen mit geringerer Energiedichte oder Pilotprojekte verwenden vielfach Natrium-Ionen-Batterien. Deren Gefahrenpotenzial ist deutlich geringer als das anderer Technologien, es fehlt allerdings noch an Langzeiterfahrungen. Im Spitzenlastmanagement finden sich häufig auch noch hybride Lösungen, zum Beispiel als Kombination aus Batterie und Schwungrad oder Kondensatoren.



Wege zu flexiblen Energiesystemen

Brücken statt Barrieren

Batteriespeicher sind für eine klimafreundliche Energieversorgung unverzichtbar. In Deutschland stehen sie jedoch vor großen Hürden. Fragen zu Baukostenzuschüssen, Netzentgelten, Tempolimits und der Integration in Energiemärkte bremsen den Ausbau. Durch gezielte Reformen können die Potenziale von Batteriespeichern für Versorgungssicherheit, Netzentlastung und Klimaschutz gehoben werden.

TEXT: Eco Stor BILDER: iStock: GeorgePeters, AndreyPopov, zhudifeng

Batteriespeicher sind keine Zukunftstechnologie mehr, sondern weltweit in einer Vielzahl von Anwendungen Realität geworden und nicht mehr aus unserem Alltag wegzudenken. Mit ihren system- und netzdienlichen Eigenschaften sind sie zu einem zentralen Baustein der Energiewende geworden, in der Wind- und Sonnenenergie eine immer größere Rolle spielen. Ob als Puffer für volatile Einspeisung, als Ersatz für Reservekraftwerke oder zur Netzentlastung: Speicher sind vielseitig einsetzbar und ohne jegliche Förderung wirtschaftlich tragfähig.

Auf dem Weg zu einer flächendeckenden Versorgung mit Speichern in Deutschland gibt es noch mehrere Hürden zu überwinden. Auch wenn jede einzelne bewältigbar erscheint, können sie zusammengenommen den Speicherhochlauf deutlich ausbremsen. Was sich für die Speicherbranche wie die Bürde der sieben biblischen Plagen anmuten könnte, sollte im Sinne einer konstruktiven Herangehensweise als sieben Brücken verstanden werden, über die man im Dialog zwischen Politik, Netzen und Speicherbranche gehen beziehungsweise sich aufeinander

zubewegen muss. „Die Herausforderungen der Speicherbranche sollten nicht als Bürde, sondern als sieben Brücken verstanden werden, über die Politik, Netzbetreiber und Branche gemeinsam in den Dialog treten können“, Georg Gallmetzer, Geschäftsführer der Eco Stor. Dazu sind klare politische Weichenstellungen, strategische Entbürokratisierung und ein mutiger Blick auf die Energiemärkte von morgen gefragt. Ist das Gewicht der Belastungen zu hoch, brechen die Brücken und damit die Chance auf eine kostengünstige Transformation der Energieversorgung ein. Damit das nicht passiert, bedarf es einer offenen Debatte mit Blick auf alle sieben Herausforderungen.

1. Baukostenzuschüsse fair gestalten

Batteriespeicher werden beim Netzanschluss wie industrielle Verbraucher behandelt und müssen entsprechend hohe Baukostenzuschüsse zahlen. Hierfür hat der Bundesgerichtshof den Netzbetreibern im Juli 2025 in einem Grundsatzurteil einen weiten Ermessensspielraum eingeräumt. Die Folge sind erhebliche



Zusatzkosten gegenüber klassischen Erzeugungsanlagen. Der BGH hat allerdings einen ersten Brückenpfeiler angelegt: wenn durch den Betrieb des Speichers Netzausbau nicht verursacht wird, kann der Netzbetreiber von der Erhebung von Baukostenzuschüssen absehen. Nun sind Bundesregierung und Bundesnetzagentur am Ruder, Klarheit zur Ausgestaltung nicht netzausbauverursachender Voraussetzungen zu schaffen, anhand derer Batteriespeicher rechtssicher von der Erhebung von Baukostenzuschüssen ausgenommen oder in erheblichem Ausmaß rabattiert werden. Hier ist beispielhaft das Stichwort der Einführung flexibler Netzanschlussverträge zu nennen, die nicht netzbelastendes Verhalten vorschreiben und eine praxistaugliche Grundlage für die Differenzierung bei der BKZ-Erhebung bilden können.

2. Netzentgelte Systemdienlich reformieren

Stromspeicher sind gemäß §118 (6) EnWG bis August 2029 von Netzentgelten befreit. Danach droht jedoch eine vollständige Entgeltspflicht, was Batteriespeicher in systemdienlicher Betriebsweise vor nicht finanzierbare Zusatzkosten stellen würde. Dass Netznutzer einen angemessenen Beitrag zur Finanzierung der Netzinfrastruktur zahlen sollen, ist unbestritten – man kann das mit der Autobahnmaut vergleichen. Wenn Batteriespeicher durch ihr Verhalten jedoch die Netzinfrastruktur entlasten, müsste das gerechterweise entlastend auf die Erhebung der Entgelte wirken,

also wie ein Mautrabatt auf der Straße. Darüber hinaus können Netzbetreiber mit gezielten Netzentgelt-Preissignalen das Verhalten von Speichern präzise und zuverlässig im Sinne der Netzdienlichkeit lenken.

Mit dem Zielmodell dynamischer Netzentgelte würde eine Win-Win-Win-Situation geschaffen, wie es eine von Eco Stor beauftragte und von Neon durchgeführte Studie belegt: Speicher verhalten sich mit dynamischen Netzentgelten deutlich netzdienlicher als ohne, Netzbetreiber sparen deutlich an Netzkosten, und die Netzentgelte sinken schlussendlich für die Letztverbraucher. Die technische Umsetzbarkeit wäre über Verfahren der kurzfristigen Engpassprognosen sichergestellt, wie sie viele der großen Netzbetreiber bereits ausüben oder deren Einführung planen. Es obliegt nun der Bundesnetzagentur, sich über die Brücke der komplexeren dynamischen Netzentgelte zu wagen. Die Studie hat dazu einen ersten Brückenpfeiler gesetzt.

3. Tempolimit auf Batteriespeicher

Netznutzer sollen zur dedizierten Wahrung der Netzstabilität nicht beliebig schnell in beliebigem Umfang ihre Leistung am Netz ändern, sonst können es Netzbetreiber im Falle eines Netzengpasses diesen nicht rechtzeitig erkennen und gegensteuern. Aus Sorge vor solchen Systeminstabilitäten burden Netzbetreiber



Die stille Revolution: Batteriespeicher bringen Stabilität ins Stromnetz und können der Schlüssel zur Energiewende sein.

Batteriespeichern deshalb bei der Leistungsänderung ein hartes Tempolimit weit jenseits der gängigen Normen auf. Gleichzeitig können Batteriespeicher technisch wesentlich schneller regeln als sämtliche thermische Kraftwerke und Erneuerbare – ein Vorteil, der derzeit oft ungenutzt bleibt. Am Beispiel des Blackouts in Spanien im April 2025 hätte eben dieser Vorteil mit einer Flotte von Speicherkraftwerken dämpfend auf die Netzinstabilität gewirkt und den Blackout eventuell sogar verhindert, aber mindestens dessen Ausbreitung eingedämmt.

Nicht zuletzt bedeutet ein Tempolimit – auch Rampenrestriktion genannt – einen erheblichen wirtschaftlichen Nachteil für die Betreiber. Vor allem kurzfristige Störungen im Stromsystem beinhalten ein starkes Preissignal, das durch das Limit in den Leistungsrampen nicht mehr genutzt werden kann. Ein Tempolimit für Batteriespeicher muss also in Abwägung zwischen den Nachteilen der Blackout-Prävention und Anlagenwirtschaftlichkeit sowie der sicheren und zuverlässigen Netzengpass-Vorbeugung getroffen werden. Mit moderner Digitalisierung der Netzfürung, verbesserten Prognoseverfahren und höher automatisierten Netzüberwachungssystemen lassen sich diese Maßnahmen heute sicher und kontrolliert umsetzen. Dies wird aufgrund der benötigten Infrastrukturänderungen nicht mittelfristig fertig sein, sollte aber zeitnah begonnen werden.

Das Ziel muss es sein, Tempolimits nur dann zu verhängen, wenn sie aus Gründen der Verkehrssicherheit nötig sind, sonst aber nicht. Eine etablierte Praxis deutscher Verkehrspolitik. Eco Stor und auch diverse Netzbetreiber (zum Beispiel einige EON-Töchter, Allgäunetz, LVN) haben daher begonnen, an ihren Anlagen unter dem Schlagwort „digitaler Zwilling“ für die Engpassprognose Brückenpfeiler für die Überwindung des Digitalisierungsrückstands in der Netzinfrastruktur zu setzen, um passgenaue Lösungen auch im Hinblick dynamischer Rampeneinschränkungen zu entwickeln.

4. Einspeisrestriktionen feinjustieren

Netzkapazität ist ein knappes Gut und vielerorts bereits ausgeschöpft. In bestimmten Netzsituationen gelten dann pauschale Einspeisebeschränkungen. Was deutlich nützlicher und weniger schädlich für alle Beteiligten ist, sind feinjustierte Einspeisevorgaben, die netzschädliches Verhalten verhindern und alle anderen Zeiten von Betriebsbeschränkungen präzise ausklammern. Der Gesetzgeber hat mit der Einführung flexibler Netzanschlussverträge dazu die Grundlagen gelegt. Nun muss die Branche in einem Dialog zwischen Netzbetreibern und Speicherbetreibern konkrete Regelungen ausgestalten.

Dabei ist eine präzise und deshalb dynamische Vorgabe der Leistungsbeschränkung unerlässlich, um starre und unnötige Restriktionen zu verhindern. Nicht zuletzt hierfür sind digitale Zwillinge in der Netzengpass-Prognose ein wichtiges Tool, wie auch bei Rampen. Am Standort Bollingstedt – dem derzeit größten Batteriespeicher Deutschlands – ist ein dynamisches Netzmodell im Einsatz, das von Eco Stor entwickelt wurde. Dieses könnte Vorbild für flexible Netzanschlussverträge der Zukunft sein.

5. Regelleistungsbegrenzungen mit Maß

Die Teilnahme an Regelleistungsmärkten ist für Batteriespeicher zumindest noch in diesem Jahrzehnt ein wichtiger Erlöspfad. Allerdings ist es für Verteilnetzbetreiber schwer nachvollziehbar, knappe Netzkapazität für die Stabilisierung des europäischen Verbundnetzes aus Anlagen an ihrem Netz zu reservieren. Deshalb werden von Netzbetreibern zunehmend Teilnahmeverbote oder restriktive Obergrenzen für die Teilnahme von Speicherbetreibern an Regelleistungsmärkten verhängt. Eine Kappung der Regelleistungs-Teilnahme sollte das letzte verbleibende Mittel sein, ist es aber häufig nicht.

Batteriespeicher sichern die Netzstabilität über Regelleistungsmärkte, stoßen jedoch zunehmend auf Restriktionen seitens der Netzbetreiber aufgrund begrenzter Netzkapazitäten.



Auch Verteilnetzbetreiber profitieren von stabiler Netzfrequenz. Insbesondere durch den Wegfall von Massenträgheit im Stromsystem aufgrund des Kohle- und Atomausstiegs müssen neue Wege für Stabilität gewählt werden. Die Einführung des Markts für Momentanreserve wird die Lücke decken. Doch auch hierfür braucht es Anlagen, die an dem Markt teilnehmen, auch im Verteilnetz. Eine Brücke könnten hier zeitvariable, Engpassabhängige Regeln zur Regelleistungs-Teilnahme sein. Sie sind ein milderes und genauso zweckmäßiges Mittel, das einer pauschalen Restriktion vorzuziehen ist – ein weiterer Schritt nach vorne auf einer der Brücken, die es zu überschreiten gilt.

6. Batteriespeicher in Redispatch einbinden

Die Batteriespeicher werden häufig nicht im Redispatch eingebunden, da es erhebliche Unsicherheit bezüglich des Speicherfahrplans und dessen Vergütung gibt. Um einen Batteriespeicher in der Redispatch-Planung berücksichtigen zu können, muss der Netzbetreiber mit einem erheblichen Vorlauf Bescheid wissen, wie sich der Speicher verhalten wird. Eine Vorfestlegung der Fahrplanposition bedeutet für den Speicher allerdings, dass er für kurzfristige Marktsignale nicht mehr zur Verfügung steht. Dies ist einerseits problematisch für den Strommarkt, weil dem Markt kurzfristige Flexibilität entzogen wird. Es wirkt sich auch negativ auf für die Speichergeschäftsmodelle aus, da ein Teil der Markterlöse am kurzen Ende vor Erbringung vorenthalten bleibt.

Um eine Speicherflotte in dem für Deutschland prognostizierten Zubaubedarf in Höhe von 50 GW zu realisieren, ist jedoch eine Einbindung in den Redispatch und insbesondere eine Vorfestlegung von Fahrplänen unumgänglich. Wir müssen also unbedingt eine regulatorische Brücke finden, um einerseits den Netzbetreibern mehr Planungssicherheit zum Speicherverhalten zu schaffen, als auch die wirtschaftlichen Konsequenzen für die

Batteriespeicher abzumildern. Eine Vereinbarung zur trichterartigen Fahrplan-Festlegung über die Zeit vor Erbringung könnte ein Lösungsansatz sein.

7. Flexibilitätsmärkte vor Kannibalisierung

So wie Krankenhäuser Notstromaggregate vorhalten, sind Netzbetreiber dazu verpflichtet, Versorgungsengpässe abzusichern. Im Zweifel könnte dies mit zusätzlichen Kapazitäten geschehen und darf Geld kosten. Ein subventionierter Kraftwerkszubau bewirkt allerdings eine klare Marktverzerrung zulasten sauberer Technologien und langfristiger Flexibilitätsoptionen.

Zielführender kann eine Marktöffnung für alle Technologien mit einheitlichen Kriterien (zum Beispiel Reaktionszeit, CO₂- Intensität, Verfügbarkeit) und ihre technologische Gleichbehandlung sein. Deutschland ist mit dem Problem der Leistungsabsicherung in Zeiten der Dunkelflauten nicht allein. Allerdings hat man in anderen Ländern Wege gewählt, eine nicht marktverzerrende und trotzdem sichere Regelung zu Kapazitätsmechanismen zu finden. Diese Brücke muss nicht neu erfunden, sondern aus anderen Ländern (wie zum Beispiel Belgien) nachgebaut werden.

Brücken bauen statt Barrieren bewahren

Das Überschreiten dieser sieben Brücken ist keine Utopie – sie ist machbar. Jede einzelne steht für eine konkrete Stellschraube im regulatorischen Gefüge mit verschiedensten Interessensgruppen, die heute noch den Fluss marktwirtschaftlicher, technologischer und klimapolitischer Potenziale hemmt. Mit dialogorientierter Ausgestaltung und klarem Systemverständnis könnten wir zum Taktgeber für ein flexibles, resilientes und emissionsfreies Energiesystem werden – mit Batteriespeichern als tragendem Pfeiler. Wir müssen es nur wollen.

Mobile Batteriespeicher im Fokus

GRÜNE ENERGIE AUS DEM CONTAINER

Weltweit wächst der Bedarf an sauberer und flexibler Energie: Das Unternehmen SmartGrid will die Integration erneuerbarer Energien beschleunigen, indem umweltschädliche Stromerzeugungstechnologien wie Dieselgeneratoren durch leicht skalierbare Batteriespeichersysteme ersetzt werden. Bachmann electronic ist an dem Konzept für ein intelligentes Stromnetz auf Containerbasis beteiligt, das im Hafen von Arnheim seine Feuertaufe bestanden hat und weiterentwickelt wird.

TEXT: Frank Fladerer, Journalist

BILDER: Bachmann electronic; iStock, Shutter2U



Das in den Niederlanden ansässige Unternehmen SmartGrid wurde 2019 als Ableger von Super B Lithium Power gegründet und hat sich auf die Produktion von hochwertigen Lithiumbatterien spezialisiert. Das Konzept für Batteriespeichersysteme auf Containerbasis entstand im Rahmen eines Projekts zur Erhöhung der verfügbaren Netzleistung im Hafen von Arnheim (Niederlande) durch eine Kombination aus Batterien, Wind- und Sonnenenergie. Die Herausforderung bestand darin, ein Energiesystem zu entwickeln, das in der Lage ist, das Netz zu stützen und zu stabilisieren.

Im Rahmen der Systemmodellierung arbeitete SmartGrid mit den Experten von Controllab zusammen, die robuste Hardware und die offene Software-Plattform von Bachmann für SPS-Systeme vorstellten. Auf der Grundlage der im

Rahmen des Arnheim-Hafenprojekts gesammelten Erfahrungen beschloss das Team von SmartGrid, das bewährte Konzept der mobilen Batteriespeichersysteme weiterzuentwickeln.

Mobiles System stützt das Netz

„Das Ziel war es, ein voll funktionsfähiges mobiles System zu liefern, das in der Lage ist, das Netz zu stützen und zu versorgen, und das für den Regel-Energiemarkt einsatzbereit ist“, erläutert Harry Roewen, CTO von SmartGrid. „Außerdem musste alles auf kleinstem Raum untergebracht werden.“ Um dies zu erreichen, war eine Kombination verschiedener Technologien erforderlich, beispielsweise aus Wechselrichtersystemen und Batterien. Die Entwickler mussten darüber hinaus sicherstellen, dass die Batterien durch die Steuerung über viele Jahre hinweg in gutem

Zustand gehalten werden. „Der ordnungsgemäße Umgang mit den Batterien, also die Vermeidung von Überladung, Unterladung oder sogar Tiefentladung, ist keine triviale Angelegenheit. Dabei mussten viele verschiedene Parameter berücksichtigt werden“, so Harry Roewen.

Für die Netzunterstützung greift das Team von SmartGrid auf die Netzmess- und Schutzmodule von Bachmann zurück. Zum Einsatz kamen das Netzerfassungs- und Schutzmodul GMP 232 und sein kleiner Bruder, das Netzerfassungsmodul GM260. Das GMP 232 ermöglicht eine sichere, zuverlässige und schnelle Messung aller relevanten Größen elektrischer Drehstromnetze. Darüber hinaus stehen zahlreiche Überwachungsfunktionen für den Schutz von Erzeugungseinheiten und Netz zur Verfügung. Zur hochpräzisen Erfassung von bis zu 24 Messkanälen während



We keep your industry alive

Industrien zum Leben erwecken – das ist unsere Bestimmung. Unser Ziel: das Beste aus ihren Industrien herauszuholen.

Unsere Leitungen sind die Lebensadern der Industrie und verteilen Energie dorthin, wo sie gebraucht wird. Wir liefern zuverlässige Verbindungen für Ihr Projekt, für Ihr Unternehmen, für Ihre Branche.

www.lapp.com



Ein SmartGrid-Batteriespeichersystem im 10-Fuß-Container: Ein vollständig geladenes SmartGrid-500-kWh-Batteriesystem kann genug sauberen Strom für 15 vollständige Ladezyklen eines kleinen Baggers liefern.



SmartGrid setzt auf Datenerfassung: Das Netzerfassungs- und Schutzmodul GMP 232 von Bachmann ermöglicht eine sichere, zuverlässige und schnelle Messung aller relevanten Größen elektrischer Drehstromnetze.

Alarm-/Schutzereignissen ist das Modul mit einem integrierten Echtzeitdatenrekorder ausgestattet. Fehlerereignisse werden laufend protokolliert und mit einem hochauflösenden Zeiteintrag dauerhaft abgelegt. Das Netzerfassungsmodul GM260 misst hingegen ausschließlich die anliegenden Größen.

„Besonders zufrieden sind wir mit den von den Netzmodulen gebotenen hochgenauen Messungen. Es ist wichtig, präzise zu wissen, was in das System eingespeist wird und was wieder abgegeben wird – das garantieren wir unseren Kunden“, so Michel Bodegraven, Sales Operations Lead von SmartGrid.

Eingesetzt wurde bei dem Projekt auch das Prozessormodul MC212, das unter anderem mit einem 1,3GHz-DualCore-Prozessor, 2GB DDR4, zwei Eth100/1000-Anschlüssen sowie je einem RS232- und einem RS232/422/485-Anschluss sowie einem USB3.0-Anschluss ausgerüstet ist. Zudem sind Ein- und Ausgabemodule wie das DI232 und das DO232 an dem Steuerungssystem beteiligt. Das Netzteilmodul NT255 mit seinen primären Designschwerpunkten die auf Lebensdauer und Robustheit liegen, bietet bis zu 80 Prozent längere Pufferzeiten bei kurzzeitigen Spannungseinbrüchen und großzügige

Leistungsreserven (55 W Spitzenleistung) für temporäre Überlasten. Damit eignete es sich für das SmartGrid-Konzept.

Die Kombination aller erforderlichen Funktionalitäten stellte eine große Herausforderung dar, und eine wichtige Aufgabe des Projekts war die Entwicklung einer intuitiven und benutzerfreundlichen grafischen Benutzeroberfläche, die eine unkomplizierte Einrichtung und Steuerung des Systems ermöglicht.

Intelligent und flexibel

Das Ergebnis der intensiven Entwicklungsarbeit ist ein intelligentes und flexibles Batteriespeichersystem auf Containerbasis, das in 10- oder 20-Fuß-Containern Platz findet. Das modulare System ermöglicht die flexible Ergänzung von Wechselrichtern und Batterien: Von wenigen Kilowattstunden bis zu mehreren Megawattstunden. Außerdem können Container zu größeren Systemen kombiniert werden – entweder auf der AC-Seite für mehr Leistung oder auf der DC-Seite für mehr Kapazität. In vielen Ländern ist die Verwendung von Dieselgeneratoren für die Energieversorgung bereits eingeschränkt worden, so beispielsweise auf Baustellen und bei Veranstaltungen im Freien. Aber auch in vielen Häfen

dürfen die Schiffsmotoren mittlerweile nicht mehr zum Laden der Schiffsbatterien verwendet werden, so dass Speicherlösungen in den Häfen zunehmend wichtiger werden, um die Stromnetze zu stabilisieren. Die SmartGrid-Batteriespeichersysteme wurden mit Blick auf solche Anwendungen nach den höchsten Sicherheitsstandards konzipiert und bieten eine robuste und zuverlässige Alternative mit sauberer Energie. Dies macht sie für viele Branchen einsetzbar, in denen Emissionsfreiheit angestrebt wird. SmartGrid-Produkte sind aber auch gut geeignet, um die Stabilität des vorhandenen Netzes zu unterstützen.

Die Nachfrage nach SmartGrid-Produkten steigt an und mit ihr auch die Nachfrage immer weitergehenden Funktionen. Deshalb war es für SmartGrid wichtig, den richtigen Partner zu wählen. „Es war uns sehr wichtig, die Mitarbeitenden und die Unternehmenskultur von Bachmann kennenzulernen“, betont Harry Roewen. „Wir haben uns für Bachmann entschieden, weil wir mit einem nachhaltigen Partner sicherstellen können, dass wir dem Wettbewerb mit unseren Produkten immer einen Schritt voraus sind.“

 Halle 5,
Stand B07

Agri-Photovoltaik liefert Strom
und schützt Tiere

Grüne Energie mit Cow-PV

Nestlé errichtet am Standort Biessenhofen eine Agri-Photovoltaik-Anlage, die Solarstrom für die Produktion liefert und gleichzeitig als Schattenspender für die Rinder dient. Das Projekt verbindet erneuerbare Energie mit landwirtschaftlicher Nutzung und ist Teil der CO₂-Reduktions- und Elektrifizierungsstrategie von Nestlé. Die Inbetriebnahme ist für Ende 2025 geplant.

TEXT: BayWa r.e. BILDER: BayWa r.e.; iStock, mirjanajovic

Angrenzend an das Nestlé-Nutrition-Werk in Biessenhofen hat Nestlé mit dem Bau einer Agri-Photovoltaik-Anlage begonnen. Diese entsteht auf einer landwirtschaftlichen Fläche eines ortsansässigen Landwirts, die künftig auch für die Haltung von Kühen und Kälbern sowie zur Heugewinnung genutzt werden soll. Mit dem Strom aus der zukünftigen PV-Anlage kann ein

wesentlicher Teil des Strombedarfs der Fabrik gedeckt werden. Außerdem dienen die Solarpaneele als Schattenspender und Unterstand für die Tiere.

Solarstrom für die Produktion und Schatten für die Kühe

Nestlé Deutschland will mit dem Bau der Agri-Photovoltaik-Anlage (Agri-PV)

auf dem Werksgelände in Biessenhofen (Bayern) ein Zeichen für Nachhaltigkeit und erneuerbare Energien setzen. Dabei verbindet Nestlé die Erzeugung von Solarstrom für die eigene Produktion mit einer Weide- und Schattenfläche für die Tiere. Nach der Einrichtung der Baustelle wurden Mitte März die ersten Pfosten für die Unterkonstruktion zur Befestigung der Solarmodule im Boden gesetzt.



Mit einer Agri-Photovoltaik-Anlage auf dem Werksgelände in Biessenhofen setzt Nestlé Deutschland auf Nachhaltigkeit und erneuerbare Energien.

Die Fertigstellung und Inbetriebnahme ist für die zweite Jahreshälfte 2025 geplant.

Die Anlage entsteht auf einer 4,74 ha großen Fläche in unmittelbarer Nachbarschaft des Nestlé-Nutrition-Werks und soll direkt an den Produktionsstandort angeschlossen werden. Mit einer installierten Spitzenleistung von 4,5 MW kann über die PV-Anlage voraussichtlich rund ein Viertel des Werkstromverbrauchs gedeckt werden, was etwa dem Jahres-Stromverbrauch von 2.000 Einfamilienhaushalten entspricht. Nestlé investiert rund 3 Millionen Euro in das Projekt, das vom Erneuerbare-Energien-Unternehmen BayWa r.e. mit seiner ausgewiesenen Expertise im Bereich Agri-PV realisiert wird.

Besonderheit der Anlage ist, dass die Fläche gleichzeitig für die Haltung von Kühen und Kälbern sowie die Heuerzeugung vorgesehen ist. Somit wird die Anlage der neuen DIN SPEC 91434 entsprechen. Diese Zertifizierung legt die Kriterien und Anforderungen an die landwirtschaftliche Hauptnutzung im Bereich Agri-Photovoltaik fest. In Zusammenarbeit mit Landwirt Gerhard Metz hat Nestlé ein hybrides Konzept für die sogenannte „Cow-PV-Anlage“

entwickelt, das eine effiziente Kombination von landwirtschaftlicher Nutzung und Stromerzeugung ermöglicht. Dabei investiert Nestlé in den Bau der Agri-PV-Anlage und der Landwirt in den Neubau von Stallgebäuden auf der Fläche.

Solarmodule bieten Schatten und Witterungsschutz

Geplant ist der Bau eines hochmodernen Kuhstalls mit automatisierter Melktechnik direkt neben der PV-Anlage, um insgesamt bis zu 65 Kühen und Jungtieren sowohl Schutz als auch freien Auslauf zu bieten. Im südlichen Teil der Cow-PV-Fläche sind aufgeständerte Solarpaneele in einer Höhe von 2 m vorgesehen, die den ausgewachsenen und hitzeempfindlichen Kühen bei Sonnenschein Schatten spenden und bei Starkregen als Unterstand dienen. Auf der nördlichen Seite beträgt die Höhe der Paneele 1,80 m. Dieser Bereich des Solarparks ist für einen „Kuh-Kindergarten“ vorgesehen, wo die Kälber und Jungkühe in der Nähe der Muttertiere Platz finden.

Insgesamt werden 7.800 Solarmodule auf der Fläche installiert. Der Abstand zwischen den Reihen beträgt 3,30 m. Die jährliche Heuproduktion mit Traktor,

Mähwerk und Ballenpresse ist dank des Abstandes weiterhin in beiden Abschnitten möglich. Durch die Agri-PV-Anlage bleibt die Nutzung der landwirtschaftlichen Fläche weiterhin fast vollständig erhalten.

Nachhaltige Projektplanung und -umsetzung

Jörg Schmitt, Environment & Sustainability Manager für die deutschen Produktionsstandorte von Nestlé sagt: „Die Art der geplanten hybriden Flächennutzung bei der Cow-PV-Anlage zeigt, dass wir die Bedürfnisse von Unternehmen, Tieren und Umwelt in Einklang bringen können. Besonders wichtig ist uns eine enge Abstimmung mit dem Landwirt, den relevanten Behörden und lokalen Interessengruppen, um eine erfolgreiche und nachhaltige Umsetzung dieses Leuchtturmprojekts zu gewährleisten.“ Stephan Schindele, Head of Product Management Agri-PV bei BayWa r.e. meint dazu: „Wir sind stolz darauf, gemeinsam mit Nestlé Deutschland dieses wegweisende Agri-PV-Projekt realisieren zu können. Durch das Heben von Synergien zwischen Energiewende und Agrarwende schaffen wir eine erhöhte Klimaresilienz und tragen zur ökologischen Transformation des ländlichen



Solarstrom für die Produktion und Schatten für die Kühe: Nestlé baut Agri-Photovoltaik-Anlage am Werksstandort Biessenhofen.

Raums bei. Dieses Projekt zeigt eindrücklich, wie nachhaltige Energie- und Landwirtschaftslösungen Hand in Hand gehen können.“

Gerhard Metz, Landwirt: „Mir ist das Wohl meiner Tiere besonders wichtig. Kühe brauchen ausreichend Schatten an den zunehmend heißen Tagen, den sie durch die PV-Anlage bekommen können. Dies verbessert nicht nur ihre Lebensqualität, sondern wirkt sich auch positiv auf ihre Gesundheit und Milchleistung aus. Ich freue mich, dass Nestlé die Kombination von Landwirtschaft und erneuerbarer Energie fördert.“

Anlage unterstützt Elektrifizierung und CO₂-Reduktion

Maria Rita Zinnecker, Landrätin des Landkreises Ostallgäu: „Die geplante Cow-PV-Anlage ist ein vorbildliches Beispiel dafür, wie innovative Lösungen zur nachhaltigen Energiegewinnung und Förderung der regionalen Landwirtschaft beitragen können. Diese Art von Projekten unterstützt sowohl unsere lokalen Klimaziele und stärkt gleichzeitig die lokale Wirtschaft, indem sie Landwirte in die Energiewende integriert. Wir begrüßen solche fortschrittlichen Partnerschaften für die Entwicklung

unserer Region.“ Im Zuge ihrer Nachhaltigkeitsstrategie verfolgt Nestlé das Ziel, die Elektrifizierung aller Standorte voranzutreiben und den CO₂-Ausstoß zu senken. Bis 2030 will Nestlé alle Treibhausgas-Emissionen weltweit halbieren und bis 2050 Netto-Null Emissionen erreichen. Mit Hilfe einer hocheffizienten Wärmepumpe, die seit Juli 2024 das werksinterne Nahwärmenetz eines Herstellungsbereichs versorgt, können sowohl CO₂-Emissionen als auch Energiekosten am Standort Biessenhofen reduziert werden. Die entstehende Agri-PV-Anlage unterstützt die Elektrifizierung durch Wärmepumpen nachhaltig.

Bei der Stromversorgung in Biessenhofen setzt Nestlé bereits heute auf Strom aus erneuerbaren Energien wie Wind- und Solarkraft in Kooperation mit dem Schweizer Energie- und Infrastrukturunternehmen BKW sowie dem Partner Axpo. Bis 2025 sollen alle Nestlé-Standorte weltweit mit 100 Prozent Strom aus erneuerbaren Quellen versorgt werden. Bei Nestlé in Deutschland stammen bereits rund 70 Prozent des Stroms aus deutscher Photovoltaik und Windkraft.

HUSUM WIND Halle 4,
Stand B04

Software- plattform zenon

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



www.copadata.com/energy-renewables



Steuern in der Niederspannung – komplex und lösbar!

CLS-Rollout, aber mit dem richtigen Fahrplan

Von der ERP-Integration über das CLS-Managementsystem bis zur Netzführung: Wer die Einführung von CLS-Komponenten schrittweise in Teilprojekten angeht und alle relevanten Unternehmensbereiche frühzeitig einbindet, stellt die Weichen für eine zukunftsfähige Netzsteuerung.

TEXT: Rüdiger Hehner, VIVAVIS BILDER: VIVAVIS; iStock, anyaberkut





Seit der Einführung der Smart Meter Gateways (SMGW) sowie der zugehörigen technischen Richtlinie des Bundesamts für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) existiert er: der Kanal für Controllable Local Systems (CLS). Über diesen Kanal hat das BSI von Anfang an eine Möglichkeit geschaffen, externe Geräte, die einen Mehrwert über das reine Smart Metering hinaus bieten, über den Local Metrological Network (LMN)-Kanal an ein SMGW anzuschließen. Hierzu zählen sowohl Submetering-Anwendungen als auch die Steuerung von EEG-Anlagen und steuerbaren Verbrauchseinrichtungen. Hiermit wird diesen Anwendungen die Möglichkeit gegeben, Teil der Digitalisierung der Energiewende zu werden.

Mit den Entwicklungen rund um die Energiewende und die Energiekrise hat das Thema zusätzlich an Dynamik gewonnen. Heute sprechen wir nicht mehr über den Smart Meter-Rollout, sondern explizit über den Steuer-Rollout. Der Umstieg auf Wärmepumpen – weg von Öl und Gas – sowie die Elektromobilität und das volatile Verhalten von EEG-Anlagen zeigen, dass im Niederspannungsnetz gehandelt werden muss. Nicht überall ist das Netz aktuell hinreichend stark ausgebaut. Der Schlüssel zur Lösung dieser Herausforderung ist der CLS-Kanal des SMGW.

Die CLS-Systemlandschaft

Damit der Prozess zum Steuern in der Niederspannung gemäß §14a EnWG und §9 EEG zuverlässig und effizient umgesetzt werden kann, muss dieser zukünftig vollautomatisiert ablaufen. Die große Anzahl an zu erwartenden Anlagen, die steuerbar ausgerüstet werden sollen, lässt eine manuelle Handhabung von der Inbetriebnahme bis zum Steuerbetrieb nicht mehr zu. Zur Umsetzung sind zahlreiche Systeme und Prozesse bei Messstellen (MSB) und Netzbetreibern (NB) anzupassen und teilweise neu zu implementieren.

Das ERP-System als zentrales, stammdatenführendes System sowohl beim MSB als auch beim NB muss in der Lage sein, den sogenannten Universalbestellprozess der Marktkommunikation zu beherrschen. Dieser wurde 2022 von der Bundesnetzagentur eingeführt und dient der vollständigen prozessualen Abwicklung von Steuerungsvorgängen in Verbindung mit intelligenten Messsystemen. Über diesen Prozess wird nicht nur die initiale Bestellung einer Steuerung ausgelöst, sondern auch der Austausch von Konfigurationen für Steuerboxen sowie die Bestellung von Schaltbefehlen abgewickelt.

An der Einführung eines CLS-Managementsystems führt kein Weg vorbei. Es ist erforderlich, um den aktiven EMT, der Verbindungsaufbauten vom SMGW nach BSI-Vorgabe terminiert, bereitzustellen. Zudem übernimmt es die Rolle der Steuerbox-Administration. Dieses System benötigt diverse Schnittstellen, allen voran eine umfangreiche Schnittstelle zum ERP-System. Über diese Schnittstelle werden alle Daten aus dem



Die VIVAVIS FNN-Steuerbox STBF24C bildet eine zentrale Komponente zur Steuerung von Anlagen in der Niederspannung.

Universalbestellprozess ausgetauscht, die für eine erfolgreiche Inbetriebnahme und den laufenden Betrieb – etwa das Ausrollen von Schalt- und Leistungskurvendefinitionen – erforderlich sind. Auch Informationen, die das ERP-System für die Bestellung via elektronischem Lieferschein benötigt, laufen über diese Schnittstelle. Ein integraler Bestandteil des Universalbestellprozesses ist die BDEW-Web-API. Anders als bei anderen Marktprozessen erfolgt die Kommunikation nicht über EDIFACT-Nachrichten, sondern über eine moderne Web-Service-Schnittstelle, mit der kurzfristige Steuerbefehle realisiert werden können. Diese Schnittstelle muss vom Messstellenbetreiber über das CLS-Managementsystem allen berechtigten Marktpartnern – etwa Lieferanten oder Netzbetreibern – zur Verfügung gestellt werden.

Auch der Gateway-Administrator (GWA) spielt im Steuerprozess eine zentrale Rolle: Er ist weiterhin der einzige Akteur, der Zugriff auf ein SMGW hat, um es zu administrieren und Konfigurationen aufzuspielen. Der bestehende Konfigurationsprozess muss nun um die Einrichtung der Steuerbox am SMGW erweitert werden. Idealerweise erfolgt dies über das ERP-System, um Stammdaten- und Prozessführung nicht auf zwei Systeme – ERP und CLS-Management – zu verteilen. Auch zwischen GWA und CLS-Management existiert eine Schnittstelle, z. B. zur Bestellung von Verbindungsaufbauten des SMGW zum aEMT, damit dieser mit der Steuerbox kommunizieren kann. Darüber hinaus übernimmt diese Schnittstelle eine wichtige Rolle bei Störungs- und Wartungsprozessen.

All diese Systeme sind notwendig, um vorbereitend eine Schalthandlung in einer Messstelle durchführen zu können. Doch wer entscheidet, dass an einer bestimmten Stelle geschaltet oder gedimmt werden muss? Hier kommt ein weiteres neues System ins Spiel: Die Niederspannungsnetzführung. Sie bildet beim Netzbetreiber die Instanz, die das Niederspannungsnetz inklusive aller Betriebsmittel abbildet, Messdaten erfasst, diese analysiert

und daraus Steuerentscheidungen ableitet, die wiederum über das CLS-Managementsystem umgesetzt werden. Dabei nutzt sie die BDEW-Web-API und erhält alle notwendigen Informationen zu einer Steuerbox und den angeschlossenen Anlagen über die ERP-Schnittstelle – also aus dem Universalbestellprozess. Die Messdaten, etwa zur aktuellen Einspeiseleistung und zum Netzzustand, werden vom SMGW aus der modernen Messeinrichtung ausgelesen, als TAF 9 und 10 an einen pEMT bei MSB oder NB gesendet und von dort an die Niederspannungsnetzführung weitergeleitet. Zusätzlich fließen auch Messdaten der Abgänge der Trafostation in die Netzsituationserfassung ein.

Die FNN-Steuerbox

Eine zentrale Komponente zur Steuerung von Anlagen in der Niederspannung ist die FNN-Steuerbox. Sie wurde auf Basis eines Lastenhefts – ähnlich wie bei den SMGW – spezifiziert, um eine interoperable Lösung zu ermöglichen und standardisierte Inbetriebnahme- und Wechselprozesse zu gewährleisten. Die Steuerbox kann mit vier Teileinheiten kompakt neben dem SMGW auf die moderne Messeinrichtung montiert werden. Sie bietet eine Relaisvariante, die sich besonders für Bestandsanlagen eignet, die bislang per Rundsteuertechnik betrieben wurden. Alternativ können über EEBus moderne Anlagen wie Wärmepumpen, Wallboxen oder Wechselrichter angebunden werden. Die Steuerbox arbeitet grundsätzlich mit Fahrplänen. Das heißt, Schaltungen können über einen längeren Zeitraum im Voraus definiert werden, einschließlich Schaltzeiten und Leistungskurven. Dabei funktioniert die Steuerbox autark und benötigt keine permanente Verbindung zum Backend.

Steuerung mit Nachweisführung im SMGW

Ein aktuell kontrovers diskutiertes Konzept ist die Steuerung mit Nachweisführung im SMGW oder weniger kompliziert: das

Steuern aus dem Gateway heraus. Hierbei soll das SMGW um eine Funktion erweitert werden, die es ermöglicht, steuerbare Verbrauchseinrichtungen per Protokoll wie EEBus direkt anzusprechen – ohne zusätzliche Geräte. Die Steuerung erfolgt dann über das GWA-System. Relaisvarianten sind in diesem Konzept nicht vorgesehen.

Diese Lösung bietet Vorteile wie eine geringere Platzanforderung und potenzielle Kosteneinsparungen, sofern die SMGW-Preise moderat bleiben. Gleichzeitig bringt sie aber Herausforderungen mit sich. So ist beispielsweise unklar, ob jedes an den CLS-Kanal angeschlossene Gerät eine Zertifizierung nach TR-03109-5 benötigt – analog zu den Steuerboxen. Das würde bedeuten, dass jede Wallbox, jede Wärmepumpe und jeder Wechselrichter einer EEG-Anlage zertifiziert werden müsste, bevor ein Anschluss an das SMGW möglich ist. Hier ist das BSI gefordert, eine klare Rechtslage zu schaffen.

Bestandsanlagen, die per Relais geschaltet werden müssen, sind von diesem Konzept ausgenommen und sind weiterhin über eine Steuerbox anzubinden. Daraus ergibt sich eine Übergangsphase, in der zwei Infrastrukturen parallel betrieben werden müssen – bis hin zu den Backendsystemen wie dem CLS-Managementsystem. Diese Situation bleibt bestehen, bis alle Anlagen auf digitale Schnittstellen umgerüstet sind. Hinzu kommt, dass das SMGW ein Single Point of Failure ist: Fällt es aus, fällt auch die Steuerfunktion weg. Die Steuerbox hingegen kann aufgrund ihrer Spezifikation auch ohne Verbindung zum SMGW und dem Backend autark ihre Fahrpläne abarbeiten.

iRLMSys

Ein weiteres aktuelles Thema ist die Datenerfassung im Bereich der registrierenden Leistungsmessung (RLM) – also

für Energieverbrauch >100.000 kWh. In diesem Bereich haben Zuverlässigkeit und Datenvollständigkeit höchste Priorität, da ein Großteil der Einnahmen von Energieversorgern auf diesen Zählern basiert.

Lange Zeit vertrat das BSI die Auffassung, dass RLM-Zähler ausschließlich über den LMN-Bereich des SMGW angebunden werden dürfen. Inzwischen wurde jedoch auch der Anschluss über den CLS-Kanal zugelassen. Diese pragmatische Lösung erlaubt es, vorhandene Mittel zu nutzen, um umfangreiche RLM-Daten zentral zu erfassen – ohne dass dies dezentral im SMGW und anschließend per Datenversand an einen pEMT erfolgen muss. Das SMGW stellt – analog zur Steuerbox – einen Kanal am aEMT bereit, über den eine Zählerfernabfrage (ZFA) mittels des etablierten Kommunikationsprotokolls DLMS/COSEM möglich ist. Der zuvor mit dem SMGW verbundene Zähler kann dabei im Push- oder Pull-Betrieb abgefragt werden. Der große Vorteil: Die bestehende ZFA-Infrastruktur bleibt erhalten. Sie hat sich bewährt und muss lediglich um die Abfrage über den CLS-Kanal ergänzt werden. Sämtliche Prozesse – von Vollständigkeits- und Plausibilitätsprüfungen über Ersatzwertbildung und Stammdatenaustausch bis hin zur ERP-Integration – bleiben bestehen. Der RLM-Zähler wird damit zu einem weiteren, standardisierten Zähler innerhalb der ZFA.

Fazit

Die Einführung von CLS-Komponenten stellt zweifellos eine komplexe, aber lösbare Aufgabe dar. Auch wenn mitunter – trotz gesetzlich klar definierter Einbauverpflichtungen – noch Spielräume suggeriert werden, ist es sinnvoll, sich jetzt dieser Aufgabe zu stellen. Idealerweise erfolgt die Umsetzung iterativ in Form überschaubarer Teilprojekte – unter frühzeitiger Einbindung aller im Unternehmen betroffenen Zuständigkeiten.



**Wer wechselt,
wechselt zu uns.**



WAS STECKT HINTER DEN BEGRIFFEN?

SMGW, iMSys und MSB

Intelligente Messsysteme spielen eine zentrale Rolle bei der Digitalisierung der Energiewende. Sie ermöglichen nicht nur eine präzisere Verbrauchserfassung, sondern auch die sichere Kommunikation zwischen Verbraucher, Netz und Energieversorger. Dabei tauchen immer wieder Abkürzungen auf, die für Außenstehende zunächst wenig greifbar wirken. Begriffe wie SMGW, iMSys oder MSB sind in der Branche allgegenwärtig – doch was steckt eigentlich dahinter und wie hängen sie miteinander zusammen?

TEXT: Bernhard Haluschak, Energy

SMGW

Das Smart Meter Gateway (SMGW) ist das Herzstück des intelligenten Messsystems. Es übernimmt die zentrale Kommunikationsfunktion zwischen dem digitalen Zähler im Haushalt und den Marktakteuren wie Netzbetreibern, Stromlieferanten oder Messstellenbetreibern. Ein wesentliches Merkmal des SMGW ist die hohe Datensicherheit: Sämtliche Messwerte werden nach den Vorgaben des Bundesamts für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) verschlüsselt übertragen, sodass ein unbefugter Zugriff verhindert wird. Das SMGW erlaubt eine standardisierte, bidirektionale Kommunikation und kann zusätzlich Steuerungsbefehle an die smarten Komponenten weiterleiten. Dadurch wird es zu einer wichtigen Schnittstelle für die Integration von erneuerbaren Energien, Smart-Building-Anwendungen und Elektromobilität.

iMSys

Ein intelligentes Messsystem (iMSys) setzt sich aus einem digitalen Stromzähler, der den tatsächlichen Energieverbrauch erfasst, und einem Smart Meter Gateway zusammen, das die Daten sicher weiterleitet. Diese Kombination ermöglicht nicht nur eine transparente und nahezu in Echtzeit mögliche Verbrauchserfassung für Kunden, sondern auch eine aktive Einbindung ins Energiesystem. Durch die standardisierte Kommunikation können Netzbetreiber Lastflüsse besser steuern, erneuerbare Energiequellen effizient eingebunden und Netzengpässe vermieden werden. Zudem schafft das iMSys die Grundlage für innovative Tarife, etwa zeitvariable Strompreise, die Anreize zum Verbrauch in Zeiten hoher Erzeugung setzen. Damit trägt das iMSys entscheidend zur Digitalisierung und Flexibilisierung der Energiewende bei.

MSB

Der Messstellenbetreiber (MSB) ist die Institution oder das Unternehmen, das für Einbau, Betrieb und Wartung von Messgeräten und intelligenten Messsystemen verantwortlich ist. In Deutschland gibt es zwei Formen: den grundzuständigen MSB, meist der örtliche Netzbetreiber, und den wettbewerblichen MSB, der zusätzliche Dienstleistungen anbieten darf. Aufgaben des MSB sind nicht nur die korrekte Installation und Ablesung von Stromzählern, sondern auch die sichere Übermittlung der Verbrauchsdaten über das SMGW. Mit dem Rollout der intelligenten Messsysteme gewinnt der MSB eine noch zentralere Rolle, da er die technische Basis für Transparenz, Datensicherheit und neue Geschäftsmodelle schafft. MSBs können ihren Kunden auch Energiemanagement-Lösungen oder detaillierte Verbrauchsanalysen bereitstellen.



Einsatzfähiger Showcase: Vom SMIGHT IQ Copilot bis hin zur Wallbox und einem angeschlossenen E-Auto.



Beim Smart Energy Dialogue haben SMIGHT und advalju die §14a EnWG-konforme Steuerung im Niederspannungsnetz erfolgreich demonstriert.

In der Praxis für den Ernstfall

Heute schon startklar? §14a-konforme Steuerung

Netzbetreiber stehen aktuell vor der Herausforderung, die Theorie aus §14a EnWG in die Praxis zu überführen. SMIGHT und advalju zeigen, wie diese Vorgaben erfolgreich umgesetzt werden können – praxiserprobt, sicher und zukunftsfähig. Vom Steuerbefehl bis zur gedimmten Wallbox haben die beiden Unternehmen die komplette Wirkkette live unter realen Bedingungen getestet.

TEXT + BILDER: Smight

Neben der bewährten IoT-Lösung für Messdatenerfassung und Netzmonitoring bietet die SMIGHT GmbH jetzt auch eine Lastmanagement-Lösung für präventives und netzdienliches Steuern. Der SMIGHT IQ Copilot ermöglicht es Netzbetreibern, Verbraucher auf Niederspannungsebene intelligent zu steuern – abgestimmt auf die Anforderungen des §14a EnWG.

Technische Umsetzung: durchgespielt und erprobt

Im Rahmen des Smart Energy Dialogue demonstrierten SMIGHT und advalju die gesamte Wirkkette für die Umsetzung des §14a EnWG. Der Steuerbefehl wird vom SMIGHT IQ Copilot über das CLS-Management an das Theben Smart Meter Gateway CONEXA mit aufgestecktem Mehrwertmodul als zertifizierte Steuereinheit übermittelt. Von dort erfolgt die Übergabe des Steuerbefehls per EEBUS an ein Home-Energiemanagementsystem, das die Wallbox in der Liegenschaft stufenlos dimmt. Die Kommunikation zwischen den Backendsystemen erfolgt verschlüsselt mittels BDEW-Web API. Die Dokumentation des Steuervorgangs übernimmt der SMIGHT IQ Copilot gemäß den Vorgaben der Bundesnetzagentur (BNetzA) und des VDE FNN. Damit erfüllt die Lösung aktuelle regulatorische und ISMS-Vorgaben und kann bei Bedarf zügig an zukünftige Anforderungen angepasst werden.

Schnelle Systemintegration dank Standards

Die Integration und das Zusammenspiel der Systeme verliefen dank Standardschnittstellen (BDEW-API) schnell und unkompliziert. Steffen Hornung, Geschäftsführer von advalju, erklärt: „Innerhalb weniger Stunden haben die jeweiligen technischen Experten die Systeme miteinander verbunden. Anschließend fanden interne End-to-End-Tests inklusive angeschlossenem E-Auto statt. So war der Showcase, der eigentlich einen Live-Demonstrator darstellt, ohne größeren Aufwand einsatzfähig.“

„Wir haben bereits eine Vielzahl von MSB-APIs erfolgreich angesprochen und sind aktuell in intensiven Tests der gesamten Wirkkette“, erklärt Oliver Deuschle, Geschäftsführer von SMIGHT. Derzeit starten fünf SMIGHT-Kunden sogenannte §14a-Pilotprojekte, darunter die Stadtwerke Frankenthal GmbH und die Stadtwerke Fellbach GmbH. Ziel ist es, die technische Integration abzuschließen und die Steuerkette im Livebetrieb zu erproben.

Kontakt SMIGHT GmbH

Eva Erler, Marketing & Kommunikation,
e.erler@smight.com, T +49/1715/474871

Mit cloudbasiertem Energiedatenmanagement
zum Net Zero Building

CO₂ runter, Daten rauf

Auf dem Weg zum „Net Zero Building“ spielt die systematische Erfassung und Nutzung von Energiedaten eine entscheidende Rolle. Moderne Cloud-Technologien ermöglichen in diesem Zusammenhang neue Möglichkeiten für ein umfassendes Energiedatenmanagement. Davon profitieren insbesondere Gebäudebetreiber und -eigentümer, für die die präzise Erfassung von Energiedaten auch vor dem Hintergrund der CSRD-Nachhaltigkeitsberichterstattung immer wichtiger wird.

TEXT: David Papaspyrou & Janina Teller, Siemens Smart Infrastructure Buildings
BILDER: Siemens Smart Infrastructure Buildings; iStock, B4LLS



Der Gebäudebestand in Deutschland soll bis 2045 klimaneutral werden. Gebäudebesitzer und -betreiber, Investoren und Facility Manager, aber auch Unternehmen stehen damit mehr denn je vor der Herausforderung, den CO₂-Fußabdruck ihrer Liegenschaften und Infrastrukturen zu reduzieren. Neue Gesetze, wie zum Beispiel das Gebäudeenergiegesetz (GEG) sowie die aktuelle EU-Richtlinie zur Unternehmens-Nachhaltigkeitsberichterstattung (Corporate Sustainability Reporting Directive, CSRD), sorgen für zusätzlichen Druck.

Digitale Gebäudetechnik spielt an dieser Stelle eine Schlüsselrolle: Denn durch den Einsatz von IoT-Technologien und intelligenten Lösungen lassen sich Dekarbonisierungsmaßnahmen so umsetzen, dass sich die CO₂-Bilanz der Liegenschaften nachhaltig verbessert. Dafür ist es notwendig, Transparenz über die Verbrauchsdaten in einem Gebäude zu haben. Deshalb ist es wichtiger denn je, Energieflüsse und andere relevante Daten zu monitoren. Ein solches Energiemonitoring, wie es auch das GEG für Nichtwohngebäude mit einer heiz- oder klimatechnischen Nennleistung von mehr als 290 kWh vorschreibt, ist nicht neu und inzwischen in vielen Bereichen implementiert. Der Fortschritt in der Digitalisierung bringt nun neue Möglichkeiten, Energie- und Verbrauchsdaten nicht mehr nur einfach zu erfassen, sondern auch intelligent zu nutzen. Dies schafft die Grundlage dafür, den Gebäudebetrieb Schritt für Schritt auf die genannten Klimaziele auszurichten und diese greifbar zu machen.

Energiedaten + Management = Energiedatenmanagement

Ein systematisches Energiedatenmanagement macht aus den von Energiemonitoringsystemen gelieferten Daten wertvolle Informationen – mit denen sich wiederum die Energieeffizienz und der gesamte Betrieb in zunehmend automatisierten Smart Buildings optimieren lassen. Der eigentliche Weg zur Dekarbonisierung und Energieeffizienz erfolgt dann in einem iterativen Prozess in vier Schritten:

- Transparenz schaffen: Wo können Optimierungspotenziale liegen?
- Planen und priorisieren (Management): zum Beispiel Einzelgebäude analysieren, Definition von quantifizierbaren Zielen oder spezifische Zuteilung von Energiebudgets
- Optimierung: Umsetzung der geplanten Dekarbonisierungsmaßnahmen, zum Beispiel bauliche und betriebliche Maßnahmen, Anlagenoptimierung
- Prozessautomatisierung und kontinuierliche Weiterentwicklung durch Wiederholung/Loops

Monitoring und Management greifen demnach beim Energiedatenmanagement ineinander und das auf zwei Ebenen: Zum einen geht es darum, wie die Gebäudedaten erfasst und aufbereitet werden, und zum anderen um ihre gezielte Analyse und



Energiemonitoring ist wichtiger denn je: Der Fortschritt in der Digitalisierung bringt dabei neue Möglichkeiten, Energie- und Verbrauchsdaten nicht mehr nur einfach zu erfassen, sondern auch intelligent zu nutzen.

Nutzung zur Optimierung des Energieverbrauchs und des Gebäudebetriebs.

Möglich wird dies durch die Nutzung von Cloud-Technologien. Sie erschließen den Speicherplatz für riesige Datenmengen, die sowohl eine hohe Transparenz in der Breite als auch eine feine, detaillierte Analyse in der Tiefe erlauben. Darüber hinaus lassen sich mit einem cloudbasierten Energiedatenmanagement auch alle weiteren Cloud-spezifischen Vorteile nutzen: Der Zugang kann – mit entsprechender Berechtigung – einfach und ortsunabhängig von jedem webfähigen Gerät aus erfolgen. Das System ist durch automatische Updates immer auf dem neusten Stand. Und nicht zuletzt können Drittsysteme und die vorhandene IT-Infrastruktur (wie zum Beispiel Wetter-Apps) problemlos integriert und angebunden werden.

Auch in der Betriebssicherheit bringen cloudbasierte Systeme einen großen Vorteil: Die lokal betriebene Gebäudeautomation oder -leittechnik wird nicht durch zusätzliche Auswertungen und Aufgaben belastet. Zudem können vorhandene Systeme einfach wie gewohnt und erprobt weiterbetrieben werden. Aufwändiges Datenspeichern, Analysieren, Berechnen und Verarbeiten findet ausgelagert in der Cloud statt und damit in einer unbegrenzten Ressource. Intelligente IT-Security-Mechanismen, wie sie in professionellen Cloud-Systemen angewendet werden, übertreffen zumeist die Schutzmaßnahmen, die in lokal betriebenen Softwareumgebungen eingesetzt werden, und sind nur in den wenigsten Fällen ein Einfallstor für Schadsoftware und Angriffe.

Seine besonderen Stärken zeigt ein cloudbasiertes Energiedatenmanagement damit bei der Vernetzung und Erfassung von vielen verteilten Liegenschaften oder von komplexen Gebäudestrukturen. Davon profitieren nicht nur Industrieunternehmen, sondern zum Beispiel auch Krankenhäuser, Universitäts-Campus, Einkaufszentren, Unternehmen mit verschiedenen Bürostandorten oder Gebäudeportfolios.

Digitaler Gebäude-Zwilling mit Building X

Ein solches System ist die offene, interoperable und vollständig cloudbasierte Smart-Building-Suite Building X von Siemens Smart Infrastructure, die auf der ebenfalls offenen, digitalen Business-Plattform Siemens Xcelerator basiert. Building X vereint die Daten aus unterschiedlichen Quellen zu einem digitalen Zwilling des Gebäudebetriebs und verbindet so die reale und die digitale Welt von Gebäuden. Damit bietet die Lösung alle Funktionen zur Digitalisierung, Verwaltung und Optimierung des Gebäudebetriebs und fungiert damit als „Single Source of Truth“. Alle am Gebäudebetrieb Beteiligten können also ihre Gebäudedaten aus unterschiedlichen Quellen, Gewerken und Systemen auf einer einzigen Plattform digital zusammenführen und nutzen. Die herstellerunabhängige Konnektivität und offene Anwendungsprogrammierschnittstellen (APIs) ermöglichen die Integration vorhandener Software und Ökosysteme, auch von Drittanbietern, in Building X. Alle Daten können dann zum Beispiel an CSRD-Plattformen übergeben werden.

Eine zentrale Applikation innerhalb von Building X ist der Energy Manager. Er schafft Transparenz in Bezug auf den Energieverbrauch, die Kosten und die CO₂-Emissionen eines oder mehrerer Gebäude und ermöglicht somit bei Bedarf frühzeitige Korrekturmaßnahmen. Zudem erstellt er Prognosen für den Energieverbrauch auf Grundlage historischer Daten und unterstützt Nutzer bei der Umsetzung ihrer Nachhaltigkeitsziele.

Energiedatenmanagement in der Praxis

Auch die Stadtwerke Stuttgart setzen bei der Umsetzung ihrer Nachhaltigkeitsziele auf Building X. Die Stadt Stuttgart möchte bis 2035 klimaneutral sein, zehn Jahre früher als es das Klimaschutzgesetz für Deutschland vorsieht. Dafür müssen jährlich 3,6 Megatonnen CO₂-Äquivalente eingespart werden – eine große Herausforderung. Das kommunale Versorgungsunternehmen

Die cloudbasierte Smart-Building-Suite Building X von Siemens vereint Daten aus unterschiedlichen Quellen zu einem digitalen Zwilling des Gebäudebetriebs und verbindet so die reale und die digitale Welt von Gebäuden.



versteht sich dabei als Umsetzungspartner der baden-württembergischen Landeshauptstadt und Motor der Energiewende in der Region.

In dieser Rolle gehen die Verantwortlichen der Stadtwerke Stuttgart-Gruppe beispielhaft voran und fangen damit bei ihrem Hauptsitz in der Stuttgarter Kesselstraße an: Mit Siemens setzt das Unternehmen beispielsweise im Rahmen einer Technologiepartnerschaft ein umfassendes Nachhaltigkeitskonzept um. Produkte, Lösungen und Services kommen in zahlreichen Effizienz-, Energie- und Quartiersprojekten zum Einsatz, darunter auch Building X. Konkret sieht das so aus: Siemens stellt Sensorik und Software bereit. Mit den daraus resultierenden Möglichkeiten und Daten entwickelt Siemens gemeinsam mit den Energieexperten der Stadtwerke Stuttgart Energie- und Wärmekonzepte, die in Systeme von Kundinnen und Kunden integriert werden können. Die Modernisierung des neuen Firmensitzes ist die erste konkrete Maßnahme der Technologiepartnerschaft zwischen Siemens und der Stadtwerke Stuttgart-Gruppe. Im Juli 2024 wurde das Gebäude eingeweiht.

Ein weiteres Beispiel für einen nachhaltigen Gebäudebetrieb ist die Funke Mediengruppe mit ihrer neuen Unternehmenszentrale im Herzen der Essener Innenstadt. Auf rund 37.000 m² ermöglicht das innovative Bürogebäude den über 1.000 Mitarbeitenden ein kreatives Arbeitsklima. Auch für die Erreichung der ehrgeizigen Nachhaltigkeitsziele spielt die Digitalisierung der Zentrale eine entscheidende Rolle: Durch eine intelligente Steuerung des Gebäudebetriebs ist Funke energieeffizient und zukunftssicher aufgestellt. „In so einem riesigen Gebäude haben wir ungefähr 12.000 Datenpunkte“, resümiert Heiko Hansler, Leiter Real Estate bei der Funke Mediengruppe. „Siemens hilft uns, die Daten zu verstehen und in Zusammenhang zu bringen, um daraus Ableitungen für den Gebäudebetrieb zu treffen. So können wir das Gebäude nutzungsgerecht, effizient und energiesparend betreiben.“

Fazit

Cloudbasierte Lösungen schaffen die technologische Basis für eine neue Dimension von Energiedatenmanagement, das über herkömmliches Monitoring hinausgeht. Das ist der Schlüssel für Dekarbonisierung und einen effizienten Gebäudebetrieb.

HUSUM WIND Halle 2,
Stand C01



Digitalisierung mit System

Einfach installiert – umfassend kontrolliert!



Das SGIM-System von EMH und BeEnergy verwandelt Ortsnetzstationen und Kabelverteilerschrank in digitale Datenquellen. Schnell, flexibel und sicher. Ob klassisch an der Sammelschiene oder platzsparend mit dem SGIM60 an Wand oder Tür: Die modulare Lösung passt sich jeder Einbausituation an. Mit integriertem Display, LTE-Kommunikation und Messung nach EN 50160 behalten Netzbetreiber jederzeit den Überblick. Für eine zukunftssichere Netzüberwachung – auch dort, wo bislang kein Platz war.

EMH Energie-Messtechnik GmbH • Vor dem Hassel 2 • 21438 Brackel • www.emh.eu

Wie Langlebigkeit und Recycling PV noch nachhaltiger machen

Insights zu Solarmodulen

Um den CO₂-Fußabdruck von PV-Anlagen auf ein Minimum zu reduzieren, spielen fortschrittliche Recyclingtechnologien, langlebige Solartechnik und neue Ansätze eine zentrale Rolle. Wie schneidet die deutsche Solarwirtschaft in diesen Bereichen aktuell ab und was braucht es zukünftig, um die ersten Fortschritte zu stärken?

TEXT: Sebastian Geier, IBC Solar BILDER: Reiling PV-Recycling; iStock, sankai

Der Solarboom der Jahrtausendwende bringt für die kommenden Jahre eine große Herausforderung mit sich: Die Lebensdauer der frühen Generationen von Solarmodulen, die vor allem mit dem 100.000-Dächer-Programm ihren Durchbruch hatten, neigt sich dem Ende zu.

Die Internationale Organisation für erneuerbare Energien (IRENA) prognostiziert allein für Deutschland bis 2030 ein Gesamtvolumen von bis zu einer Million Tonnen ausgedienter

Solarmodule bei einer Einsatzdauer von unter 30 Jahren. Das optimistischere Szenario, bei dem von einem Einsatz bis 30 Jahre ausgegangen wird, prognostiziert mindestens 400.000 Tonnen End-Of-Life-Anlagen.

Langlebigkeit von Solarpanels

Die Verlängerung der Lebensdauer von Solarmodulen ist die effektivste Maßnahme für einen nachhaltigen Kreislauf.



Durch Aufwertungstechniken ist zukünftig sogar mit einer Lebensdauer von 40 Jahren zu rechnen. Bei Freiflächenanlagen können Produktupgrades, wie beispielsweise die Siliziumdioxidbeschichtungen, ältere Module optimieren, was die Stromproduktion steigert. Eine Langzeitstudie zeigt außerdem, dass eine Reinigung der Solarpanels bei starker Verschmutzung die Effizienz der Anlage deutlich verbessert. Und nichtsdestoweniger sind sorgfältige Installationsarbeiten und eine regelmäßige Wartung elementar für langlebige Anlagen. Deshalb

sollten sowohl gewerbliche als auch private PV-Kunden auf Anbieter setzen, die seit vielen Jahren ein hohes Qualitätsniveau aufweisen. Denn die Verlängerung der Lebensdauer von PV-Anlagen ist sogar gesetzlich geregelt: Das Kreislaufwirtschaftsgesetz (§ 6 KrWG) setzt bei abgebauten PV-Modulen zunächst auf ihre Wiederverwendbarkeit. Falls sie noch funktionsfähig sind oder sich mit geringem Aufwand instand setzen lassen, erhalten sie ein "Second Life". Ohne diese Prüfung ist eine Entsorgung nicht erlaubt.



Solarmodule sind bis zu 95 Prozent recycelbar. Die meisten Inhaltsstoffe wie Silizium, Aluminium und Kupfer lassen sich für neue Module wiederverwerten.

Lebensdauer und Kreislaufwirtschaft

Für einen möglichst grünen Wertschöpfungsprozess in der Photovoltaik ist es dennoch wichtig, die Materialien in den Kreislauf zurückzuführen. Ist also aufgrund von Schäden oder Leistungsschwäche eine Entsorgung unvermeidbar, müssen Recyclingtechnologien zum Einsatz kommen. Auch für das Recycling von PV-Anlagen greifen wichtige gesetzliche Vorgaben wie die europäische EU WEEE-Richtlinie und in Deutschland das ElektroG-Gesetz. Doch im Verhältnis zur verbauten Modulmenge sind die aktuellen Recyclingmengen noch zu gering, um ein wirtschaftliches Recycling flächendeckend zu ermöglichen. Wie ist das zu erklären und an welchen Stellschrauben können Anlagenbetreiber und Solarunternehmen drehen, um den Modulverschleiß auf ein Minimum zu reduzieren?

Hier schlummert Verbesserungspotenzial

Mehrere Faktoren tragen zu den bisher niedrigen Rücklaufmengen von Solarpanels bei: Einerseits führt die hohe Lebenserwartung und Leistungsfähigkeit der Solarmodule dazu, dass nur langsam die kritische Menge an zu recycelnden Ressourcen vorliegt. Zudem sind PV-Module, die vor dem 24. September 2015 in Verkehr gebracht wurden, von der WEEE-Richtlinie ausgenommen, sodass sich die ordnungsgemäße Entsorgung schwer nachzuvollziehen ist.

Andererseits können umwelt- oder transportbedingte Schäden oder ein Defekt durch fehlerhafte Montage und Wartung so immens sein, dass sich ein Solarpanel nicht adäquat für das Recycling aufbereiten lässt. Außerdem braucht es mehr und einheitlichere Verbindlichkeiten in der Gesetzeslage. Denn innerhalb der EU WEEE-Richtlinie fehlt eine einheitliche Regelung, wer für das Recycling verantwortlich ist. Laut ElektroG-Gesetz sind in Deutschland die Erstinverkehrbringer zur Entsorgung von PV-Modulen verpflichtet. In der Regel betrifft das Hersteller und Importeure, die sich bei der Stiftung ear

registrieren müssen, um Elektro- und Elektronikgeräte überhaupt erst in Verkehr bringen zu dürfen. Ihre Aufgabe ist es auch sicherzustellen, dass zurückgenommene Geräte ordnungsgemäß entsorgt werden. Privatpersonen und von ihnen beauftragte Installateure können bis zu 50 PV-Module kostenfrei bei öffentlich-rechtlichen Wertstoffhöfen abgeben. In anderen EU-Ländern existieren weitaus weniger strenge Gesetzschriften.

Die EU kann Recycling-Standards setzen

Insbesondere durch die global-vernetzten PV-Lieferketten ist eine einheitliche Regelung für Recyclingprozesse elementar für eine möglichst nachhaltige Solar-Wertschöpfung. Folglich müssen Unternehmen ihre Recyclingprozesse besser aufeinander abstimmen. EU-Standards wie die „European Sustainability Reporting Standards“ (ESRS) bieten dabei wichtige Orientierungshilfen. Die Herausforderung besteht insbesondere darin, die stark miteinander verbundenen Module und Komponenten so zu trennen, dass eine Wiederverwertung möglich wird. Denn mit den Standardverfahren ist es aktuell noch nicht möglich, alle Materialien, wie etwa Glas, Solarzellen, Folien und Laminat, vollständig zu trennen. Verbesserte Recyclingverfahren sind daher in Zukunft notwendig. Hersteller und Installateure tragen deshalb die Verantwortung, Recycling-Komponenten frühzeitig in den Produktlebenszyklus zu integrieren.

Ins Machen kommen

Wenn zukünftig mehr Module in den Recyclingkreislauf zurückgeführt werden, könnte dies den CO₂-Fußabdruck von PV-Anlagen erheblich senken. Gleichzeitig würde dies Innovationen in Recyclingtechnologien ermöglichen und Kosten der Wiederaufwertung senken. Das macht sich nicht nur in der CO₂-Bilanz von Privathaushalten bemerkbar, sondern kann auch Unternehmen Wettbewerbsvorteile verschaffen. Zumal

diese gesetzlich ohnehin immer stärker zu Nachhaltigkeitsberichtsspflichten verpflichtet sind.

Während gesetzliche Vorschriften die Rahmenbedingungen schaffen, gehen einige Unternehmen freiwillig darüber hinaus und beginnen schon jetzt, nach Reportingvorschriften zu handeln, die in Zukunft verpflichtend werden. Dieses proaktive Handeln bietet Unternehmen die Möglichkeit, sich frühzeitig auf strengere Regulierungen vorzubereiten und gleichzeitig Transparenz in ihren Nachhaltigkeitsbestrebungen zu zeigen. Darüber hinaus ist es entscheidend, dass eine klare Ressourcenpolitik im Management verankert wird. Ein solcher Ansatz integriert zuverlässig Ressourcenschonung und Recyclingmaßnahmen in die langfristigen Geschäftsstrategien. Die Ressourcenpolitik eines Unternehmens bietet auch hilfreiche Entscheidungsmerkmale für Partnerschaften und ist nicht nur ein Indikator dafür, wie nachdrücklich ein Unternehmen gesetzliche Anforderungen erfüllt. Vielmehr bringt sie auch langfristig Wettbewerbsvorteile, da Verbraucher und Investoren zunehmend Wert auf nachhaltige Praktiken legen. Nicht zuletzt spielen Forschung und Entwicklung nicht nur eine zentrale Rolle bei der Optimierung des Recyclingprozesses, sondern auch für höhere Wirkungsgrade und innovative Technologien bei Speicherlösungen und weiteren Anlagenkomponenten.

Positive Tendenzen erkennbar

Zusammenfassend lässt sich durchaus behaupten, dass sich die Kreislaufwirtschaft in puncto Langlebigkeit und Wiederverwendung in eine positive Richtung entwickelt. Moderne Solarmodule erzeugen heute eine vielfach höhere Leistung als noch vor 20 Jahren, was den Einsatz wertvoller Rohstoffe deutlich reduziert. Auch die Weiterentwicklung von Recyclingtechnologien und das Produkt- und Innovationsmanagement spielen eine entscheidende Rolle, um den CO₂-Fußabdruck von PV-Anlagen weiter zu senken. Schon heute kann ein Großteil der eingesetzten Materialien, insbesondere Kupfer und Aluminium, recycelt und wiederverwertet werden. Solarglas wird zwar nicht mehr zu hochreinem Glas, findet aber zum Beispiel in der Produktion von Glaswolle und Schaumglas eine neue Verwendung.

Für den weiteren Fortschritt tragen Anlagenbetreiber, Hersteller, Installateure und Entsorgungsunternehmen gleichermaßen Verantwortung. Doch insbesondere Großhändler und Systemhäuser sind gefordert, nachhaltige Komponenten zusammenzustellen und umfassendes Photovoltaik-Wissen bereitzustellen, um eine funktionierende Kreislaufwirtschaft für PV-Anlagen zu gewährleisten.

FIRMEN UND ORGANISATIONEN IN DIESER AUSGABE

Firma	Seite	Firma	Seite
ABB	56	Intilion	15
Aiko	13	Janitza electronics	13
Atlas Copco	13	Lapp	29
Bachmann	28, 59	Leuk TDC	13
BayWa r.e.	31	MW Enamic	48
BMZ Germany	15	PQ Plus	18
Copa-Data	33, 63	publish-industry Verlag	U3, U4
dataTec	13	Rittal	22, 23
Digimondo	13	Siemens Smart Infrastructure Buildings	40
E.ON	13	SMA Solar Technology	15
Eco Stor	24	Smight	39
EMH Energie-Messtechnik	43	Solar Edge	13
Enercon	Innentitel, 52	TÜV Süd	20
Fraunhofer IMM	13	UL Solutions	17
Frizlen	3	Uniper	U2
Gerolsteiner	13	Verbund	Titel, 8
GWAdriga	37	Vivavis	34
IBC Solar	44		

IMPRESSUM

Herausgeber Kilian Müller

Head of Content Manufacturing Christian Fischbach

Redaktion Bernhard Haluschak (Managing Editor/verantwortlich/-928), Rieke Heine (freie Mitarbeiterin), Katharina Huber (-938), Dana Neitzke (-930), Michaela Sandner (-916)

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 01.01.2025

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

Verlag publish-industry Verlag GmbH, Claudius-Keller-Str. 3A, 81669 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)40.23714-240; leserservice-pi@dvmmedia.com

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

Jährlicher Abonnementpreis

Ein JAHRES-ABONNEMENT der ENERGY 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. Studentabonnements sowie Firmenabonnements für Unternehmen, die ENERGY für mehrere Mitarbeiter bestellen möchten werden angeboten. Fragen und Bestellungen richten Sie bitte an leserservice-pi@dvmmedia.com

Marketing & Vertrieb Anja Müller (Head of Marketing)

Herstellung Veronika Blank-Kuen

Gestaltung & Layout Layoutstudio Daniela Haberlandt, Beethovenstraße 2a, 85435 Erding

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 erfolgt auf PEFC™-zertifiziertem Papier, der Versand erfolgt CO₂-neutral.



Der CO₂-neutrale Versand mit der Deutschen Post

Stromlieferverträge als Treiber der Energiewende

Die Chancen von grünen PPAs

Mit Power Purchase Agreements (PPAs) sichern sich Unternehmen wie die Deutsche Bahn langfristigen Zugang zu zertifiziertem Grünstrom. Dabei werden CO₂-Emissionen gesenkt und Energiekosten reduziert. Von On-Site-Lösungen bis zu virtuellen Modellen bieten PPAs flexible Instrumente, die bei der Energiewende und der Erreichung von Klimazielen helfen. Auch für Post-EEG-Anlagen eröffnen sie neue Perspektiven.

TEXT: Simeon Baubkus, MVV Enamic BILDER: MVV Energie; iStock, Eoneren

Negativnachrichten über die Deutsche Bahn (DB) gibt es genug – es gibt aber auch positive: Die Züge des Fernverkehrs der DB fahren in Deutschland schon seit 2018 mit 100 Prozent Ökostrom. Dieser stammt unter anderem von den Photovoltaik-Parks in Bremelau, Heudorf (beide in Baden-Württemberg) und Röckingen (Bayern). Sie gehören jedoch nicht der DB, sondern dem Projektentwickler Juwi. Mit einem Power Purchase Agreement (PPA) sichert sich die Konzerntochter DB Energie die Lieferung von rund 160 GWh Grünstrom innerhalb von vier Jahren. PPAs sind langfristige Verträge über die Lieferung und Abnahme von Grünstrom. Abnehmer wie die DB Energie können sich damit zertifizierten Grünstrom zu einem langfristig stabilen Preis sichern. Indem der Grünstrom durch das PPA dem Unternehmen zugeordnet ist, wirkt er sich positiv auf dessen CO₂-Bilanz aus (Scope 2) und unterstützt die Erfüllung von Nachhaltigkeitszielen und die Dekarbonisierung. Auch Betreiber von Erneuerbare-Energien-Anlagen (EE-Anlagen) können mit PPAs ihre finanziellen Risiken abfedern. Zudem haben sie die Möglichkeit, ihre Anlagen auch außerhalb von Förderprogrammen wirtschaftlich zu betreiben, etwa nach Auslaufen der EEG-Förderung oder bei neuen Projekten mit Direktvermarktung. Die wachsende Nachfrage nach PPAs führt außerdem zu neuen Projektentwicklungen, sodass Projektierer schneller skalieren und Wachstumschancen nutzen können. „Das PPA“ gibt es jedoch nicht, vielmehr ist jedes PPA ein individueller Vertrag, der möglichst exakt auf die Vertragspartner abgestimmt wird. Hierfür hilft es, zunächst den Ökostrommarkt zu verstehen.

Wie funktioniert der Markt für Grünstrom?

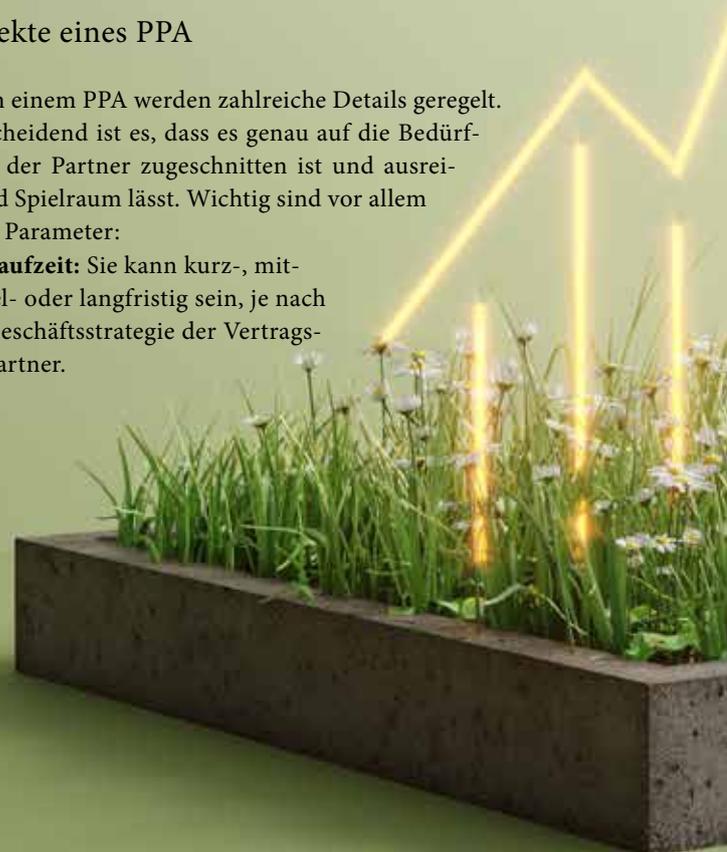
Ökostrom und Grünstrom werden umgangssprachlich für elektrische Energie aus EE-Anlagen genutzt, die Begriffe sind rechtlich nicht definiert. Sobald dieser grüne Strom ins Netz eingespeist wird, vermischt er sich mit konventionellem Strom. Damit Verbraucher trotzdem Ökostrom beziehen können, regelt der Ökostrommarkt den Handel: Energieversorger

müssen für jede gelieferte Megawattstunde Ökostrom einen Herkunftsnachweis erwerben und entwerten. Dieser Nachweis dokumentiert den erzeugten Ökostrom und ordnet ihn einem Verbraucher zu. In Deutschland überwacht das Umweltbundesamt dieses System und betreibt das Herkunftsnachweisregister. Das Doppelvermarktungsverbot verhindert, dass Strom zweimal verkauft wird. Deshalb gilt Strom aus EEG-geförderten Anlagen nicht als Ökostrom – sonst würde er einmal an einen Verbraucher und einmal über das EEG verkauft werden. Bei Anlagen, die nicht mehr über das EEG gefördert werden, spricht man von Post-EEG-Anlagen. Der hier erzeugte Strom ist wieder Ökostrom, den die Betreiber selbst vermarkten müssen. Hierfür bieten sich PPAs meist als das optimale Instrument an.

Aspekte eines PPA

In einem PPA werden zahlreiche Details geregelt. Entscheidend ist es, dass es genau auf die Bedürfnisse der Partner zugeschnitten ist und ausreichend Spielraum lässt. Wichtig sind vor allem diese Parameter:

- **Laufzeit:** Sie kann kurz-, mittel- oder langfristig sein, je nach Geschäftsstrategie der Vertragspartner.





Was gilt wirklich als Grünstrom beziehungsweise Ökostrom?

Kein Grünstrom	<ul style="list-style-type: none"> • Konventionelle Stromversorgung • EEG Direktvermarktung (optional oder verpflichtend) • Regionalstrom 		
CO ₂ -neutraler Strom	CO ₂ -Kompensation durch Zertifikate aus Klimaprojekten		
Grünstrom	Vergrünung mit Herkunftsnachweisen (HKN)	<ul style="list-style-type: none"> • Beschaffung und Entwertung von HKN zur Vergrünung von Graustromlieferungen • Diverse Qualitäten, Erzeugungsarten und Herkunftsländer 	
	Strom aus Post-EEG-Anlagen (mit HKN)	<ul style="list-style-type: none"> • Anlagen, die ab 01.01.2021 aus der EEG-Förderung fallen • Vornehmlich Wind-Energie-Anlagen 	Diverse PPA-Modelle möglich: <ul style="list-style-type: none"> • bilanziell • synthetisch
	Strom aus nicht-EEG-förderfähigen Neuanlagen (mit HKN)	<ul style="list-style-type: none"> • Nicht förderfähige Flächen oder nicht bezuschlagte Anlagen • Vornehmlich PV-Anlagen 	
	Eigenversorgung	<ul style="list-style-type: none"> • Verbrauch vom Betreiber bzw. Pächter der Anlage am Ort der Erzeugung • Somit echte direkte physikalische Lieferung 	

- **Liefermodell:** Dies definiert, wann wieviel Strom zwischen Erzeuger und Abnehmer gehandelt wird. Unterschiedliche Modelle (s.u.) bieten unterschiedliche Vorteile je nach Energiebedarf und Risikoprofil.
- **Vertragsgestaltung:** PPA-Mengen lassen sich in bestehenden Stromlieferverträge integrieren oder separat abschließen entsprechend der Energieportfolio-Strategie.
- **Bilanzielle Abwicklung:** PPA können physisch – also mit einer tatsächlichen Stromlieferung – oder virtuell – das heißt rein finanziell zur Absicherung gegen Preisschwankungen – ausgestaltet sein.

- **Ort der Stromerzeugung:** Bei Off-Site-PPAs wird der Ökostrom von entfernten Standorten über das Netz bezogen, bei On-Site-PPAs finden Erzeugung und Verbrauch am selben Ort statt.
- **Preisgestaltung:** Fixpreise, variable Preise (Floating), Tranchen- oder Spotpreise – diese Modelle helfen, Kosten zu optimieren und Risiken zu steuern.

Physische PPAs (On-Site / Off-Site)

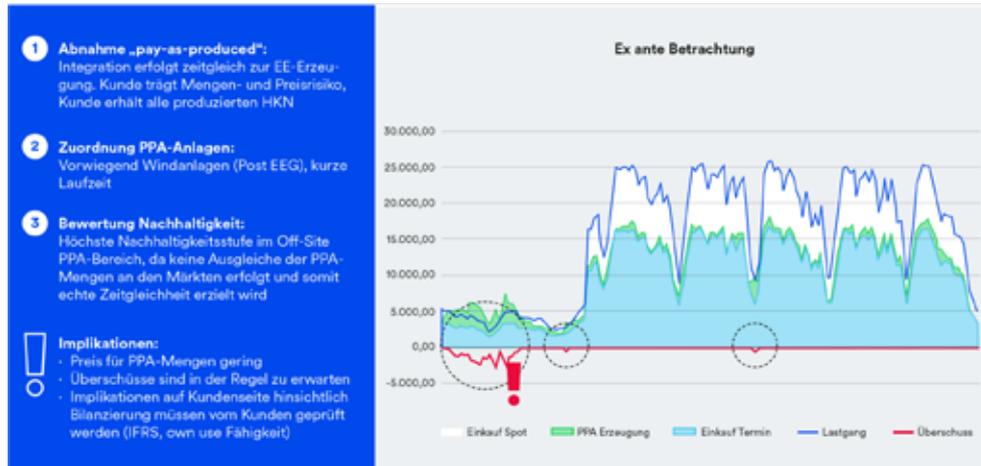
Beim On-Site PPA wird die Erzeugungsanlage auf dem Gelände oder in der Nähe des Verbrauchers errichtet, sodass der produzierte Strom nicht ins öffentliche Netz gespeist, sondern direkt vor Ort genutzt wird. Das senkt oder vermeidet Transport- und Netzkosten. Ein On-Site PPA empfiehlt sich für Unternehmen, die ihre Energiekosten senken und nachhaltiger wirtschaften möchten und zum Beispiel über ein geeignetes Dach für die Installation einer Solaranlage verfügen. Anstatt selbst zu investieren, installiert und betreibt bei einem On-Site PPA der Projektentwickler die Anlage. Die Vorteile für das Unternehmen: Investitionen entfallen, Stromkosten und CO₂-Emissionen sinken. Beim Off-Site PPA wird der Strom nicht direkt vor Ort verbraucht, sondern bilanziell über das öffentliche Netz geliefert – wie beim Beispiel der Deutschen Bahn. Der Standort der EE-Anlage ist dadurch flexibel wählbar. Allerdings fallen Netzentgelte an. Für Planungssicherheit beider Seiten wird der Strompreis im PPA üblicherweise als Fixpreis vereinbart. Ein Off-Site PPA erfordert eine genaue Analyse des Lastgangprofils des Kunden. Weil erneuerbare Energien wetterabhängig sind, entstehen mitunter Überschüsse. Dieses Mengenrisiko trägt der Kunde: Er muss den gesamten erzeugten Strom abnehmen – auch wenn er ihn gerade nicht braucht.

Beim Mannheimer Energieunternehmen MVV bezieht der Kunde hingegen nur die tatsächlich benötigte Strommenge. MVV gleicht die Differenz zwischen Erzeugung und Verbrauch durch Zu- oder Verkäufe am Spotmarkt aus. Dazu überwacht der Anbieter kontinuierlich die Stromproduktion und -bedarf, um Überschussmengen zu erkennen und zu bewerten.

Virtuelle PPAs

Ein virtuelles PPA (vPPA) trennt Strom- und Finanzfluss: Der Erzeuger verkauft den Strom am

Produktskizze PPA pay-as-produced: Lastganganalyse Verbrauch und Erzeugung



Typische Produktskizze von PPA pay-as-produced in einer Ex-ante-Betrachtung

Spotmarkt, während der Abnehmer einen fixen Preis pro Kilowattstunde zahlt. Liegt der Spotmarktpreis unter dem Fixpreis, gleicht der Abnehmer die Differenz aus. Liegt er darüber, zahlt der Erzeuger die Differenz an den Abnehmer.

So fungiert ein vPPA als Finanzinstrument, mit dem sich beide Seiten gegen Preisschwankungen absichern. Der Abnehmer erwirbt zudem Herkunftsnachweise der PPA-Anlage. vPPA sind in der Abwicklung einfacher als physische PPA, haben jedoch einen geringeren Nachhaltigkeitswert, da sie die physische Stromlieferung ausklammern.

Verschiedene Liefermodelle

In einem „Pay-as-Produced“-Modell nimmt der Käufer den erzeugten Strom komplett ab, unabhängig vom eigenen Bedarf. Sind Erzeugung und Abnahme deckungsgleich, reduziert sich das Volumenrisiko für den Produzenten. Der Käufer verpflichtet sich, den Strom genau dann zu übernehmen, wenn er generiert wird, was das Modell sehr nachhaltig macht.

Beim Modell „Pre-defined Profile“ liefert der Erzeuger den Ökostrom anhand eines zuvor festgelegten Abnahmeprofiles. Das heißt, er garantiert bestimmte Mengen zu bestimmten Zeiten und trägt das Risiko für Abweichungen. Treten diese ein, muss der Produzent die Differenz ausgleichen, etwa durch Zukäufe am Markt oder Regelenergie. In diesem Modell genießt der Abnehmer Planungssicherheit, während der Erzeuger ein höheres Erzeugungsrisiko trägt.

Das „Baseload“-Profil steht für die kontinuierliche Lieferung einer bestimmten Strommenge – üblicherweise 24 Stunden am Tag, sieben Tage die Woche. Der Energieproduzent muss die Schwankungen in der Erzeugung mittels verschiedener EE-Anlagen selbst ausgleichen oder fehlenden Strom am

Markt beschaffen. Das Modell bietet dem Abnehmer Stabilität, während der Produzent das Erzeugungsrisiko trägt.

Beim „Pay-as-Nominated“- oder „Pay-as-Forecasted“-Modell liefert der Produzent eine vorab prognostizierte Strommenge. Diese Vorhersage ist bindend, Abweichungen muss der Produzent ausgleichen. Dieses Modell erfordert eine präzise Erzeugungsprognose und wird häufig in Bilanzkreislieferungen genutzt.

Der Weg zum passgenauen PPA

Die erfolgreiche Umsetzung von PPAs erfordert ein strukturiertes Vorgehen, das rechtliche, technische und wirtschaftliche Aspekte berücksichtigt. Der Prozess beginnt mit der Auswahl eines geeigneten, vertrauenswürdigen Vertragspartners. Mit diesem sind dann alle Vertragsinhalte sorgfältig auszuarbeiten und präzise zu definieren. Während der Laufzeit eines PPA ermöglicht ein kontinuierliches Monitoring des Marktes, regulatorischer Vorgaben oder technischer Störungen, schnell auf Veränderungen reagieren zu können.

Ausblick

Weil sowohl Unternehmen als auch Regierungen verstärkt Klimaziele verfolgen und CO₂-Emissionen senken müssen, wird die Nachfrage nach PPA weiter steigen. Technologische Innovationen für die Erzeugung von Ökostrom und neue Geschäftsmodelle werden die Effizienz und Attraktivität von PPA ebenfalls steigern. Daneben haben aber auch regulatorische Änderungen und Förderprogramme Einfluss auf die Verbreitung von PPAs. Unternehmen, die frühzeitig auf PPAs setzen, können sich langfristig stabile Energiekosten sichern, während sie die Energiewende unterstützen und ihre Nachhaltigkeitsziele erreichen.

EMPOWER NET ZERO INDUSTRY energy

LÖSUNGEN FÜR DIE NÄCHSTE PHASE DER ENERGIEWENDE

LÖSUNGSANSÄTZE: Windenergie zwischen
Systemwandel und Marktchancen [S. 52](#)

UMFRAGE: Was bewegt die
Windenergiebranche auf der Husum Wind? [S. 54](#)

STÖRUNGEN VERMEIDEN: Vibrationssichere
Elektrifizierung in Windkraftanlagen [S. 56](#)

MESSEVORSCHAU:
Husum Wind 2025 [S. 60](#)

WOHER WEHT DER WIND?
Lokale Windenergie für die Wirtschaft [S. 63](#)

TITELBILD-SPONSOR: ENERCON

 ENERCON

Lösungen für die nächste Phase
der Energiewende

Windenergie zwischen Systemwandel und Marktchancen

Mit rund 30.000 Windenergieanlagen in Deutschland und einem stetig wachsenden Anteil an der Stromerzeugung ist Onshore-Windenergie aus dem Energiemix nicht mehr wegzudenken. Gleichzeitig verändern sich die Rahmenbedingungen für Erzeugung und Vermarktung deutlich.

TEXT + BILDER: ENERCON

In vielen europäischen Ländern ist die Phase staatlich garantierter Einspeisetarife vorbei. Die grüne Kilowattstunde wird zunehmend zur Handelsware, deren Wert sich am Markt orientiert. Betreiber müssen mit Preisschwankungen, Netzrestriktionen und komplexen Erlösmodellen umgehen. Zudem steigen die Anforderungen an technische Integration und Systemdienlichkeit. Für Projektierer und Betreiber bedeutet das: Die Planung, Finanzierung und Umsetzung von Windprojekten wird anspruchsvoller. Die Profitabilität hängt nicht mehr allein von der Erzeugung ab, sondern von der Fähigkeit, Strom bedarfsgerecht und netzdienlich einzuspeisen – und ihn wirtschaftlich zu vermarkten.

Politische Impulse für ein zukunftsfähiges Energiesystem

Die Bundesregierung setzt auf Versorgungssicherheit, Kosteneffizienz und Systemintegration. Damit diese Ziele wirksam umgesetzt werden können, braucht es gezielte regulatorische Impulse. Ein zukunftsfähiger Ausbau der Windenergie könnte durch



Die E-175 EP5 mit einer Leistung von 7 MW steht für eine neue Generation von Turbinen: ertragsstark, anschlussfähig und technologisch zukunftsweisend.

Lösungen, die das gesamte Ökosystem grüner Energien berücksichtigen und flexibel an unterschiedliche Kundenbedarfe angepasst sind, entfalten gezielt Mehrwert für kommunale Versorger, Industriekunden und unabhängige Betreiber.



verschiedene Maßnahmen begünstigt werden: beschleunigte Genehmigungsverfahren, wirtschaftlich gestaltete Netzanschlüsse, baurechtlich privilegierte und förderpolitisch unterstützte hybride Kraftwerkskonzepte – etwa die Kombination von Windenergie mit Batteriespeichern und Sektorkopplung. Ebenso wäre eine erleichterte Direktversorgung industrieller Großverbraucher mit regional erzeugtem Windstrom denkbar. Solche Ansätze würden zugleich verbesserte Rahmenbedingungen für kommunale Versorger und unabhängige Betreiber schaffen.

Lösungsvielfalt für ein differenziertes Kundenspektrum

Um den Anforderungen eines sich wandelnden Energiemarkts gerecht zu werden, rücken zunehmend Lösungen in den Fokus, die das gesamte Ökosystem grüner Energien berücksichtigen. Es geht um ein Zusammenspiel aus Projektentwicklung, Betrieb und Optimierung, das sich flexibel an unterschiedliche Kundenbedarfe anpassen lässt – etwa an industrielle Großverbraucher, die auf Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit angewiesen sind.

Versorgungssicherheit schafft für Industriekunden nicht nur Resilienz gegenüber volatilen Marktbedingungen, sondern eröffnet auch die Möglichkeit, langfristig stabile, wettbewerbsfähige Energiekosten zu realisieren. Die technischen Komponenten für ein leistungsfähiges Energiesystem sind vielerorts bereits vorhanden. Anbieter mit integrierten Lösungspaketen ermöglichen es, auf Basis bestehender Infrastruktur maßgeschneiderte Szenarien zu entwickeln und umzusetzen, die technische Effizienz und wirtschaftliche Optimierung wirkungsvoll vereinen.

Hybride Kraftwerke als Antwort auf volatile Märkte

Hybride Kraftwerkslösungen, die Windenergie mit Speichertechnologien und intelligenten Reglern kombinieren, leisten einen entscheidenden Beitrag zur Systemstabilität und Wirtschaftlichkeit. Sie ermöglichen eine bedarfsgerechte Einspeisung,

schaffen neue Erlösmodelle, senken Netzentgelte und stärken die Versorgungssicherheit.

Ein hybrides Lösungspaket, das Wirtschaftlichkeitsanalyse, technische Planung und netzkonforme Inbetriebnahme umfasst, bildet die Grundlage für die praktische Umsetzung solcher Konzepte. Ganzheitliche Speicherlösungen kombinieren Windparks mit Batteriespeichersystemen und Hybridreglern. Ihre modulare Struktur erlaubt eine passgenaue Integration in bestehende oder neue Windprojekte – und zeigt, wie sich technologische Innovation mit wirtschaftlichem Mehrwert verbinden lässt.

Gestalter integrierter Energielösungen sind gefragt

Die Energiewende verlangt neben technologischer Exzellenz ein tiefes Verständnis für systemische Zusammenhänge. ENERCON begegnet dieser Chance mit einem integrierten Lösungsansatz, der die Windenergieanlage als zentrales Element in ein vernetztes Gesamtsystem einbettet. Die E-175 EP5 steht dabei exemplarisch für eine neue Generation von Turbinen: ertragsstark, anschlussfähig und technologisch zukunftsweisend.

Ihre volle Wirkung entfalten diese Anlagen im Zusammenspiel mit ENERCONs intelligentem Lösungsportfolio: eine ganzheitliche Projektentwicklung von Planung bis Netzanschluss; ein vernetzter Betrieb mit intelligenter Wartung und Steuerung; sowie eine smarte Optimierung für bestehende Anlagen zur Sicherung ihrer Leistungsfähigkeit. Ergänzt durch flexible Speicherlösungen und hybride Konzepte entsteht ein System, das nicht nur Energie liefert, sondern Antworten auf die komplexen Anforderungen eines dynamischen Marktes bietet.

Mit diesem ganzheitlichen Ansatz unterstützt ENERCON Betreiber und Versorger dabei, den Wert erneuerbarer Projekte gezielt zu entfalten – technisch, wirtschaftlich und systemisch.

 Halle 2,
Stand B09

Impulse für die Zukunft der Windenergie

DAS BEWEGT DIE WINDENERGIEBRANCHE?

Ob neueste Technologien, praxisorientierte Lösungen oder spannende Forschungsansätze – die Husum Wind bietet eine Bühne für alles, was die Wind- und Erneuerbare-Energien-Branche bewegt. Die Inhalte werden von den Ideen und Präsentationen der Aussteller geprägt und machen die Messe zu einem zentralen Ort für Inspiration und Austausch. „Mit welchen thematischen Impulsen möchten Sie die Besucherinnen und Besucher der Husum Wind 2025 begeistern?“, haben wir die teilnehmenden Unternehmen gefragt. Hier die Antworten:

UMFRAGE: Katharina Huber, Energy BILDER: teilnehmende Unternehmen; iStock, thepraetorian





GABRIEL SCHWANZER

Bei Bachmann electronic kümmern wir uns seit Jahren um den wirtschaftlichen und technischen Langzeiterhalt von Bestandsanlagen. Nicht jede gealterte Anlage erfordert ein Repowering. Für die meisten bietet sich eine passende Bachmann-Retrofit-Lösung an, die sowohl ökonomisch als auch ökologisch ist. Mit nur wenigen Tagen Stillstandzeit und im Gegensatz zu Repowering mit sehr viel geringeren Investitionen, sind unsere Retrofit-Umsetzungen ein sicherer Garant für viele Jahre lukrativen und sicheren Weiterbetrieb.

Leiter Vertrieb, Marketing und Director
Business Unit Wind / Energy,
Bachmann electronic

HUSUM WIND Halle 5,
Stand B07



DAVIDE MONTALDO

Harting präsentiert auf der Husum Wind 2025 innovative Verbindungstechnik für die gesamte Wertschöpfungskette der durch Wind erzeugten, regenerativen Energie – von der Einspeisung ins Netz und der Umwandlung in Wasserstoff über die Speicherung bis hin zur Nutzung in der Elektromobilität. Gleichzeitig zeigen wir Technologien, die den hohen Anforderungen von Offshore-Windinstallationen an Sicherheit und Effizienz gerecht werden. Mit robusten, zuverlässigen und zukunftsweisenden Steckverbinder- und Kabellösungen arbeiten wir aktiv an einer nachhaltigen Zukunft – einer All Electric Society.

Industry Segment Manager Energy,
Harting

HUSUM WIND Halle 2,
Stand A06



CLAUS URBANKE

Als Betreiber und Vermarkter von Onshore-Windenergie in Deutschland verfügt Statkraft über umfassende Expertise entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Wir setzen auf Wachstum im Windbereich und zeigen, wie wir dieses durch das Repowering von Bestandsanlagen und die Entwicklung von Greenfield-Projekten realisieren wollen. Darüber hinaus beleuchten wir die Vermarktung von Windenergie im Spannungsfeld zwischen langfristigen Power Purchase Agreements (PPAs) und kurzfristiger Marktdynamik und erläutern, wie die Kombination von PPAs mit angeschlossenen Batteriespeichern völlig neue, lukrative Handlungsspielräume für Betreiber erschließt.

VP Wind, Solar & Storage Development,
Statkraft

HUSUM WIND Halle 2,
Stand A05



TORSTEN PRECHT

Wieland Electric präsentiert auf der Husum Wind 2025 innovative Systemlösungen für eine maximale Effizienz, Sicherheit und Zukunftsfähigkeit in On- und Offshore-Windkraftanlagen. Highlight ist die neue Outdoor-Leuchte VALIS PRO – extrem robust, normkonform und zuverlässig. Ergänzt durch steckbare Elektroinstallationssysteme, unterbrechungsfreie Stromversorgungen und intelligente Planungstools zeigen wir, wie moderne Anlagen schnell, fehlerfrei und kosteneffizient realisiert werden können – zuverlässig, langlebig und bereit für die höchsten Anforderungen weltweit.

Global Key Account Manager,
Wieland Electric

HUSUM WIND Halle 2,
Stand C06

Vibrationssichere Elektrifizierung in Windkraftanlagen

Störungen vermeiden

Beim Bau der Maxcap-Windkraftanlagen setzt Windwise auf robuste Automationsschränke und Niederspannungskomponenten von ABB. Die vibrationsfesten IS2 Schaltschränke mit Erdbebenkit und die SACE Leistungsschalter sichern die Umrichtertechnik in der Gondel. Sie gewährleisten eine zuverlässige Elektrifizierung, die für die Steuerung der Anlagen und deren Beitrag zu Netzstabilität und Kapazitätsfaktor entscheidend ist.

TEXT: Jannik Schlegel, ABB Elektrifizierung BILDER: ABB; iStock, Sebastian Gorczowski

Die Transformation unserer Energiesysteme hin zu erneuerbaren Energien stellt Ingenieure vor immer neue Herausforderungen. Denn bei der Energiewende geht es nicht nur um die nachhaltige Stromerzeugung an sich: Insbesondere bei Windkraftanlagen kommt es vor allem auf die intelligente Integration der erzeugten Energie in die bestehenden Stromnetze an.

Mit der Entwicklung der Windenergieanlage Maxcap hat Windwise eine neue Anlagengeneration geschaffen, die dank moderner Umrichtertechnik und optimierter Software genau diese Anforderungen erfüllt. Die Umrichter reagieren dabei flexibel auf geänderte Netzbedingungen, sodass sich die Energieeinspeisung präzise steuern lässt. So punkten die Windkraftanlagen in Bezug auf negative Strompreise. Wenn mehr Strom produziert als verbraucht wird, bedeutet das für Windkraftanlagen Betreiber Verluste – nicht so allerdings bei Maxcap:

Die Einspeisung wird in diesem Fall ganz einfach reduziert oder unterbrochen, sodass die überschüssige Energie entweder zwischengespeichert oder für andere Zwecke genutzt werden kann – etwa für die Produktion von grünem Wasserstoff. Statt Verlust zu schreiben können Betreiber von Maxcap-Wind-

kraftanlagen deren Potenzial vollumfänglich nutzen und profitieren von einem erhöhten Kapazitätsfaktor. Diese Verbesserungen machen die Anlagen nicht nur netzfreundlicher, sondern auch zu einem wichtigen Baustein für die Energiewende. „Unsere Windkraftanlagen stärken nicht nur technologisch, sondern auch wirtschaftlich die Position der Windkraft als Grundstein einer neuen Anlagengeneration im Klimawandel“, sagt Markus Becker, Geschäftsführer von Windwise.

Ein besonderes Merkmal des Konzepts ist dabei das innovative Lizenzmodell. So können auch Unternehmen, die bislang noch keine Erfahrungen mit Windenergie haben, zu Anlagenbauern werden – indem sie vom Know-how der Windwise-Ingenieure profitieren. Dies trägt zur globalen Verbreitung dieser nachhaltigen Technologie bei.

Elektrifizierungslösungen - aber robust bitte

Für die Realisierung der anspruchsvollen Umrichtertechnik in den Anlagen brauchte es innovative Technik, die den extremen Bedingungen in der Gondel einer Windkraftanlage standhält. Dabei entschied sich Windwise für die Automatisierungslösungen von ABB. Im Juli 2023

startete das Projekt, bei dem ABB folgende Komponenten für die Windkraftanlagen lieferte:

- Insgesamt acht IS2 Automationsschränke jeweils vier in den Größen 2200x800x400 mm (HxBxT) sowie 2200x800x600 mm (HxBxT) für die Umrichtertechnik pro Windkrafttrad. Diese wurden als Block angereicht sowie Rücken an Rücken montiert, sodass die Gesamtabmessungen bei 2200x3200x1600 mm lagen.



Die fertiggestellten Gondeln werden
2025/2026 an Standorten im Kreis
Warendorf (NRW) unweit des windwise
Unternehmenssitzes in Münster
aufgestellt.



**UNDER
CONSTRUCTION**



Die speziell für hohe Vibrationsbelastungen ausgelegten IS2 Schaltschränke mit integriertem Erdbebenkit und die leistungsstarken SACE Leistungsschalter bilden das Herzstück der Umrichtertechnik in der Gondel.

- AS0001 Erdbebenkits für die Automationsschränke zur Stabilisierung gegen auftretende Vibrationen sowie Querstreben vom Typ EB zur zusätzlichen Verstärkung
- SACE Leistungsschalter der Baureihe Tmax XT6 sowie Sicherungslasttrennschalter vom Typ XLP000
- AF-Schütze in Kombination mit MO132 Motorstartern sowie MS325 Motorschutzschaltern
- Diverse Reiheneinbaugeräte wie zum Beispiel 3-polige Leitungsschutzschalter mit 2A Nennstrom und C Auslösecharakteristik (S203M-C2)

Montiert wurden die Automationsschränke auf dem Trafoträger in der Gondel der Windkraftanlagen im November 2024. Zuvor wurden die Schaltschränke von SAB Pregler in Deggendorf zusammengebaut, während die Fa. Bentec in Bad Bentheim für die Montage der Gondel verantwortlich war. Die fertiggestellten Gondeln werden 2025/2026 an Standorten im Kreis Warendorf (NRW) unweit des Windwise Unternehmenssitzes in Münster aufgestellt. Weitere Maxcap-Anlagen sind in Planung, sollen

gefertigt, nach Namibia verschifft und dort installiert werden. Projektmanager Florian Schubert von Windwise schafft derzeit die Voraussetzungen für die erforderlichen Baugenehmigungen.

Technische Herausforderungen durch extreme Bedingungen

Die besonderen Anforderungen des Projekts stellten das ABB-Team vor mehrere technische Herausforderungen. „Die Vibrationsfestigkeit war ein entscheidender Faktor“, erläutert Jannik Schlegel, Business Developer bei ABB. Der Rotor eines Windrads erzeugt bei jeder Drehung Vibrationen. Schwingungen werden durch die Höhe noch verstärkt und ungleichmäßige Windlasten durch Böen verursachen plötzliche Belastungsspitzen: Die Technik in der Gondel eines Windrads muss daher einiges aushalten können. Bei mangelnder Vibrationsfestigkeit können sich nicht nur Verbindungen lösen, auch Leistungsschalter lösen ungewollt aus und Schaltschränke werden beschädigt. Gleichzeitig sind Ausfälle kostspielig: Aufgrund der erschwerten Zugänglichkeit in der Höhe sind Schäden umständlich zu beheben.

Die extreme Umgebung in der Gondel der Windkraftanlagen mit einer Kombination aus Vibrationen, Temperaturschwankungen und Feuchtigkeit erforderte somit spezielles Equipment. Mit einer innovativen Lösung gelang es ABB, diesen Anforderungen gerecht zu werden – und zwar durch den Einsatz von Erdbebenkits. Ursprünglich für Erdbebenzonen entwickelt, eignet sich diese Technologie perfekt um den herausfordernden Bedingungen in Windkraftanlagen zu begegnen. „So können unsere Schaltschränke seismische Kräfte bis zu 0,75 G abfangen. Diese Robustheit nutzen wir für die Eigenvibrationen in der Gondel der Windräder“, erklärt Jannik Schlegel, Business Developer bei ABB.

Durch die spezielle Anreihung der Automationsschränke – nämlich „Rücken an Rücken“ im Quadrat zueinander – und den Einbau einer dichtschießenden Trennwand machten die ABB-Experten es möglich, dass Feuchtigkeit aus den Schränken mit einem Lüfter abgeführt wird, ohne dass Partikel hineingelangen. Auch die Leistungsschalter mussten besonderen Anforderungen genügen.



Insgesamt acht IS2 Automationsschränke sind im Einsatz. Diese wurden als Block angereiht sowie Rücken an Rücken montiert, sodass die Gesamtabmessungen bei 2200x3200x1600 mm (HxBxT) lagen.

Diese arbeiten mit variabler Frequenz in einem weit gefassten Spannungsbereich von 190 V bis 820 V AC. Der Gesamtstrom des Systems liegt bei 1500 A, und die dynamische Anwendung war mit Standardnormen nur schwer abzubilden. „Der Kunde hat mehrere einzelne Konverter, die er einzeln pro Schrank und Schaltgeräte an- und abschalten möchte“, erklärt Matthew Porter, Segment Manager Erneuerbare Energien bei ABB Elektrifizierung.

Zukunftstechnologie für die Energiewende

Für ABB in Deutschland markiert dieses Projekt einen wichtigen Meilenstein im Windkraftsektor. Die erfolgreiche Integration der Automations-schränke in die anspruchsvolle Umge-bung eines Windkrafttrads eröffnet neue Perspektiven für zukünftige Projekte in diesem wachsenden Markt: Die Max-cap-Anlagen repräsentieren die Art von Technologien, die für die europäische Energiewende unverzichtbar sind. Als Elektrifizierer und Automatisierer kann das Unternehmen hier seine Expertise und gesamtes Know-how einbringen.

Die in diesem Projekt gewonnenen Erkenntnisse fließen direkt in die Weiterentwicklung der ABB-Lösungen ein. Besonders die Erfahrungen mit vibrationssicheren Installationen haben Relevanz weit über die Windkraftbranche hinaus. „Unsere Lösungen für extreme Umgebungen bewähren sich in verschiedensten Anwendungen – vom Schiffsbau über seismisch aktive Regionen bis hin zu Industrieanlagen mit starken Vibrationen“, erläutert Jannik Schlegel.

Die Zusammenarbeit mit Windwise steht mit dem aktuellen Prototypenbau erst am Anfang: „Wir sind bereits im intensiven Austausch mit ABB zur nächsten Generation des Maxcap-Anlagentyps“, berichtet Markus Becker, Geschäftsführer und CTO von Windwise. Gemeinsam mit dem SACE-Team will ABB maßgeschneiderte Lösungen entwickeln, die den spezifischen Anforderungen dieser innovativen Windkraftanlagen noch besser gerecht werden. Diese kontinuierliche Weiterentwicklung unterstreicht das Engagement beider Unternehmen für nachhaltige Energielösungen und zeigt, wie technologische Partnerschaften die Energiewende vorantreiben können.

bachmann.

the power to control



Aus Daten machen wir Wissen.

Aus Condition Monitoring Ihren beständigen Erfolg.

360° und Rund-um-die-Uhr

Kosteneffizienz und Betriebssicherheit sind der Maßstab für unser CMS: Vom Fundament bis in die Rotorblattspitze.

Ihre Erträge steigen – garantiert

Kümmern Sie sich nicht um die richtigen Tools, die haben wir. Aktivieren Sie Ihren Erfolg – mit uns.

Besuchen Sie uns:
HUSUM Wind, DEU
Stand: 5B07

www.bachmann.info



 energy.industry.maritime.

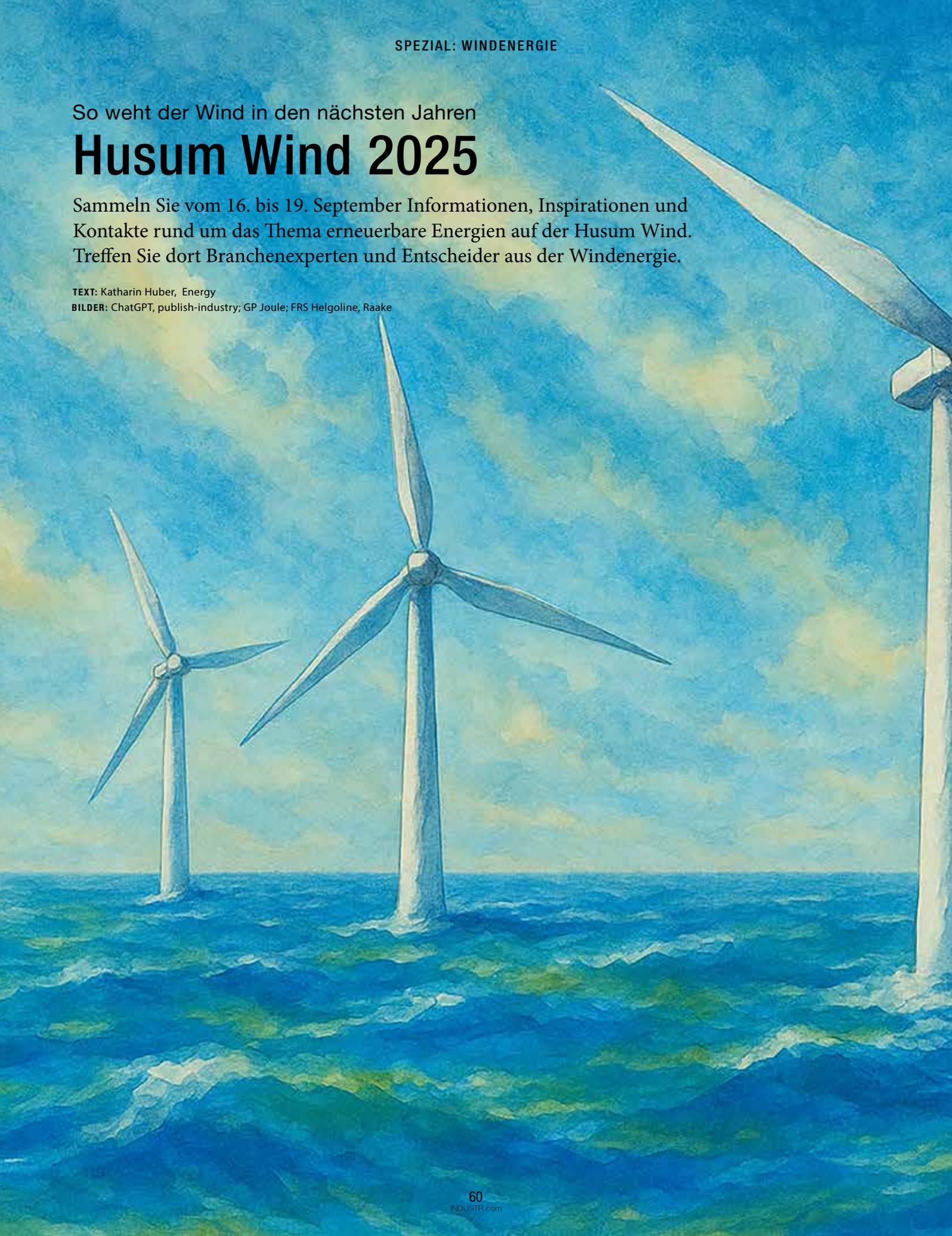
So weht der Wind in den nächsten Jahren

Husum Wind 2025

Sammeln Sie vom 16. bis 19. September Informationen, Inspirationen und Kontakte rund um das Thema erneuerbare Energien auf der Husum Wind. Treffen Sie dort Branchenexperten und Entscheider aus der Windenergie.

TEXT: Katharin Huber, Energy

BILDER: ChatGPT, publish-industry; GP Joule; FRS Helgoline, Raake





Kostenfreier klimafreundlicher Shuttle-Service im Großraum der Messe.

Was 1989 in der Husumer Viehauktionshalle begann, hat sich in über dreißig Jahren zur Husum Wind entwickelt. Eine Fachmesse rund um Onshore- und Offshore-Windenergie. Noch heute bietet sie allen Akteuren und Themenbereichen der erneuerbaren Energien eine zentrale Business-Plattform für den deutschsprachigen Markt. Seien Sie dabei, wenn sich sämtliche Akteure entlang der Wertschöpfungskette treffen und in die Themenwelt rund um die Transformation der Energiesysteme eintauchen – mit über 600 Anbietern und Anbieterinnen aus der Branche der erneuerbaren Energien an einem Ort. Vom 16. bis 19. September wird die Offshore-Windenergie auch in diesem Jahr ein zentrales Thema der Husum Wind 2025 sein – unter anderem können die Teilnehmer bei einer Offshore-Exkursion tief in die Branche eintauchen. Der Fokus liegt dabei insbesondere auf der wachsenden Bedeutung der Windenergie für die Energieversorgung der Zukunft.

Windenergie zu Land und Wasser

Mit einem Vorstoß in die Zukunft der erneuerbaren Energien zieht Norddeutschland alle Register. Während sich

die Rotoren der Onshore-Windparks im Takt des Landwinds drehen und kosteneffizient lokale Stromnetze speisen, entfesseln die gigantischen Offshore-Windturbinen weit draußen auf See ihr volles Potenzial. Diese Konstruktionen trotzen den rauen Bedingungen des Meeres und profitieren von konstant starken Winden, die sie zu echten Stromgiganten machen. Für Installation, Betrieb und Wartung von Offshore-Windparks sind fortschrittliche Technologien erforderlich, einschließlich spezialisierter Schiffe und Fachkenntnisse im Tiefwasserbau. Trotz dieser Herausforderungen locken die unerschöpflichen Energien der Offshore-Standorte zahlreiche Investoren an. Auf der Husum Wind erfahren Sie alles rund um Onshore- und Offshore-Windenergie.

Fokus auf Digitalisierung und Sicherheit

Auf der diesjährigen Husum Wind stehen insbesondere die Themen Digitalisierung und IT-Transformationstechnologien, darunter Künstliche Intelligenz und Cybersicherheit, als zentrale Elemente der Energiewende im Fokus. Denn sie treiben die Entwicklung neuer Produkte, Dienstleistungen und



Mitten auf dem Meer entstehen moderne Offshore-Windparks, die nicht nur Strom für Millionen liefern, sondern auch zeigen, wie Innovation und Nachhaltigkeit Hand in Hand gehen.

Geschäftsmodelle voran, die die Energie-zukunft maßgeblich gestalten können.

Grüner Wasserstoff im Mittelpunkt

Was gibt es Neues im Bereich Wasserstoff? Norddeutschland ist Vorreiter bei der Nutzung von grünem Wasserstoff: Überschüssiger Windstrom wird dabei in Wasserstoff umgewandelt. Auch 2025 bleibt Grüner Wasserstoff ein Schwerpunkt der Husum Wind. In der Hydrogen Area in Halle 2 und im begleitenden Fachforum am Stand 2D34 wird eine Plattform für Technologieanbieter, Projektentwickler und Abnehmer geboten, die einen praxisnahen Austausch und die wirtschaftliche Skalierung von Wasserstofflösungen fördert. In der Hydrogen Area präsentieren Aussteller Produkte und Technologien entlang der gesamten Wasserstoff-Wertschöpfungskette, während im Forum Themen wie Marktentwicklung und Infrastruktur beleuchtet werden. Dabei soll der Deutsch-Dänische Energiedialog den Austausch zwischen Politik und Industriefördern. Zentrale Themen sind: Wie fördern Projekte mit grünem Wasserstoff den Markthochlauf? Welche Erkenntnisse und Kooperationen aus Wirtschaft und Forschung unterstützen diesen Prozess? Wie werden Netze und Infrastruktur ausgebaut und umgestaltet?

Vorreiter der Sektorenkopplung

Die Windbranche kann sich vom Vorreiter der erneuerbaren Stromerzeugung zum zentralen Akteur einer integrierten Energiestruktur entwickeln, die alle Sektoren umfasst. Denn neben den erneuerbaren Energiequellen rückt auch die Sektorenkopplung zunehmend in den Fokus. Die Nutzung von grünem Strom zur Dekarbonisierung der bisher überwiegend konventionellen Sektoren Wärme und Verkehr ist entscheidend für den Erfolg der Energiewende. Durch die intelligente Verknüpfung der Energiesektoren sowie von Energieerzeugung und -verbrauch können die Spitzenlasten bei der Produktion von Windenergie für Mobilität, Heizung bzw. Kühlung genutzt werden. Das ist auch für die Windindustrie spannend, denn so ergeben sich neue Geschäftsfelder und erweiterte Absatzchancen. Die gerade beginnende, von staatlicher Seite vorangetriebene Transformation der Industrie hin zu klimafreundlichen Produktionsverfahren und Lieferketten ist beispielsweise ohne Windenergie schwer denkbar.

Offizielles Partnerland: Dänemark

Im Jahr 2025 ist Dänemark offizielles Partnerland der Husum Wind. Dänische Unternehmen werden Technologien aus

den Bereichen Turbinenproduktion, Offshore-Entwicklung und Energiespeicherung präsentieren und somit die gesamte Wertschöpfungskette der Windindustrie abdecken. Der Deutsch-Dänische Energiedialog bietet eine Plattform, um die Themen Energiewende, grüner Wasserstoff und Digitalisierung der Windindustrie zu diskutieren. Mit dabei ist Thomas Østrup Møller, der königlich dänische Botschafter. Dänemark ist für seine Innovationskraft in der Windenergie bekannt und plant, künftig Energieinseln in der Nordsee zu errichten.

Offshore-Exkursion

Die bestehenden Energieinseln können am 15. September im Rahmen einer Offshore-Exkursion erkundet werden. Dabei erhalten die Teilnehmenden exklusive Einblicke in die Entwicklung der Offshore-Windenergienutzung der letzten Jahre. Dabei werden Anlagen der ersten Generation aus dem Jahr 2010 bis hin zur neuesten und größten 15-MW-Anlage angefahren. Die Teilnehmenden erhalten detaillierte Einblicke in aktuelle Technologien von Betreibern wie EnBW und RWE. Die Offshore-Windkraft ist für die Energiewende von entscheidender Bedeutung und die Kapazität in Nord- und Ostsee leistet einen wesentlichen Beitrag zur klimafreundlichen Stromversorgung.

Lokale Windenergie für die Wirtschaft

Woher weht der Wind?

Wie steht es in Deutschland um die Direktbelieferung von Industrieunternehmen mit lokal erzeugtem Windstrom? Und was ist entscheidend, um eine eigene Windkraftanlage effizient zu betreiben? Eine aktuelle Bestandsaufnahme.

TEXT: Copa-Data BILDER: Copa-Data; Joerg Steber, iStock



Mit der Softwareplattform zenon können Windkraftwerke, sowie alle umgebenden Anlagen effizient automatisiert werden.

Beide Szenarien – lokale Direktbelieferung und Eigenstromversorgung – sind im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) vorgesehen. Sie funktionieren außerhalb des Stromnetzes und bieten energieintensiven Industriebetrieben gerade deshalb Vorteile gegenüber dem reinen Strombezug über das öffentliche Netz: als effizientere, nachhaltigere und kostengünstigere Energielösungen, die zudem mehr Unabhängigkeit von den Strommärkten ermöglichen.

Direktbelieferung mit lokal erzeugtem Windstrom

Von Direktlieferung (On-Site-PPA) spricht man, wenn ein Unternehmen von einem Windkrafterzeuger Strom über eine Direktleitung und damit außerhalb des öffentlichen Netzes bezieht. Der entscheidende Vorteil sind die deutlich geringeren Kosten für den Stromverbrauch. Denn bei einer Direktversorgung mit Strom entfallen Netzentgelte, Steuern, Abgaben und Umlagen, welche für den Strombezug aus öffentlichen Netzen zu zahlen sind. Zudem sorgen Stromlieferverträge (On-Site-PPA) mit einem örtlichen Anlagenbetreiber für eine höhere Versorgungssicherheit. Und schließlich eröffnet sich mit ortsnah erzeugtem Windstrom eine neue Möglichkeit, als Unternehmen die produktionsbedingten CO₂-Emissionen in Eigenregie zu verringern.

Der Bundesverband WindEnergie registriert wohl auch deshalb zum Thema Direktbelieferungen ein großes Interesse

aus der Wirtschaft. Allerdings bremsen komplexe gesetzliche Vorgaben und regulatorische Hemmnisse entsprechende Projekte derzeit noch aus. Dass es prinzipiell möglich ist, solche Vorhaben zu realisieren, zeigt die 2024 gestartete Direktbelieferung von ThyssenKrupp Hohenlimburg durch die SL Naturenergie. Über ein drei Kilometer langes Kabel zum nahegelegenen Windpark bezieht der Hersteller von warmgewalztem Mittelband 40 Prozent seines Strombedarfs und senkt damit elf Prozent seiner CO₂-Emissionen. Das Projekt war die erste erfolgreiche Initiative dieser Art in Deutschland.

Die Bundesregierung hat sich zum Ziel gesetzt, die physikalische Direktversorgung von Unternehmen auszuweiten. Einfachere Genehmigungsverfahren und weniger Auflagen wären für interessierte Unternehmen sicher ein besonders wichtiges Signal.

Eigenstromerzeugung im Unternehmen

Eine Windkraftanlage auf dem eigenen Gelände oder gar ein eigener Windpark in unmittelbarer Nähe für die Selbstversorgung mit Strom? Aktuell ist das noch eine Seltenheit. Denn der Bau und Betrieb einer Windkraftanlage bzw. Windparks ist im Vergleich zu einer Solaranlage aufwendiger und komplexer. Doch mit dem Wegfall der EEG-Umlage 2023 und den seither gestiegenen Stromkosten wächst auch hier das Interesse deutlich, insbesondere bei Unternehmen aus der Fertigungs- und Prozessindustrie sowie dem Anlagen- und Maschinenbau.



Der Einsatz professioneller Software für die Überwachung und den Betrieb von Windkraftanlagen, Photovoltaiksystemen oder weiteren Nebenanlagen stellt eine wichtige Grundlage für eine profitable Nutzung der verfügbaren Energie dar.

Die Rentabilität einer Windkraftanlage hängt von einigen Faktoren ab. Von entscheidender Bedeutung sind Anlagengröße, Standort, Investitions- und Betriebskosten. Um eine Anlage wirtschaftlich zu betreiben, schlägt insbesondere die Eigenstromnutzung positiv zu Buche. Hier gilt: je mehr, desto besser. Auch Förderungen und Einspeisevergütungen tragen dazu bei, die eigene Windkrafterzeugung profitabel zu machen. Für überschüssigen Strom, der vom Unternehmen in das öffentliche Netz eingespeist wird, steht dem Anlagenbetreiber über 20 Jahre ab Inbetriebnahme eine EEG-Förderung zu. Zudem erhält er für den gelieferten Strom eine Einspeisevergütung vom Netzbetreiber.

Bis maximal 100 kW installierte Leistung kann der Überschussstrom bei Windkraftanlagen ohne weitere Aufwände in das öffentliche Netz eingespeist werden. Bei Anlagen mit mehr als 100 kW installierter Leistung sind Betreiber verpflichtet, einen Direktvermarkter zu engagieren, der den Strom abnimmt und zum vertraglich festgelegten Preis vergütet.

Gestaltungsoptionen für die profitable Nutzung

Wenn die Windkraftanlage mehr Strom produziert, als im Betrieb verbraucht wird, gibt es prinzipiell mehrere Möglichkeiten, überschüssigen Strom profitabel zu nutzen. Interessant ist der Einsatz von Batteriespeichern. Sie dienen einerseits als Zwischenpuffer und Energielager, ermöglichen aber auch strategische Netzeinspeisungen des gespeicherten Stroms zu

Zeiten hoher Energiepreise. Eine weitere Option ist die Belieferung anderer Unternehmen in der Nachbarschaft außerhalb des öffentlichen Netzes via Direktleitung, z.B. im selben Gewerbegebiet.

Technische Aspekte zum effizienten Betrieb von Windkraftanlagen

Windenergieanlagen haben eine durchschnittliche Nutzungsdauer von 20 bis 25 Jahren. Damit eine Anlage möglichst optimal und ausfallfrei läuft, ist ihre technische Überwachung, Steuerung und Wartung entscheidend. Eine wichtige Grundlage dafür bildet der Einsatz professioneller Software. So kann die Leistung und der Gerätezustand im laufenden Betrieb mit spezieller Automatisierungs- und Messtechnik permanent überwacht werden, um technische Probleme früh zu erkennen und zu beheben, bevor es zum Ausfall kommt.

Entscheidend ist der Einsatz einer erweiterbaren Softwareplattform für die Automatisierung und Prozesssteuerung in der Stromerzeugung, -übertragung und -verteilung, wie beispielsweise die Softwareplattform zenon von Copa-Data. Mit einer solchen technologieoffenen Lösung können über den gesamten Lebenszyklus der Anlage alle Anpassungen ohne größere Aufwände vorgenommen werden, wie zum Beispiel die Anbindung von Batteriespeichern, der Austausch von Komponenten, oder auch die Anbindung von Direktvermarktern für die kommerzielle Vermarktung überschüssigen Stroms.

Solarchemie der nächsten Generation

KÜNSTLICHES SOLAR-BLATT ERZEUGT AUS CO₂ SAUBEREN TREIBSTOFF

Ein internationales Forschungsteam aus Cambridge und Berkeley hat eine hocheffiziente Plattform entwickelt, die Sonnenlicht nutzt, um Kohlendioxid in komplexe Kohlenwasserstoffe zu verwandeln – wichtige Bausteine für Kraftstoffe, Chemikalien und Kunststoffe. Das Verfahren kommt ohne fossile Rohstoffe aus, steigert die Effizienz um das 200-Fache und liefert zugleich wertvolle Nebenprodukte.

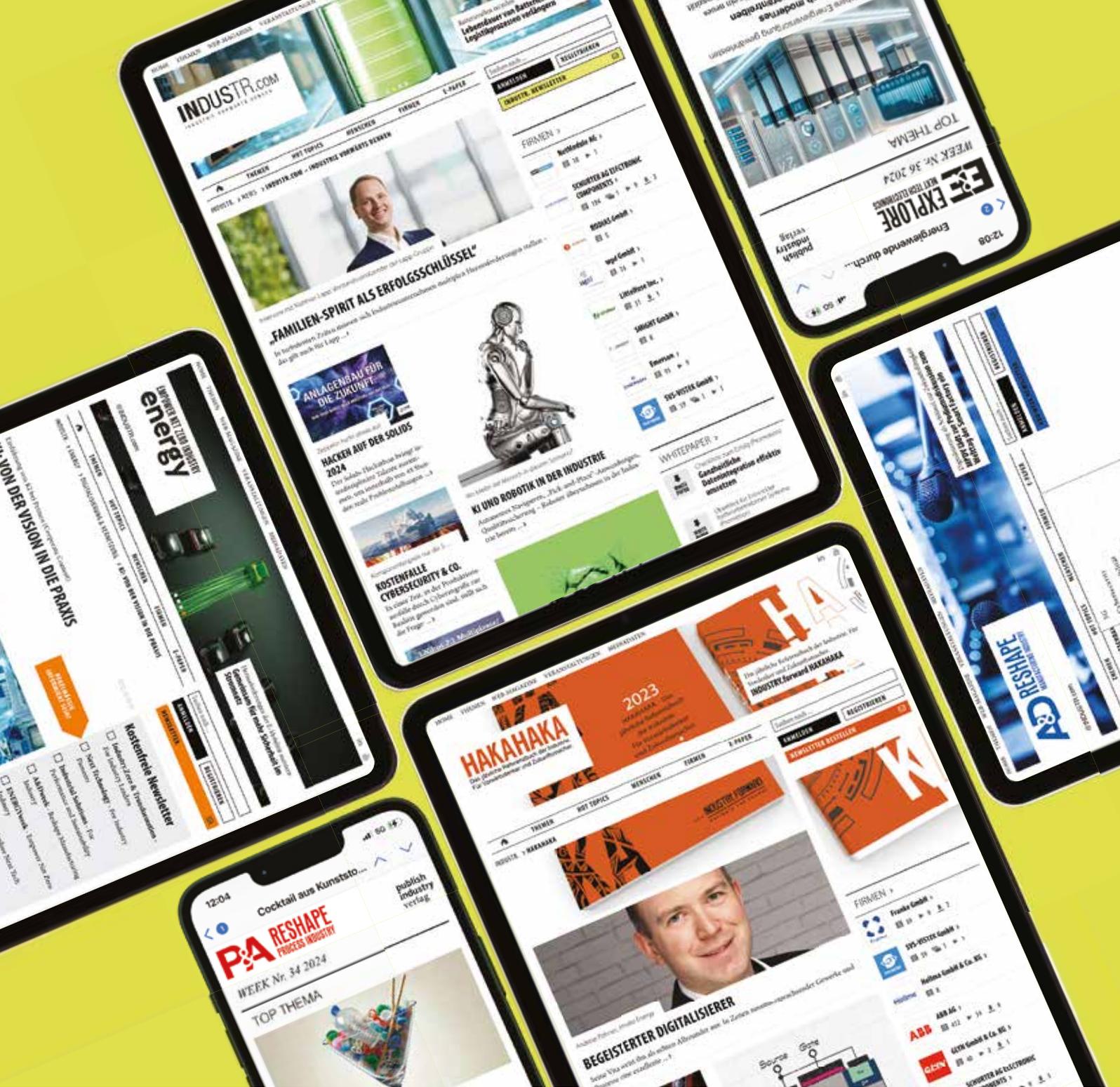
TEXT: Bernhard Haluschak, Energy BILD: iStock, Christian Decout

Forschende der University of Cambridge und der University of California, Berkeley, präsentieren ein künstliches Blatt, das neue Maßstäbe in der solaren Kraftstoff- und Chemikalienproduktion setzen könnte. Herzstück der Entwicklung ist die Kombination aus einer lichtabsorbierenden Perowskit-Solarzelle und einem Kupfer-„Nanoflower“-Katalysator. Während herkömmliche Metallkatalysatoren CO₂ meist nur in einfache, einkohlenstoffige Moleküle umwandeln, ermöglichen die Kupfer-Nanostrukturen die Bildung komplexerer Kohlenwasserstoffe wie Ethylen und Ethan – entscheidende Bausteine für flüssige Kraftstoffe, Kunststoffe und Feinchemikalien.

Statt energieintensiver Wasserspaltung setzen die Forschenden auf Silizium-Nanodraht-Elektroden, die Glycerin oxidieren. Das steigert die Ausbeute an gewünschten Produkten um das 200-Fache im Vergleich zu bisherigen Systemen und liefert zusätzliche Wertstoffe wie Glycerat, Lactat und Formiat für Anwendungen in Pharma, Kosmetik und chemischer Synthese.

Das Verfahren arbeitet klimaneutral, da CO₂, Wasser und Glycerin als Ausgangsstoffe dienen und keine zusätzlichen Emissionen entstehen. Noch liegt die Selektivität für komplexe Kohlenwasserstoffe bei rund zehn Prozent, doch die Optimierung der Katalysatoroberfläche könnte diesen Wert deutlich erhöhen.

Die Forschenden sehen ihr System nicht nur als Schlüsseltechnologie für CO₂-Verwertung, sondern auch als Plattform für nachhaltige, maßgeschneiderte chemische Synthesen. Mit weiterer Entwicklung könnte dieser Ansatz den Übergang zu einer zirkulären, CO₂-neutralen Chemiewirtschaft beschleunigen.



NETZWERK WISSEN BUSINESS

INDUSTR.com – INDUSTRIE VORWÄRTS DENKEN

INDUSTR.com unterstützt nachhaltig Ihre Informations- und Kaufprozesse. Mit hoher Industrie- und Technikexpertise fokussiert INDUSTR.com die Märkte Energie & Energietechnik, Maschinen- & Anlagenbau, Industrieautomation, Elektronik & Elektrotechnik, Chemie & Pharma, Kunststoffindustrie, Food & Beverage, Bio- & Umwelttechnik – die gesamte produzierende Industrie. www.industr.com

Die nächste Ausgabe des INDUSTRY.zero REPORT kostenfrei lesen?



Jetzt Leser werden!

