

# review

EINE DER AM LÄNGSTEN  
ERSCHEINENDEN  
FACHZEITSCHRIFTEN DER WELT

04|2022 de

## Verbindungen

- 
- 06–33 **Versorgung & Schutz**
  - 34–45 **Lebensmittel & Getränke**
  - 46–65 **Wasserstoff**





Temperaturen im Blick



Die Energie-Diät

Dekarbonisierung der Zukunft



---

## 05 Editorial

---

## Versorgung & Schutz

- 08 **Bescheinigte Nachhaltigkeit**  
ABB-Produkte erhalten PEP  
ecopassport®
- 14 **Der erste einer Art**  
SACE Infinitus für die Strom-  
verteilung der Zukunft
- 20 **Dichtungen für die Zukunft**  
Das Dichtungssystem des  
Azipod®-Antriebs unter der Lupe
- 28 **Temperaturen im Blick**  
Intelligentes Temperaturüber-  
wachungsrelais

---

## Lebensmittel & Getränke

- 36 **Die Energie-Diät**  
Intelligente Verbrauchsmessung  
und Überwachung
- 42 **Auf der sicheren Seite**  
Intelligente Sicherheit für  
die Lebensmittel- und  
Getränkeindustrie

---

## Wasserstoff

- 48 **Dekarbonisierung der Zukunft**  
ABB-Lösungen zur Optimierung  
von Wasserstoffanwendungen
- 54 **Ein besonderes Molekül**  
Sensortechnologien für die  
H<sub>2</sub>-Wertschöpfungskette
- 60 **Wasserstoffproduktion**  
Moderne Stromversorgungen  
für Elektrolyseure
- 64 **Das H<sub>2</sub>-Netzwerk**  
Herstellung von grünem  
Wasserstoff in den USA

- 
- 66 **Lesertrends**  
Ergebnisse der Leserumfrage  
2022

---

## Buzzwords entschlüsselt

- 68 **6G**
- 
- 69 **Abonnement**
  - 69 **Impressum**
- 
- 70 **Index 2022**

### Übersetzungen der ABB Review

Aufgrund der geringen Absatzzahlen der französischen und spanischen Ausgabe hat das Unternehmen beschlossen, die ABB Review ab der Ausgabe 1/2023 ausschließlich in Englisch, Deutsch und Chinesisch zu veröffentlichen.

Die Redaktion bedankt bei den Lesern der eingestellten Sprachen für ihre Treue und hofft, dass viele von ihnen die ABB Review in einer anderen Sprache weiterlesen und unterstützen werden.

Um die ABB Review zu abonnieren, besuchen Sie uns auf [abb.com/abbreview](http://abb.com/abbreview).

---

## Verbindungen

**Integrierte Systeme in einer verflochtenen Welt wären unmöglich ohne Verbindungen. Diese Ausgabe der ABB Review zeigt, wie einige dieser Verbindungen entstehen und smarter gemacht werden können, um bessere Ergebnisse zu erzielen.**

**Sie möchten gern per E-Mail über neue Ausgaben der ABB Review informiert werden, die Druckausgabe abonnieren oder einfach online auf Artikel zugreifen? Besuchen Sie uns unter [abb.com/abbreview](http://abb.com/abbreview).**

EDITORIAL

# Verbindungen



Liebe Leserin, lieber Leser,

industrielle Prozesse nutzen Verbindungen unterschiedlichster Art. Sie benötigen Energie zum Antrieb, Daten zur Steuerung und Menschen, die sie warten und bedienen. Ist eine dieser Verbindungen gestört oder fällt sie aus, kann dies kostspielige und schädliche, im schlimmsten Fall sogar katastrophale Folgen haben.

Bei der Energieversorgung werden die Schutzalgorithmen immer ausgeklügelter. Sie sichern nicht nur eine durchgängige Versorgung, sondern schützen auch Menschen und Maschinen und optimieren die Energieeffizienz. Dabei umfassen sie zunehmend die gesamte Wertschöpfungskette von der Fertigung über den Betrieb bis hin zur Wiederverwertung.

In dieser Ausgabe der ABB Review befassen wir uns mit Verbindungen in typischen industriellen sowie etwas außergewöhnlichen Kontexten wie etwa der Schifffahrt und der Produktion und Bereitstellung von Wasserstoff.

Eine interessante Lektüre wünscht Ihnen

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized initials 'BR' followed by a long horizontal stroke.

Björn Rosengren  
Chief Executive Officer, ABB Group

---

# Versorgung & Schutz





Die Verteilung und Nutzung von Energie basiert auf Verbindungen, die dafür sorgen, dass die einzelnen Bestandteile als Ganzes funktionieren. Dazu gehört die Stromversorgung ebenso wie die Datenübertragung und auch die Überwachung und Analyse. ABB verbindet neueste Hardware und digitale Technologien, um Kunden dabei zu helfen, ihre Systeme sicherer und nachhaltiger zu gestalten.

- 08 **Bescheinigte Nachhaltigkeit**  
ABB-Produkte erhalten PEP  
ecopassport®
- 14 **Der erste einer Art**  
SACE Ininitus für die Stromverteilung  
der Zukunft
- 20 **Dichtungen für die Zukunft**  
Das Dichtungssystem des  
Azipod®-Antriebs unter der Lupe
- 28 **Temperaturen im Blick**  
Intelligentes Temperaturüber-  
wachungsrelais



ABB-PRODUKTE ERHALTEN PEP ECOPASSPORT®

# Bescheinigte Nachhaltigkeit

Verschiedene Stromversorgungsprodukte von ABB haben den PEP ecopassport® erhalten, der ihre hervorragende Umweltverträglichkeit über alle Produktlebenszyklusphasen hinweg bescheinigt. Die Zertifizierung ermöglicht Kunden eine bessere Beurteilung der Nachhaltigkeit bei der Produktwahl.



—  
**Alana Tapp**  
**Fabian Keller**  
**Nick Elliott**  
**Jorge Unamo**  
**Erik Solak**  
 ABB Electrification  
 Napier, Neuseeland

alana.tapp@  
 nz.abb.com  
 fabian.keller@  
 nz.abb.com  
 jorge.unamo@  
 nz.abb.com  
 erik.solak@  
 nz.abb.com  
 nick.elliott@  
 nz.abb.com

CO<sub>2</sub>-Neutralität ist für ABB nicht nur eine Vision, sondern eine Verpflichtung [1]. Da rund Dreiviertel des weltweiten Energieverbrauchs auf den Technologiesektor entfallen, ist ABB in der Lage, einen bedeutenden Beitrag zur Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes zu leisten. Das Unternehmen ist nicht nur bemüht, seinen eigenen operativen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck durch den vermehrten Einsatz von erneuerbaren Energien und Verbesserung der Energieeffizienz zu mindern, sondern setzt auch alles daran, Kunden bei der Reduzierung ihres Fußabdrucks zu helfen, ohne die Produktivität zu beeinträchtigen.

Doch wie genau hilft ABB Kunden dabei, ihre Nachhaltigkeitsziele zu erreichen? Zusammen mit Kunden, Lieferanten und anderen führenden

## — ABB implementiert nachhaltige Verfahren über den gesamten Lebenszyklus ihrer Produkte.

Unternehmen und Organisationen arbeitet ABB aktiv an der Implementierung nachhaltiger Verfahren entlang der gesamten Wertschöpfungskette und über den gesamten Lebenszyklus ihrer Produkte und Lösungen hinweg. Solche Verfahren spielen besonders für Branchen wie die

weltweite Schifffahrt und kritische Anlagen wie Rechenzentren, die große Mengen sauberer und zuverlässiger Energie benötigen, eine wichtige Rolle. Durch Verkleinerung ihres CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks haben diese Branchen die Möglichkeit, ihre Umweltbelastung zu reduzieren und gleichzeitig ihre Energiekosten zu senken.

Im Jahr 2021 wurden zwei ABB-Produkte – Sure-Wave SFC, ein speziell für die Schifffahrt entwickelter statischer Frequenzumrichter, und die für Rechenzentren ausgelegte Mittelspannungs-UVS (unterbrechungsfreie Stromversorgung) HiPerGuard MV UPS – mit dem PEP (Product Environmental Profile) ecompassport® zertifiziert. Die Zertifizierung bestätigt die Umweltverträglichkeit von Produkten während ihres gesamten Lebenszyklus innerhalb eines internationalen Bezugsrahmens [2]. Dies ermöglicht ABB-Kunden bessere Entscheidungen hinsichtlich der Nachhaltigkeit von Stromversorgungsprodukten anhand etablierter und verifizierter Kriterien.

### Partnerschaften für Nachhaltigkeit

Zusammen mit der P.E.P. Association, Nutzern, Institutionen und Berufsverbänden engagiert sich ABB für Nachhaltigkeit und unterstreicht so ihre Weitsicht im Hinblick auf zukünftige Rechtsvorschriften [2].

Die kürzlich als permanentes Mitglied der Untergruppe „Environmental Footprint (EF)“

—  
 01 Das Wachstum im Bereich Rechenzentren geht mit höheren Leistungsanforderungen und somit Herausforderungen in puncto Nachhaltigkeit einher.

—  
 02 HiPerGuard MV UPS ist auf die Anforderungen großer Rechenzentren ausgelegt: Verfügbarkeit, Leistungsfähigkeit, Effizienz, Kosteneffektivität, Flexibilität und Skalierbarkeit bei gleichzeitiger Bereitstellung von Netzstützungsfunktionen – und das alles mit maximaler Nachhaltigkeit über den gesamten Lebenszyklus hinweg.



02



03

der Europäischen Union anerkannte P.E.P. Association ist für die Umsetzung des PEP ecopassport®-Programms verantwortlich, das die Umweltauswirkungen von elektrischen und elektronischen Produkten während des gesamten

—  
**2021 wurden SureWave SFC und HiPerGuard MV UPS mit dem PEP ecopassport® zertifiziert.**

Lebenszyklus – von der Herstellung über Vertrieb, Installation und Nutzung bis hin zum Lebensdauerende – anhand strenger Leistungskriterien überprüft [2]. Die Zertifizierung bietet zuverlässige, transparente, vergleichbare und überprüfte Informationen zur Umweltverträglichkeit von Produkten in Übereinstimmung mit internationalen Normen wie der ISO 14025 und ISO 14040 und stellt damit eine wertvolle Hilfe für Kunden bei der Wahl von Lieferanten unter Nachhaltigkeitsaspekten dar.

#### **Zertifizierte Produkte**

Neben ihrer Teilnahme am PEP-Programm hat ABB die ecopassport®-Zertifizierung für zwei ihrer Stromversorgungsprodukte erhalten: den

statischen Frequenzumrichter SureWave SFC und die unterbrechungsfreie Mittelspannungs-Stromversorgung HiPerGuard MV UPS. Beide Produkte erzielen hervorragende Ergebnisse in ihren jeweiligen Zielsegmenten und bieten dem Endkunden die Möglichkeit, über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg saubereren Strom zu nutzen, CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren und Energiekosten zu senken – und zwar ohne Abstriche in puncto Zuverlässigkeit, Produktivität und Gesamtkosteneffektivität in Kauf nehmen zu müssen.

#### **HiPerGuard MV UPS**

Rechenzentren und andere kritische Anlagen benötigen mehr denn je eine saubere, energieeffiziente und zuverlässige Stromversorgung, die dabei hilft, finanzielle Verluste und Leistungseinbußen zu minimieren [3]. Die Umstellung von einem Niederspannungs-(NS-) auf ein Mittelspannungs-(MS-)System kann dabei helfen, diese Ziele zu erreichen. So sorgen größere geschützte Lastblöcke, eine geringere Anzahl von Schaltgeräten und der Betrieb von MS-Anlagen im Allgemeinen für eine höhere Zuverlässigkeit. Darüber hinaus wird durch die Installation des Versorgungsschutzes auf der MS-Ebene eine höhere Energieeffizienz erreicht, da mit niedrigeren Strömen geringere Kabelquerschnitte und niedrigere Verluste einhergehen [4].



Die 2021 mit dem PEP ecopassport® zertifizierte ABB HiPerGuard MV USP ist die erste industrielle MS-USV, die eine kontinuierliche und zuverlässige Versorgung von bis zu 24 kV pro Block für kritische Anlagen wie Rechenzentren bereitstellt, um Server und mechanische Lasten zu schützen [3].

Die im Jahr 2021 eingeführte MS-USV-Lösung bietet den derzeit höchsten Wirkungsgrad auf dem Markt und unterstützt Kunden somit bei ihren Bemühungen um mehr Nachhaltigkeit. HiPerGuard erreicht einen Wirkungsgrad von bis zu 98 % (im Lastbereich zwischen 50 und 100 % der Nennlast und von über 96 % im Bereich zwischen 25 und 50 %) bei einer Spannung von bis zu 24 kV. Gleichzeitig werden Stromausfälle verhindert und der CO<sub>2</sub>-Ausstoß reduziert. So lassen sich dank dieser Energieeffizienz über eine typische Produktlebensdauer von 15 Jahren bis zu 1.254 t CO<sub>2</sub> einsparen<sup>2</sup> [3].

—  
03 Die SureWave SFC-Technologie kann in der Schifffahrt (z. B. auf Containerschiffen) und der Industrie eingesetzt werden.

—  
04 Frequenzumrichtereinheit vom Typ SureWave SFC.

Dank der ABB-eigenen leistungselektronischen Stromrichtertechnologie und der ZISC-Architektur (Impedance (Z) Isolated Static Converter) ist eine Regelung der Ausgangsspannung auch bei Störungen auf der Eingangsseite möglich [5]. So ist die Bereitstellung kontinuierlich geregelter und gefilterter elektrischer Energie sichergestellt.



Die PowerExchanger-Funktion von HiPerGuard ermöglicht die Interaktion der USV mit dem Netz, um den Umstieg auf erneuerbare Energien zu unterstützen. Zudem bietet HiPerGuard fortschritt-

—  
**HiPerGuard bietet Schutz gegen Spannungseinbrüche, -erhöhungen, -spitzen und -unterbrechungen.**

liche Integrationsmöglichkeiten für verschiedene Reserveversorgungssysteme wie Dieselaggregate, langsame Gasgeneratoren und Turbinen [3].

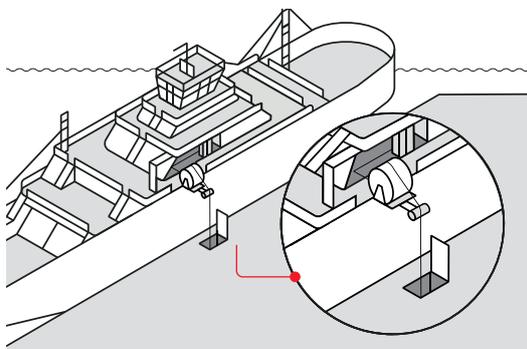
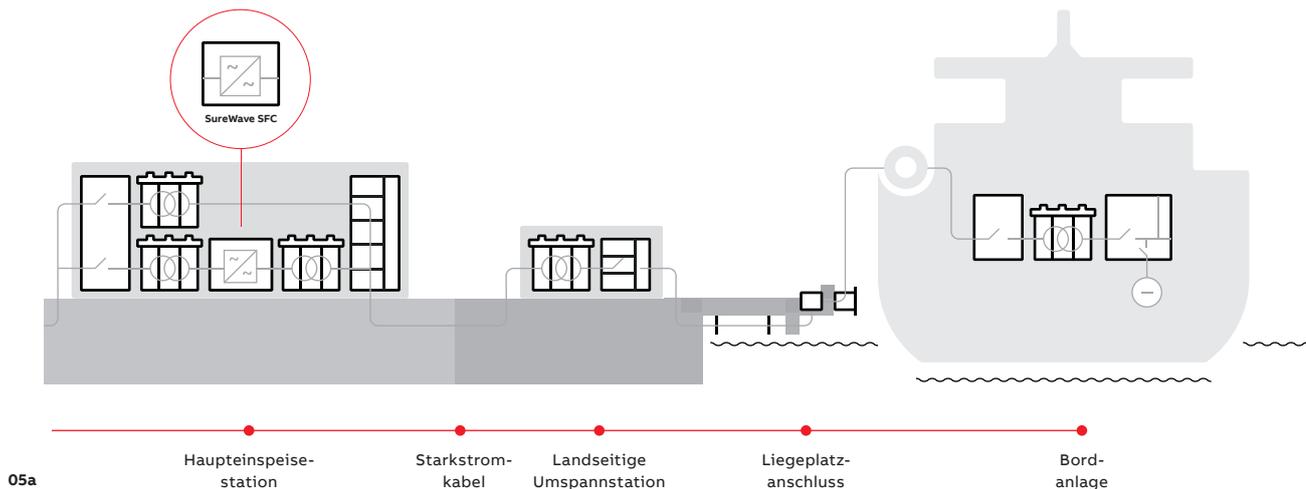
#### **Das Beste aus beiden Welten**

HiPerGuard bietet alle bekannten Vorteile einer klassischen rotierenden USV wie den Schutz gegen Netzstörungen und verfügt gleichzeitig über die Flexibilität und die Fähigkeiten moderner statischer Umrichtersysteme. Die Hochleistungs-Mittelspannungs-USV bietet Schutz gegen Netzqualitätsprobleme wie Spannungseinbrüche, -erhöhungen, -spitzen und Versorgungsunterbrechungen und trägt insgesamt zur Minimierung von Ausfallzeiten und Stromausfällen bei [5].

Neben ihrem hervorragenden Wirkungsgrad, dem verbesserten Schutz und der Integrationsfähigkeit zeichnet sich die HiPerGuard-USV durch ihre Skalierbarkeit aus (bis zu zehn USV-Einheiten können parallel geschaltet werden). So lässt sich die Gesamtkapazität des Systems steigern, ohne die Komplexität zu erhöhen [4]. Darüber hinaus ist die HiPerGuard auf eine lange Systemverfügbarkeit ausgelegt und benötigt nur alle sieben Jahre eine invasive Wartung.

#### **Vertrauen ist alles**

Mit dem PEP ecopassport® können Kunden sicher sein, dass sie ein Versorgungsschutzprodukt erhalten, das nicht nur die gleichen hohen Anforderungen in puncto Effizienz und Verfügbarkeit, minimaler Wartung und hoher Kosteneffektivität wie alle leistungselektronischen Technologien von ABB erfüllt, sondern auch internationalen Nachhaltigkeitsnormen (z. B. ISO 14025 und ISO 14040) entspricht.



05b

### SureWave SFC

Schiffe stellen zwar eine kostengünstige Möglichkeit dar, um Waren über große Entfernungen zu transportieren, aber sie erzeugen auch Treibhausgase und Schadstoffe. Tatsächlich ist die Schifffahrt für rund 30 % der weltweiten  $\text{NO}_x$ -Emissionen und etwa 2,6 % des weltweiten Treibhausgasausstoßes verantwortlich [6]. Damit steht die Branche unter dem ständigen Druck, die von ihr ausgehende Umweltbelastung zu reduzieren. Hier können sauberere und effizientere Lösungen zur Stromumwandlung insbesondere während der Liegezeit im Hafen erheblich zur Emissionsreduktion beitragen →03.

Viele Schiffe nutzen Dieselgeneratoren, um Systeme wie Kühlung, Heizung, Lüftung usw. im Hafen zu betreiben. Ohne die Möglichkeit eines Anschlusses an eine landseitige Stromversorgung erzeugen diese Schiffe große Mengen an  $\text{CO}_2$ , Lärm und schädliche Vibrationen, was für die Schiffseigner mit empfindlichen Strafen verbunden sein kann.

SureWave SFC ermöglicht eine statische, nahtlose Übertragung der Stromversorgung von den Bordgeneratoren auf einen Landstromanschluss, sodass im Hafen keine dieselbetriebenen Generatoren genutzt werden müssen.

Was so simpel klingt, ist tatsächlich gar nicht so einfach, denn weltweit gibt es zwei unterschiedliche Netzfrequenzen, die je nach Land variieren. So beträgt die Netzfrequenz in Asien und Europa z. B. 50 Hz und in Nordamerika 60 Hz. Folglich

Über seine Lebensdauer hinweg ermöglicht SureWave eine Reduzierung der  $\text{CO}_2$ -Emissionen um etwa 350 t.

ist eine geeignete Technik zur Umwandlung der Frequenz erforderlich, damit Schiffe einen Landstromanschluss im Hafen nutzen können →05.

### Geprüfte Nachhaltigkeit

Wie HiPerGuard besitzt auch das SureWave-System von ABB die PEP ecompassport®-Zertifizierung, die dem Frequenzumrichter eine erstklassige Nachhaltigkeit über seinen gesamten Lebenszyklus von der Herstellung und dem Vertrieb über die Installation und Nutzung bis hin zum Lebensdauerende bescheinigt. Dank der statischen Frequenzumrichtertechnologie von ABB können Schiffseigner auf einfache Weise die  $\text{CO}_2$ -Emissionen, Schiffsvibrationen und die Lärmbelastung im Hafen senken und jegliche Strafen

—  
05 Zu den möglichen Anwendungen gehören die Landstromversorgung, die bordseitige Frequenzumwandlung, der Anschluss an unterschiedlichen Netzfrequenzen, die Elektrifizierung von Werften und Trockendocks usw.

05a Prinzipdarstellung einer landseitigen Stromversorgung.

05b Mögliche Konfiguration eines Landanschlusses.

für die Nutzung von Dieselgeneratoren während der Liegezeit vermeiden. Über die geschätzte 15-jährige Lebensdauer von SureWave hinweg sind so eine Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von etwa 350 t und Betriebskosteneinsparungen in Höhe von 1,4 Mio USD<sup>2</sup> (im Vergleich zu traditionellen rotierenden Systemen über den gleichen Zeitraum) möglich [6–7].

### Flexibler, stabiler, grüner

Die Fähigkeit, sowohl die Frequenz als auch die Spannung zu stabilisieren, ermöglicht den sicheren Betrieb empfindlicher Anlagen, auch

—  
Der Endkunde hat die Möglichkeit, saubereren Strom zu nutzen, CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren und Energiekosten zu senken.

bei unzureichend geregelter Versorgung – ein bedeutender Vorteil gegenüber herkömmlichen rotierenden Frequenzumrichtersystemen [7]. Darüber hinaus bietet SureWave SFC ebenso wie HiPerGuard eine höhere Flexibilität als rotierende Umrichter. Durch das modulare Design mit Einzel-

nennleistungen von 250 kVA bis 2,25 MVA kann zudem eine höhere Gesamtleistung erzielt werden.

Dank des intelligenten Controllers kann SureWave SFC mit anderen Spannungsquellen – Generatoren oder mehreren statischen Frequenzumrichtern – parallel geschaltet werden. Bei Bedarf kann der SureWave SFC durch Parallelschaltung mehrerer Systeme auch größere Lasten von bis zu 10 MVA unterstützen. Der parallele Lastausgleich wird dabei durch im Umrichter programmierte Frequenz- und Spannungsregelung erreicht [7] →05.

Der SureWave SFC kann an Bord von Schiffen oder landseitig installiert werden. Er ist der ultimative statische Frequenzumrichter für kleine bis mittelgroße Hafen- und Werftanlagen sowie für Schiffe verschiedener Größe von Superyachten bis hin zu Supertankern.

### Bessere Entscheidungen

Durch die PEP ecopassport®-Zertifizierung können sich Kunden nicht nur sicher sein, dass HiPerGuard und SureWave bewährte Nachhaltigkeitskriterien erfüllen, sie hilft ihnen auch dabei, bessere Entscheidungen bei der Produktwahl zu treffen, um eine nachhaltigere Zukunft zu sichern, während ABB ihren Weg in Richtung CO<sub>2</sub>-Neutralität unbeirrt weitergeht. •

### Fußnoten

<sup>1</sup> Bei einer Auslastung von 25 % der Betriebszeit mit 2 % Last, 50 % der Betriebszeit mit 50 % Last, 25 % der Betriebszeit mit 75 % Last und 0 % der Betriebszeit mit 100 % Last beträgt der durchschnittliche Wirkungsgrad 97,5 %, aufgerundet 98 %.

<sup>2</sup> Ausgehend von einem Referenzwert von 295,8 g CO<sub>2</sub> pro kWh.

### Literaturhinweise

[1] ABB: „ABB helps society and industry achieve a more sustainable yet productive future“. ABB-Webseite. Verfügbar unter: <https://global.abb/group/en/sustainability/enable-a-low-carbon-society> (abgerufen am 19.04.2022).

[2] PEP ecopassport® PROGRAM: „Product Environmental Profile for Electrical, Electronic and HVAC-R equipment“. *PEP-General Instructions* (2017), S. 1–20.

[3] ABB: „ABB launches industry-first medium voltage UPS that delivers 98 percent efficiency“. ABB-Pressemitteilung Verfügbar unter: <https://new.abb.com/news/detail/82620/abb-launches-industry-first-medium-voltage-ups-that-delivers-98-percent-efficiency> (abgerufen am 19.04.2022).

[4] ABB: „HiPerGuard“. ABB-Website. Verfügbar unter: <https://new.abb.com/ups/systems/medium-voltage-ups/hiperguard> (abgerufen am 19.04.2022).

[5] D. Talapko: „HiPerGuard Medium Voltage Uninterruptible Power Supply“. ABB-Spezifikation (2017), S. 1–5.

[6] A. Tapp, J. Egbers: „Saubere Zukunft für Schiff und Häfen“. *ABB Review* 3/2021, S. 74–77.

[7] ABB: „SureWave SFC 250 kVA to 10MVA Static Frequency Converter“. ABB-Produktbroschüre. Verfügbar unter: [https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=2UCD301150-P&LanguageCo-](https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=2UCD301150-P&LanguageCode=en&DocumentPar-)

[tid=&Action=Launch](https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=2UCD301150-P&LanguageCode=en&DocumentPar-) (abgerufen am 11.08.2022).

[8] ABB: „From super yachts to super tankers, SureWave offers clean power in port“. ABB-Pressemitteilung. Verfügbar unter: <https://new.abb.com/news/detail/87376/from-super-yachts-to-super-tankers-sure-wave-offers-clean-power-in-port> (abgerufen am 11.08.2022).



01

---

SACE INFINITUS FÜR DIE STROMVERTEILUNG DER ZUKUNFT

# Der erste seiner Art

Die einzigartige, zertifizierte All-in-one-Lösung SACE Ininitus eröffnet neue Perspektiven für den Schutz von vorhandenen und zukünftigen Gleichstromnetzen. Mit integrierter Leistungselektronik, Mechanik, Kühlung, Steuerung, Sensorik und Kommunikation setzt das Gerät neue Maßstäbe in puncto Fehlerschutz und -isolierung im Niederspannungsbereich.

---

**Antonello Antoniazzi**  
**Thomas Masper**  
 ABB Electrification,  
 Smart Power  
 Bergamo, Italien

antonello.antoniazzi@  
 it.abb.com  
 thomas.masper@  
 it.abb.com

**Pietro Cairoli**  
 ABB Electrification,  
 Corporate Research  
 Raleigh, SC, USA

pietro.cairoli@  
 us.abb.com

**Thorsten Strassel**  
 ABB Electrification,  
 Smart Power  
 Baden, Schweiz

thorsten.strassel@  
 ch.abb.com

Im Zuge der fortschreitenden elektrischen Transformation und der intensiven Bemühungen um CO<sub>2</sub>-Neutralität gewinnen Gleichstromlösungen in der elektrischen Energieverteilung und insbesondere

---

**DC-Lösungen ermöglichen die Elektrifizierung einer Vielzahl neuartiger Lasten.**

im Niederspannungsbereich (NS) zunehmend an Bedeutung. Aufgrund der im Vergleich zu Wechselstrom-(AC-)Lösungen höheren Effizienz ermöglichen Gleichstrom-(DC-)Lösungen die Elektrifizierung einer Vielzahl neuartiger Lasten, z. B. im Transport-

wesen, in der Industrieautomation, in der Klimatechnik usw. Dies wiederum treibt die Integration von erneuerbaren Energien und die Implementierung von Energiespeichern im Stromnetz voran [1].

Aufgrund der wirtschaftlichen Vorteile, die die DC-Technologie in den verschiedenen Anwendungen ermöglichen kann, gilt deren Wachstumspotenzial als äußerst vielversprechend. Dies gilt besonders im Hinblick auf die höhere Effizienz und die dadurch geringeren Energiekosten, die mithilfe DC-gekoppelter Energiespeicher noch weiter verbessert werden können. Aufgrund dieses Effizienzvorteils werden DC-Lösungen bereits heute zunehmend in der Schifffahrt eingesetzt →01. Dennoch gibt es bedeutende Hürden, z. B. im Hinblick auf den Fehlerschutz und die Fehlerisolierung.

—  
01 DC-Verteilssysteme gewinnen in der Schifffahrt zunehmend an Popularität, sei es wie hier auf Kreuzfahrtschiffen oder auf Frachtschiffen.

—  
02 Von der traditionellen bidirektionalen IGCT-Anordnung zum neuen RB-IGCT des SACE Infnitus.

—  
03 Vergleich der Verluste beim RB-IGCT mit anderen Halbleitern [7].

Die Hauptherausforderung resultiert aus der für diese Hochleistungs-DC-Systeme charakteristischen geringen Induktivität im Gesamtleistungspfad, deren Auswirkung im Fehlerfall in der Kombination mit zusätzlichen, direkt DC-gekoppelten Hochleistungs-Energiespeichern noch verstärkt wird. Kommt es zu einem Kurzschluss, ist die Anstiegszeit des resultierenden, sehr hohen Fehlerstroms aufgrund der geringen Induktivität (und des geringen spezifischen Widerstands) erheblich kürzer als bei AC-Anwendungen (mehrere Hundert Mikrosekunden oder weniger), was eine erhebliche Herausforderung für einen konventionellen Leistungsschalter darstellt.

Um den Fehlerstrom zu begrenzen und zu löschen, muss das Gerät schnellstmöglich eine Gegenspannung aufbauen, die mindestens der Nennbetriebspannung des Systems entspricht. Bestehende DC- und AC-Systeme mit elektromechanischen Leistungsschaltern nutzen dazu Löschmechanismen, die den entstehenden Lichtbogen teilen, kühlen und die Lichtbogenenergie über eine Lichtbogenkammer abführen. Diese Methode eignet sich zwar zur Stromunterbrechung in den meisten bestehenden Anwendungen, ist aber – je nach Schaltergröße – mit mehreren Dutzend Millisekunden zu langsam für die sich entwickelnden neuen DC-Anwendungen.

Halbleiterbasierte Leistungsschalter (Solid-State Circuit Breakers, SSCBs) nutzen sogenannte Leistungshalbleiter (power semiconductors) mit

hoher Stromtragfähigkeit und Schaltgeschwindigkeiten im Mikrosekundenbereich, um die erforderliche Freischaltung des Stromkreises und eine ultraschnelle und sichere Unterbrechung der erwähnten schnell ansteigenden Fehlerströme in DC-Anwendungen zu gewährleisten [2–3].

Mit dem Ziel, eben jene DC-Systeme der Zukunft zu ermöglichen und somit den Weg für eine nachhaltige Energiewende zu ebnen, hat ABB den SACE Infnitus entwickelt, einen einzigartigen halbleiter-

—  
**Bedeutende Hürden für den Einsatz von DC-Lösungen liegen im Fehlerschutz und in der Fehlerisolierung.**

basierten Leistungsschalter, der die Problematik des Fehlerschutzes und der Fehlerisolierung mit einem einzigen All-in-one-Gerät löst [1].

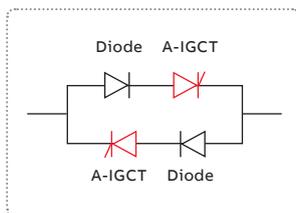
**RB-IGCT – eine starke Lösung**

Eine bisher bestehende Hürde beim Einsatz von SSCBs sind die höheren Durchlassverluste aufgrund des größeren Spannungsabfalls über dem Halbleiter im Vergleich zum typischerweise geringen Kontaktwiderstand in einem herkömmlichen elektromechanischen Leistungsschalter. Ein weiterer Nachteil höherer Verluste – neben der verringerten Effizienz – ist die sich dadurch ergebende Notwendigkeit zur Abfuhr der entstehenden Wärme. Selbst das effizienteste Kühlsystem kann die unerwünschte Zunahme der Größe, Komplexität und Kosten nicht kompensieren [3].

Ein IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) ist nicht nur in der Lage, Ströme schnell und effektiv ein- und auszuschalten, er lässt sich auch leicht steuern. IGBTs stellen den Stand der Technik bei Stromrichteranwendungen dar, weisen aber in Leistungsschalteranwendungen höhere Durchlassverluste auf, was besonders bei hohen Nennströmen eine erhebliche Herausforderung darstellt.

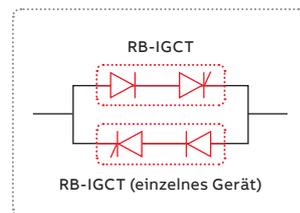
Im Jahr 1996 hat ABB den IGCT (Integrated Gate-Commutated Thyristor) in Verbindung mit Mittelspannungs-(MS-)Umrichtern auf den Markt gebracht [4]. Der IGCT zeichnet sich durch eine niederinduktive Ansteuereinheit (Gate-Treiber) und ein vollständig steuerbares Gate aus. So kann der Halbleiter ähnlich wie ein Thyristor Strom einschalten und mit sehr geringen Verlusten leiten und gleichzeitig wie ein IGBT oder ein Transistor auch abschalten [3–6] – eine gute Grundlage für einen halbleiterbasierten Leistungsschalter.

**Traditionelle bidirektionale IGCT-Anordnung**

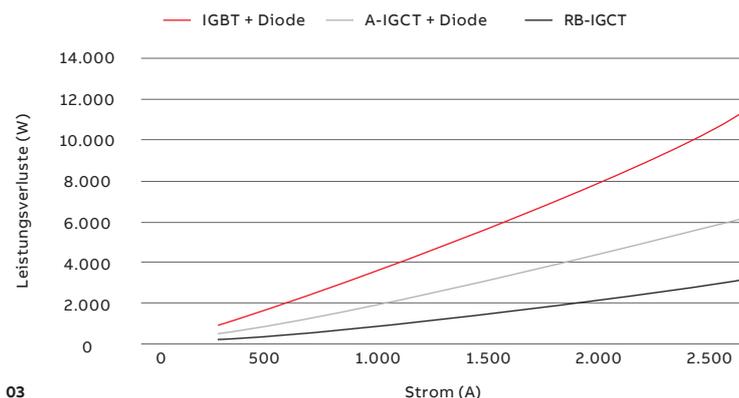


02

**SACE Infnitus mit neuartigen RB-IGCTs**



02



03

Der SACE Infnitus geht noch einen Schritt weiter. Er nutzt einen speziellen rückwärts sperrenden IGCT (RB-IGCT), der einen Thyristor und eine in Reihe geschaltete Diode zum Schutz gegen Rückwärtsspannungen in einem einzigen Siliziumwafer integriert. Durch diese Integration auf Waferebene wird ein besonders niedriger Spannungsabfall in Durchlassrichtung erreicht. Im Zusammenspiel mit einem antiparallel geschalteten zweiten RB-IGCT, der das Durchleiten und Abschalten in entgegengesetzter Richtung ermöglicht, lassen sich bidirektionale Stromflüsse kontrollieren →02 [6]. Das Ergebnis sind um 70 % geringere Leistungsverluste im

## Der SACE Infnitus ist eine All-in-one-Schutzlösung mit einem optimierten RB-IGCT.

Vergleich zu einer IGBT-basierten Lösung →03 [7]. Die (RB-)IGCT-Lösung von ABB erreicht einen Wirkungsgrad von 99,9 % bei 1 kA und 1 kV, verglichen mit 99,5 % für IGBT-basierte Lösungen →03 [6]. Diese drastische Senkung der Leistungsverluste geht einher mit einer entsprechenden Reduktion des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks.

Aufbauend auf dieser optimierten RB-IGCT-Lösung präsentierte ABB im Jahr 2019 auf der Hannover Messe das bahnbrechende Konzept für einen solchen halbleiterbasierten Leistungsschalter [7].

### All-in-one-Konzept

Neben der Bewältigung der Herausforderungen bei der Entwicklung eines optimalen Halbleiters und Kühlsystems spielt vor allem die vollständige Produktintegration eine wichtige Rolle. Im Jahr 2022 präsentierte ABB nun den revolutionären SACE Infnitus →04, die erste All-in-one-Schutzlösung, die alle notwendigen Komponenten – Leistungselektronik, Mechanik, Kühlung, Steuerung, Sensorik und Kommunikation – nahtlos in einer installationsfreundlichen und kompakten Lösung integriert. Die Einfachheit des Designs sorgt dabei für eine Minimierung des Aufwands und somit der Kosten, die beim Einsatz des Produkts im Vergleich zu einer komplexen und potenziell fehleranfälligen sonderangefertigten Lösung mit mehreren Geräten entstehen. Mit dem SACE Infnitus entfallen der zusätzliche Aufwand und der Platzbedarf für einen externen Trennschalter und dessen Ansteuerung, die für den Wartungsfall erforderlich sind. Dies vereinfacht die Installation, erhöht die Sicherheit und senkt die Kosten.

Trotz der erheblichen Herausforderungen, die mit der Integration einer solchen breiten Palette

von Technologien verbunden sind, ist es ABB gelungen, eine einzigartige halbleiterbasierte Leistungsschalterlösung zu realisieren. Die Nutzung eines einzigen Gehäuses mit optimierten Unterteilungen für die Hauptbaugruppen sorgt nicht nur für eine kompakte Baugröße, sondern ermöglicht auch eine einfache Installation und Wartung des Leistungsschalters. Das von den ausfahrbaren Leistungsschaltern bekannte und bewährte Einschubsystem findet in den zwei Unterteilungen Verwendung. Eine umfasst die Leistungselektronik mit der integrierten Flüssigkeitskühlung und den Schnellverschlusskupplungen und die andere den Schalter für die galvanische Trennung →04.

Darüber hinaus können Kommunikationsmodule aus der ABB Ekip-Reihe eingesteckt werden, um den SSCB auf digitaler Ebene ins System zu integrieren. Die im Leistungsschalter integrierten Spannungs- und Stromsensoren ermöglichen dabei eine kontinuierliche (Fern-)Überwachung der elektrischen Parameter einschließlich der Leistungsmessung.

### Vereinfachte Kühlung

Auch wenn der SACE Infnitus erheblich niedrigere Durchlassverluste aufweist als vergleichbare IGBT-Lösungen, sind sie mit etwa 3 kW bei einem Stromkreis mit einem Bemessungsstrom von 2.500 A nicht unerheblich. Um die Temperatur der Halbleitersperrschicht (wo im Betrieb die höchsten Temperaturen auftreten) im sicheren Arbeitsbereich (Safe Operating Area, SOA) zu halten, ist eine integrierte Flüssigkeitskühlung erforderlich. Bei einem herkömmlichen IGCT-Package dienen die Druckkontakte der Scheibenzone neben der elektrischen Kontaktierung auch gleichzeitig als thermische Schnittstellen zur beidseitigen Kühlung des Siliziumchips. Dies hat allerdings seinen Preis, denn das Kühlsystem muss isoliert werden. Typischerweise geschieht dies mittels einer isolierenden Kühlflüssigkeit, z. B. entionisiertem Wasser bei MS-Motorantrieben. Doch die Kühlung mit entionisiertem Wasser kann unpraktikabel sein, da sie eine zusätzliche Vorrichtung zur Aufbereitung des Wassers erfordert.

Daher hat ABB eine gewichts- und platzsparende innovative Lösung entwickelt, die ohne die Nachteile gängiger Konzepte in puncto Komplexität die richtige Isolierung und Kühlung bietet →04. Das daraus resultierende Kühlkonzept des SACE Infnitus basiert auf Aluminiumnitrid-Kühlkörpern. Diese kombinieren die gewünschte elektrische Isolierfähigkeit mit einer hohen Wärmeleitfähigkeit, die der von Aluminium sehr nahekommt. Damit kann als Kühlflüssigkeit die bekannte Mischung aus Wasser und Glykol verwendet und auf zusätzliche Ausrüstung

— 04 Der SACE Infnitus integriert Kühlung, Schutz, Induktivität, Leistungselektronik und Trennschalter in einem einzigen, einfach zu installierenden Gerät. Die Einschublösung ist mit elektrischen und hydraulischen Anschlüssen ausgestattet.

verzichtet werden, was neben der Platzersparnis auch die Installation und den Betrieb wesentlich vereinfacht.

### Steuerung und Schutz

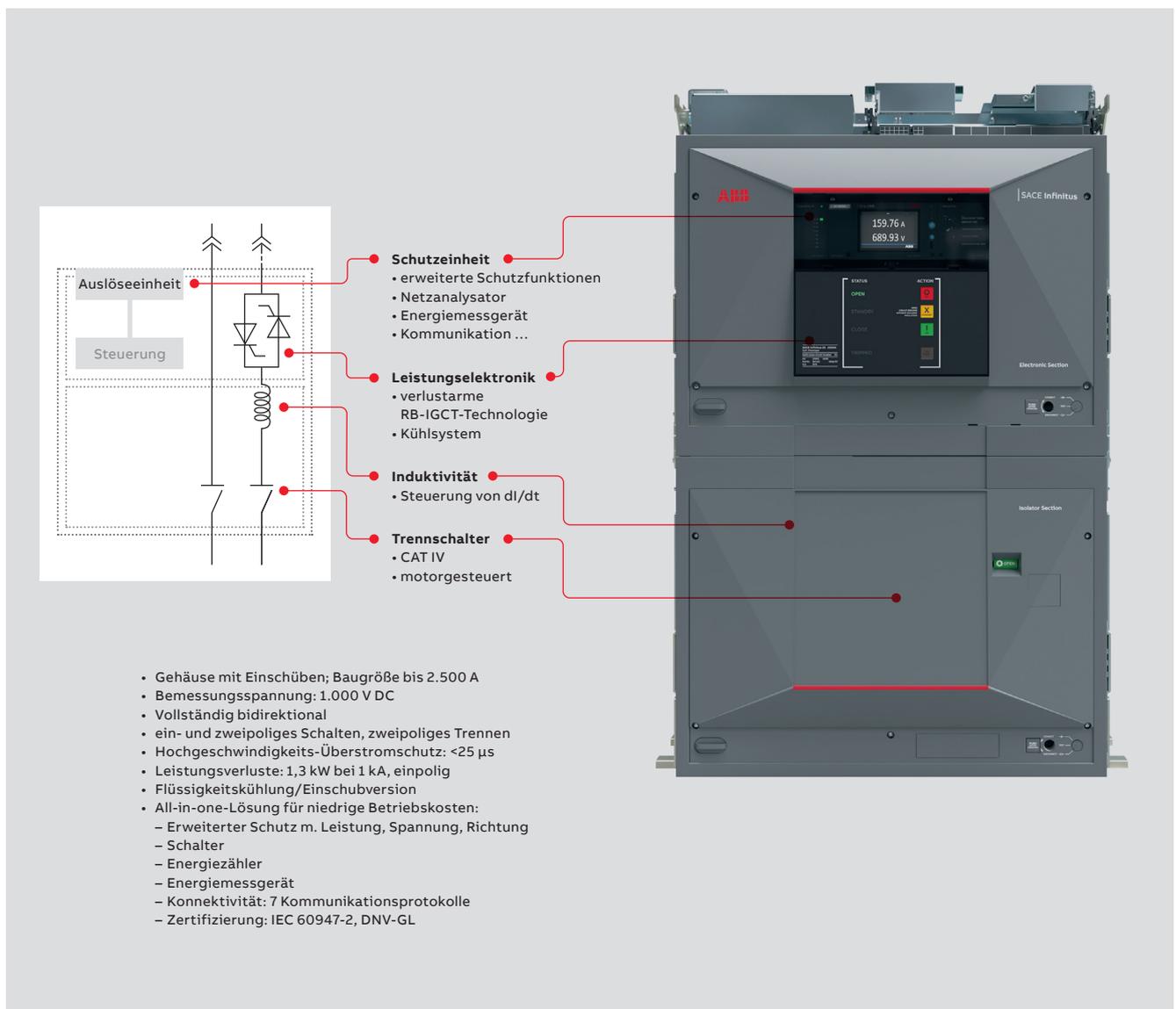
Das Herzstück der Steuerungs- und Schutzfunktion des SACE Infnitus ist eine mikroprozessorbasierte Auslöseeinheit, die sowohl die herkömmlichen „langsamen“ LSIG-Schutzfunktionen (Überlastschutz, verzögerter Kurzschlusschutz, unverzögerter Kurzschlusschutz und Erdschlusschutz) im Millisekunden- und Sekundenbereich als auch einen ultraschnellen Kurzschlusschutz im Mikrosekundenbereich bereitstellt →04. Darüber hinaus sichert sie das wichtige Zusammenspiel der Leistungselektronik und des elektromechanischen Trennschalters. Für die ultraschnelle Strommessung – eine Voraussetzung und gleichzeitig auch Herausforderung

— Die ABB-Lösung ist in der Lage, Fehler blitzschnell binnen Mikrosekunden abzuschalten.

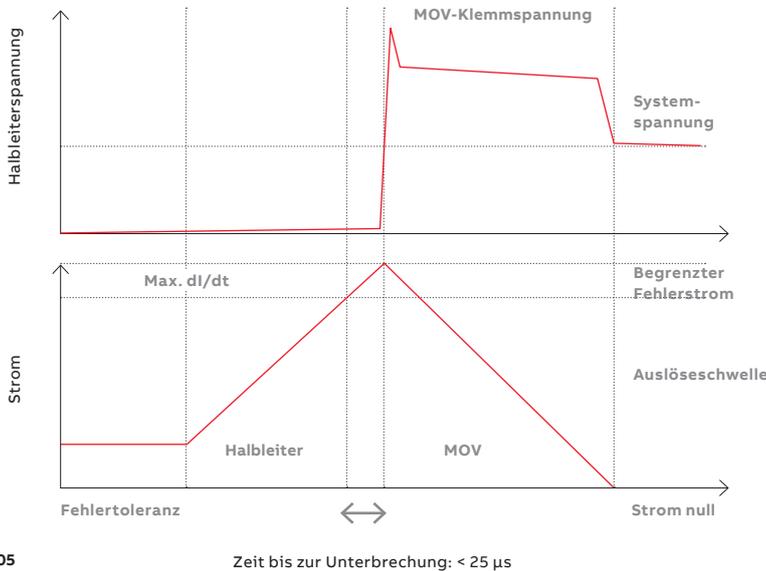
in DC-Systemen – war die Entwicklung spezieller Stromwandler mit Hallsensoren erforderlich, deren Bandbreite groß genug ist, um Stromtransienten bis 80 A/ $\mu$ s zu unterscheiden.

### Blitzschnelle Reaktion im Fehlerfall

Der SACE Infnitus ist in der Lage, Fehler binnen Mikrosekunden abzuschalten, aber wie macht er das? In DC-Systemen, in denen die Stromquellen in der Regel aus Wechselrichtern mit großen ausgangsseitigen DC-Kondensatorbänken bestehen →05, führt ein Kurzschluss an der



Sammelschiene zu einem Fehlerstrom mit einer hohen Anstiegsrate ( $di/dt$ ), der von standardmäßigen elektromechanischen Leistungsschaltern nicht wirksam beherrscht werden kann. Das innovative SACE Infitus Schutzsystem löst dieses Problem →04. Hier ist die Ausschaltzeit so kurz, dass der Fehlerstrom unterbrochen wird, bevor er mehr als den doppelten Wert des Nennstroms erreichen kann. In der Praxis führt diese ultraschnelle Beherrschung des Fehlerstroms quasi zu einer sofortigen Trennung des Stromkreises. So ist der SACE Infitus in der Lage, den Stromkreis in bemerkenswerten 20–50  $\mu$ s zu trennen →05. Die induktive Energie des Netzes wird vom parallel zum Halbleiter angeordneten Metalloxidvaristor- (MOV)-Pfad absorbiert, bis der Strom den Wert null erreicht.



05

In den meisten Anlagen liegt die Anstiegsrate des Fehlerstroms deutlich unter dem kritischen  $di/dt$ -Wert, sodass der Halbleiter innerhalb seines SOA arbeiten kann. Bei solchen  $di/dt$ -Raten ist das Abschaltvermögen nahezu unbegrenzt. Für die seltenen Fälle, in denen diese Grenze überschritten wird, verfügt der SACE Infitus über eine interne Induktivität, die die  $di/dt$ -Rate auf Werte innerhalb des SOA begrenzt.

**Eine Lösung, viele Vorteile**

Der Einsatz des SACE Infitus als hochgradig integriertes Schutzgerät bietet verschiedene Vorteile:

- extrem kurze Ausschaltzeit – 100-mal schneller als herkömmliche Schutzsysteme – bei maximaler Betriebskontinuität
- Isolierung der fehlerhaften Zone – zur Vermeidung einer kompletten Systemabschaltung
- nahezu keine Energiefreisetzung bei Störlichtbögen, was die daraus resultierende Gefahr erheblich entschärft

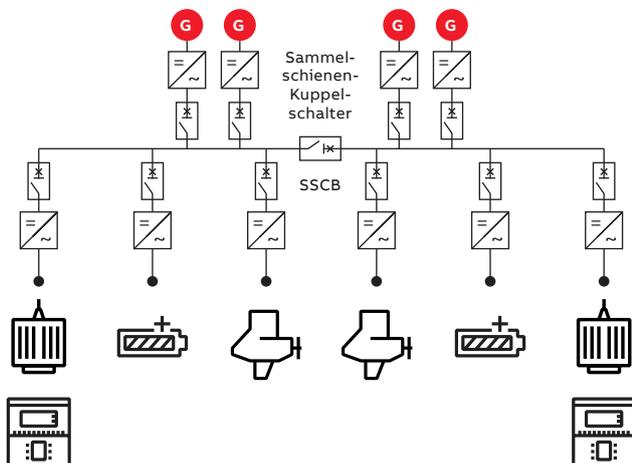
Der weltweit erste IEC-Leistungsschalter auf Halbleiterbasis bietet nahezu unbegrenzte Möglichkeiten.

- maximale Energieeffizienz dank neuer Halbleitertechnologie mit den niedrigsten Durchlassverlusten in der Klasse der halbleiterbasierten Leistungsschalter
- über 100-mal höhere Langlebigkeit – außerordentlich lange elektrische Lebensdauer zur Erfüllung der hohen Anforderungen zukünftiger Mikronetze (Microgrids)

Damit profitieren ABB-Kunden bei ihrem Umstieg auf eine nachhaltige Energieversorgung von einer gesteigerten Effizienz des Gesamtsystems bei geringeren Lebenszykluskosten und einer verbesserten Verfügbarkeit.

**Neuer Standard**

Der SACE Infitus ist der weltweit erste gemäß IEC 60947-2 zertifizierte Leistungsschalter, der auf Halbleitertechnologie basiert. Eine weitergehende, technologiespezifische Normierung über den etablierten Standard hinaus wird zurzeit von den entsprechenden Gremien erarbeitet. Mit ihrer Erfahrung aus dem SACE Infitus-Projekt treibt ABB die Entwicklung einer neuen spezifischen IEC-Norm (Projekt PT60947-10) für halbleiterbasierte Leistungsschalvertertechnologie für DC- und AC-Anwendungen voran, die voraussichtlich im Jahr 2025 erscheinen wird.



06

—  
05 Prinzip der ultraschnellen Fehlerstromabschaltung mithilfe der SSCB-Technologie.

—  
06 Beispiel eines DC-Verteilnetzes auf einem Schiff mit einem SSCB als Sammelschienen-Kuppelschalter.

### Einsatz in der Schifffahrt

Die Vorreiterrolle bei der Anwendung der neuartigen DC-Netze hat das Segment der elektrischen Schiffsantriebssysteme übernommen, und ABB gehört zu den führenden Anbietern der erforderlichen Technik. Angesichts möglicher Energieeinsparungen von bis zu 20 % werden mittlerweile immer mehr Schiffe mit DC-Verteilssystemen ausgelegt.

In dem in →06 dargestellten System verbindet ein Kuppelschalter die steuer- und backbordseitigen Teilnetze, was eine optimale Nutzung

## Der SACE Infinitus hat das Potenzial, neue Perspektiven für den Bau von Niederspannungs-DC-Netzen zu eröffnen.

der dieselektrischen Stromerzeuger ermöglicht. Im Fehlerfall müssen die Teilnetze durch den Leistungsschalter geschützt werden, um einen Totalausfall zu verhindern und durch Trennung des fehlerhaften Teilnetzes die Betriebskontinuität sicherzustellen. In Situationen, in denen herkömmliche Technik aufgrund der hohen und schnell (im (Sub-)Millisekundenbereich) ansteigenden Kurzschlussströme an ihre Grenzen kommt, zeichnet sich der SACE Infinitus von ABB aus.

Mit seinen geringen Verlusten, seiner ultraschnellen, beinahe störlichtbogenfreien Stromunterbrechung eignet sich der SACE Infinitus ideal, um eine Gefährdung von Menschen und Anlagen zu verhindern. In Anwendungen, in denen der Fehlerstrom nicht das einzige Problem darstellt, bietet er einen schnellen Schutz, der verhindert, dass die DC-Zwischenkreisspannung auf einen Wert abfällt, bei dem das System nicht mehr arbeitet, weil sich die Kondensatoren im DC-Zwischenkreis entladen. Der Leistungsschalter wird zudem mit der für Anwendungen in der Schifffahrt wichtigen DNV-Zertifizierung erhältlich sein.

### Mit Gleichstrom in die Zukunft

Die Anwendungsmöglichkeiten für den neuen halbleiterbasierten Leistungsschalter von ABB beschränken sich nicht nur auf den Schifffahrtssektor. Der revolutionäre Schalter, der zur Verbesserung der Nachhaltigkeit beiträgt, wird auch die Entwicklung von elektrischen Systemen an Land beeinflussen. Eine Pilotanlage zum dynamischen Laden von Elektrofahrzeugen und eine neue industrielle Anwendung zur Verbesserung der Energieeffizienz sind nur zwei Beispiele, die zurzeit unter Verwendung dieses einzigartigen SSCB realisiert werden.

Der SACE Infinitus ist somit eine Schlüsselkomponente, wenn es darum geht, die Herausforderungen beim Schutz von DC-Systemen zu meistern. Er wurde für Hochstrom-DC-Anwendungen mit Blick auf die Zukunft konzipiert und integriert Schaltfunktion, Isolierung und DC-Schutz in einem einzigen kompakten Gerät, das für einen Nennstrom von bis zu 2,5 kA und eine Nennspannung von 1.000 V DC ausgelegt ist.

Mit einer Leistungselektronik und neuartigen Softwarealgorithmen zur Steuerung, die eine blitzschnelle Unterbrechung extremer Fehlerströme ermöglichen, sind ABB-Kunden bestens gerüstet, um zukünftige Herausforderungen bei der Energieversorgung zu meistern. Mit seinem nutzerfreundlichen und sicheren Design, das die Systemintegration erleichtert, und dem ultraschnellen Schutz bietet der SACE Infinitus eine wirtschaftliche Lösung für die Anforderungen der sich neu entwickelnden Anwendungen.

Mit der Einführung einer ultraschnellen Leistungsschalterlösung für eine neue Generation von DC-Architekturen unterstreicht ABB auch ihr Engagement für eine nachhaltige Nutzung elektrischer Energie. Als weltweit erster IEC-Leistungsschalter auf Halbleiterbasis hat der SACE Infinitus das Potenzial, neue Perspektiven für den sicheren und ökonomischen Bau von Niederspannungs-DC-Netzen zu eröffnen. Damit bietet das innovative All-in-one-Gerät dem Kunden nahezu unbegrenzte (infinite) Möglichkeiten.●

### Literaturhinweise

[1] Innovations-Highlights: „Halbleiterbasierter Leistungsschalter für hohe Ströme“. *ABB Review* 1/2022, S. 10.

[2] R. Rodrigues et al.: „A Review of Solid-State Circuit Breakers“. *IEEE Transactions on Power Electronics*, Vol. 36, No. 1 (2021), S. 364–377.

[3] U. Vemulapati et al.: „Recent advancements in IGCT technologies for high power electronics applications“. *17th European Conference on Power Electronics and Applications* (2015), S. 2308–2314.

[4] H. Grüning: „IGCT Technology – A Quantum Leap for

High-power Converters“. Verfügbar unter: [https://library.e.abb.com/public/d627aeaa2f9f8b24c1256f4100480fa0/PT\\_IGCT.pdf](https://library.e.abb.com/public/d627aeaa2f9f8b24c1256f4100480fa0/PT_IGCT.pdf) (abgerufen am 11.08.22).

[5] F. Agostini et al.: „1MW bi-directional DC solid state circuit breaker based on air cooled reverse blocking-IGCT“. *2015 IEEE Electric Ship Technologies Symposium (ESTS)*, S. 287–292.

[6] U. Vemulapati et al.: „Reverse blocking IGCT optimised for 1 kV DC bi-directional solid state circuit breaker“, *IET Power Electronics*, Vol. 8, Issue 12 (2015), S. 2308–2314.

[7] P. Cairoli et al.: „High Current Solid State Circuit Breaker for DC Shipboard Power Systems“. *2019 IEEE*

*Electric Ship Technologies Symposium (ESTS)*. Verfügbar unter: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8847815> (abgerufen am 11.08.22).

—  
DAS DICHTUNGSSYSTEM DES AZIPOD®-ANTRIEBS UNTER DER LUPE

# Dichtungen für die Zukunft



—  
01 Das Azipod®-Antriebssystem kommt ohne separaten Wellenstrang, Ruder, Heckstrahlruder und dazugehörige Hilfsysteme aus und eignet sich für Schiffe aller Art von Fähren und Kreuzfahrtschiffen über Frachtschiffe bis hin zu Eisbrechern.



Die multiphysikalische Modellierung bietet neue Einblicke in das aktuelle Azipod®-Dichtungssystem und hilft ABB bei der Erstellung von Richtlinien, um das Design des Weltklasse-Antriebssystems weiter zu verbessern.

Mit seinem hohen Leistungsvermögen auch unter schwierigsten Bedingungen ist der ABB Azipod®-Antrieb heute das führende Antriebssystem dieser Art auf dem Markt. Eine entscheidende Rolle für den zuverlässigen Betrieb des Systems spielt die Leistungsfähigkeit des Dichtungssystems. Dessen sind sich auch die Experten von ABB bewusst, die mit vereinten Kräften daran arbeiten, die Leistungsgrenzen der aktuellen Dichtungen weiter zu verschieben. So haben sich Azipod®-Versuchsexperten und Fachleute für multiphysikalische Modellierung gemeinsam daran gemacht, einen tiefen Blick in die komplizierte Physik des Dichtungssystems zu werfen.

—  
**Subhashish Dasgupta**  
ABB Corporate Research,  
Process Automation  
Bangalore, Indien

subhashish.dasgupta@  
abb.in.com

**Tuomas Kekki**  
**Jukka Varis**  
ABB, Marine & Ports  
Helsinki, Finnland

tuomas.kekki@  
fi.abb.com;  
jukka.varis@fi.abb.com



02

### Azipod®-Antrieb: eine Geschichte der Innovation

Das vor über 30 Jahren von ABB eingeführte Azipod®-System ist heute weltweit führend auf dem Markt für Schiffsantriebe. Bei dem Azipod®-System ist der elektrische Antriebsmotor in einer um 360° drehbaren Gondel unterhalb des Schiffsrumpfs untergebracht →01–02, was die Manövrierfähigkeit und Betriebseffizienz des Schiffs erheblich steigert. Hinzu kommt ein um bis zu 20 % niedrigerer Treibstoffverbrauch im Vergleich zu herkömmlichen Wellenantriebssystemen. Da sowohl der Motor als auch seine

Welle vollständig außerhalb des Schiffsrumpfs liegen, erhält der Zugpropeller ein ungestörtes Strömungsfeld, d. h. es gibt praktisch keine Vibrationen beim Manövrieren, und sowohl die Geräusche als auch die Vibrationen eines Heckstrahlruders entfallen.

Die mit einem Hybridantrieb und zwei Azipod®-Antriebseinheiten ausgestattete Le Commandant Charcot →03 ist nicht nur das erste Expeditionskreuzfahrtschiff, das den geografischen Nordpol

---

Der ABB Azipod®-Antrieb ist heute das führende Antriebssystem dieser Art auf dem Markt.

erreicht hat, sie eröffnet auch eine neue Ära des komfortablen und nachhaltigen Reisens in extremen Umgebungen wie dem Polarmeer.

Weniger Lärm und Vibrationen bedeuten einen höheren Komfort und mehr Sicherheit für die Passagiere. Und dank der ausgezeichneten Manövrierfähigkeit des Azipod®-Systems ist das Schiff nicht nur in der Lage, sanft zu navigieren, sondern kann bei der Erkundung entlegener Regionen auch emissionsfrei fahren (hier liefert das Azipod®-Antriebssystem eine kombinierte Leistung von 34 MW).

03



—  
02 Der Azipod®-Antrieb von ABB.

—  
03 Die mit einem ABB Azipod®-Antriebssystem ausgestattete Le Commandant Charcot erreichte als erstes Expeditionskreuzfahrtschiff den geografischen Nordpol.

### Beispielhafte Leistung

Um einen reibungslosen Betrieb des Azipod®-Systems zu gewährleisten, muss der Zustand des Dichtungssystems regelmäßig einer intensiven Prüfung unterzogen werden, da sich Vibrationen auf das Dichtungssystem auswirken können. Das Dichtungssystem umfasst eine Reihe von Elastomerdichtungen, die auf der Propellerwelle angeordnet sind. Zwischen den Dichtungen befindet sich Dichtöl, das eine hochwertige Schmierung und Kühlung des Dichtungssystems gewährleistet.

Auch wenn sich die aktuelle Dichtungstechnologie des ABB Azipod®-Antriebssystems durch eine hohe Leistungsfähigkeit auch unter widrigen Bedingungen – z. B. beim Fahren in vereisten Gewässern und den dabei entstehenden Vibrationen – auszeichnet, lohnt es sich, die Grenzen eines sicheren und zuverlässigen Betriebs stets neu auszuloten. Angesichts der immer schlechteren und unvorhersehbaren klimatischen Bedingungen [1] und der heute weltweit gültigen strengen Normen [2] hält ABB dies für unerlässlich.

### Innovativer Ansatz

Während ein Großteil des Know-hows von ABB hinsichtlich der Azipod®-Dichtungssysteme auf Erfahrung basiert, können fortschrittliche computergestützte Verfahren wie die multiphysikalische Modellierung Einblicke in die Physik der Dichtungssysteme gewähren, um eine Verbesserung zu ermöglichen. Mitte 2021 begann ABB damit, sich eingehend mit der komplexen Physik und den zugrunde liegenden funktionalen

Aspekten des Azipod®-Dichtungssystems zu befassen. Das Ziel bestand darin, durch experimentelle Versuche und Modellierung die

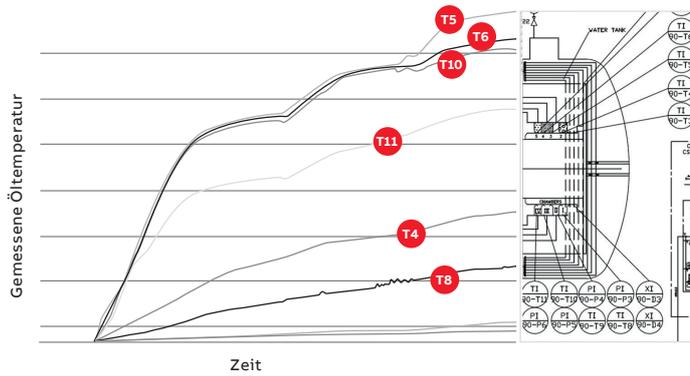
—  
Um einen reibungslosen Betrieb zu gewährleisten, muss der Zustand des Dichtungssystems regelmäßig überprüft werden.

Parameter zu bestimmen, die die Leistungsfähigkeit der Dichtungen beeinflussen, die Faktoren zu verstehen, die sich auf den Betrieb des aktuellen Dichtungssystems auswirken, und Richtlinien für die Optimierung der betrieblichen Parameter und die zukünftige Verbesserung des Dichtungssystems zu entwickeln.

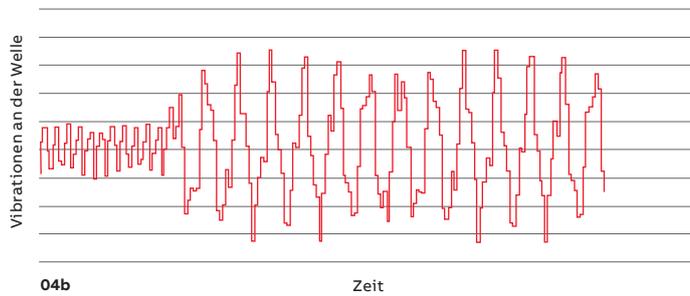
### Ein ganzheitlicher Ansatz

Dazu wurden umfangreiche Tests entwickelt und an einem Muster-Dichtungssystem in einer Prüfanlage von ABB durchgeführt, die realistische Informationen über die leistungsbeeinflussenden Parameter liefern sollten. Parallel dazu wurden Multiphysik-Modelle, die verschiedene strömungs- und strukturdynamische Modellierungen umfassten, entwickelt, um das Leistungsverhalten des Dichtungssystems unter verschiedenen, aber dennoch spezifischen Bedingungen zu simulieren. Dies sollte eine ganzheitliche Betrachtung

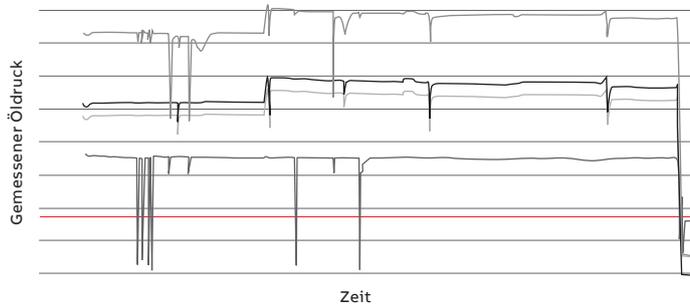




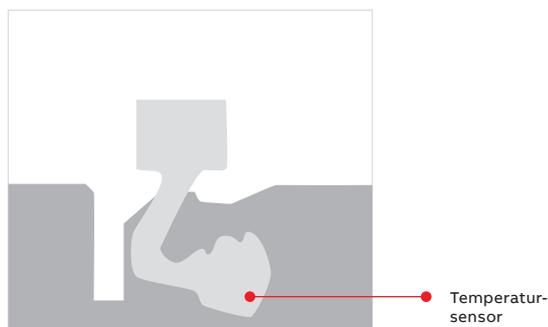
04a



04b



04c



04d

ung kritischer Parameter wie Öldurchfluss, Druck, Temperatur und strukturelle Belastungen ermöglichen. Eine genaue Analyse der Modellierungsergebnisse sollte schließlich wertvolles Wissen über die komplizierte, dem Azipod®-System zugrunde liegende Physik liefern und ABB für zukünftige Produktverbesserungen rüsten.

Die Modelle wurden zunächst anhand von Messdaten validiert, was das Vertrauen in den Modellierungsansatz stärkte. Anschließend wurden die Modelle zur Evaluierung verschiedener leistungsrelevanter Aspekte verwendet, die mit

## Die Versuche und Multiphysik-Modelle ermöglichten tiefe Einblicke in die Physik der Dichtungen.

Laborversuchen allein nicht untersucht werden konnten. Dabei konnten neue Erkenntnisse über die Physik der Dichtungen gewonnen werden.

### Tests, Tests und noch mehr Tests

Da Versuche einen bedeutenden Teil des Projekts ausmachten, wurden die entsprechenden Tests mit größter Sorgfalt durchgeführt. Dazu wurde das Dichtungssystem auf einem Prüfstand montiert und mit Temperatur-, Druck-, Vibrations- und Ölstandsensoren ausgestattet, um eine Beurteilung der kritischen Parameter zu ermöglichen. Die Analyse dieser Parameter lieferte umfassende Erkenntnisse über das Leistungsverhalten des Systems in verschiedenen Situationen. Zunächst wurde in den Tests der Normalbetrieb abgebildet, danach wurden anspruchsvollere Szenarien mit Vibrationen an der Welle simuliert, wie sie z. B. beim Fahren im Eis auftreten.

An mehreren Stellen innerhalb des Dichtungsmaterials und in den Ölkammern wurde der Temperaturanstieg bei verschiedenen Wellendrehzahlen gemessen → 04a. Dies lieferte wertvolle Informationen über Reibungswärmeeffekte an den Kontaktflächen zwischen Dichtung und Welle. Um mögliche Veränderungen des Leistungsvermögens aufgrund von Vibrationen festzustellen, wurde das System unter normalen und unter Vibrationsbedingungen betrieben. Dabei wurde die Stärke der Vibrationen – neben anderen Parametern wie dem Öldruck → 04c – bei verschiedenen Wellendrehzahlen gemessen. Der Füllstand des (hier nicht dargestellten) Öltanks,

—  
04 Ergebnisse der experimentellen Versuche.

04a Gemessene Temperaturen an kritischen Stellen im Dichtungsmaterial und in den Ölkammern.

04b Während der Vibrationstests gemessene Vibrationen an der Welle.

04c Gemessener Öldruck in den Ölkammern des Dichtungssystems.

04d Die einzelnen Dichtungen wurden mit einem eingebetteten Temperatursensor versehen und nach dem Testen auf möglichen Verschleiß geprüft.

—  
05 Modellierungs-Workflow mit CFD- und Strukturdynamik-Modellen zur Simulation des Leistungsverhaltens und Vorhersage physikalischer Parameter und leistungs-kritischer Trends.

—  
06 Ergebnisse der Rechenmodelle.

06a CFD-Modellierung zur Untersuchung der Öldynamik während des Betriebs. Strömungsdynamik im Ölraum einschließlich des schmalen Kontaktspalts, berechnet mithilfe des Modells im dreidimensionalen Raum.

06b Druckfeld im Ölraum, berechnet mithilfe des CFD-Modells.

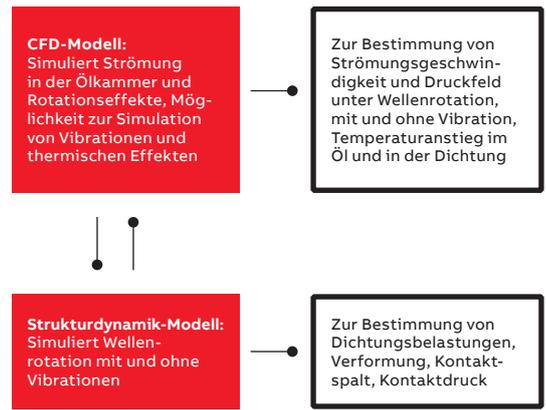
06c Temperaturfeld im Öl, in der Dichtung und der Tragstruktur, berechnet mithilfe des CFD-/thermischen Modells.

der die Dichtung mit Öl versorgt, wurde ebenfalls überwacht, um mögliche Leckagen zwischen benachbarten Kammern an der Kontaktfläche festzustellen. Die Dichtungen wurden einzeln auf möglichen Verschleiß hin untersucht. Dazu wurde die Temperatur mithilfe eingebetteter Sensoren gemessen →04d und anschließend die Breite der Kontaktfläche gemessen.

**Untersuchungen mit Multiphysik-Modellen**  
Ergänzend zu den umfangreichen Tests wurden Untersuchungen mit Multiphysik-Modellen durchgeführt, um das Leistungsverhalten der Dichtung unter den bei den Tests simulierten Bedingungen zu evaluieren. Da sie die Möglichkeit bieten, kritische Parameter im dreidimensionalen Raum und in Abhängigkeit von der Zeit zu berechnen, liefern die auf Finite-Elemente- und Finite-Volumen-Berechnungen basierenden Modellierungsverfahren die besten Modelle für eine multiphysikalische Analyse. Zunächst wurden die

—  
**Die Analyse der Ergebnisse lieferte wertvolles Wissen über die komplizierte Physik des Azipod®-Systems.**

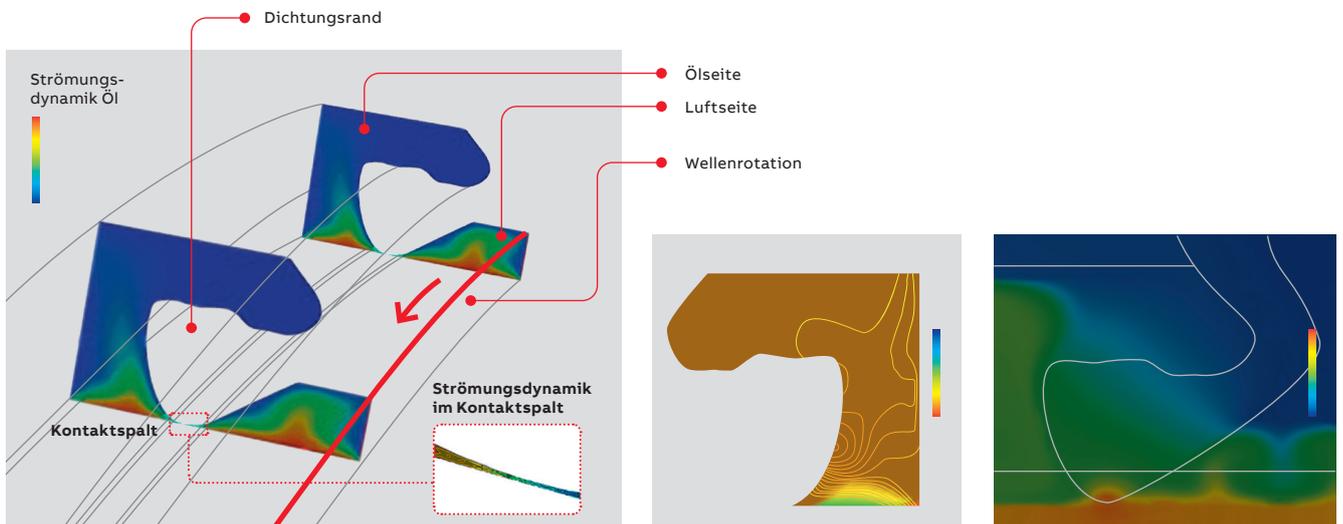
Modelle zur Validierung mit den Versuchsergebnissen verglichen. Mit gestärktem Vertrauen in den Modellierungsansatz wurden die Modelle anschließend intensiv genutzt, um bestimmte leistungsrelevante Aspekte zu evaluieren, die sich durch Versuche nicht evaluieren lassen.



05

Die Durchführung der Modellstudien erfolgte in einer bestimmten Reihenfolge →05. Um die Strömungsdynamik und die Wärmeausbreitung im Ölraum und in der Dichtungsstruktur unter verschiedenen Betriebsbedingungen zu untersuchen, wurden CFD-Modelle (Computational Fluid Dynamics) entwickelt. Zur Analyse struktureller Aspekte wie Dichtungsbelastung, Verformung und Kontaktspalt zwischen Welle und Dichtung wurden Strukturdynamik-Modelle herangezogen, was sich bei der Untersuchung der Auswirkungen von Vibrationen als nützlich erwies. Abhängig von der jeweiligen Untersuchung wurde die strukturdynamische Modellierung im Anschluss an die CFD-Modellierung durchgeführt oder umgekehrt.

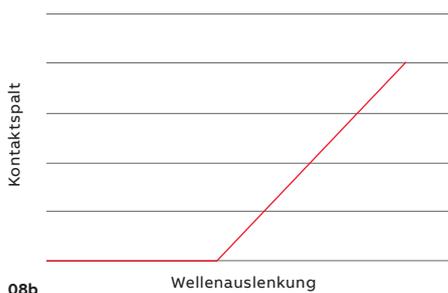
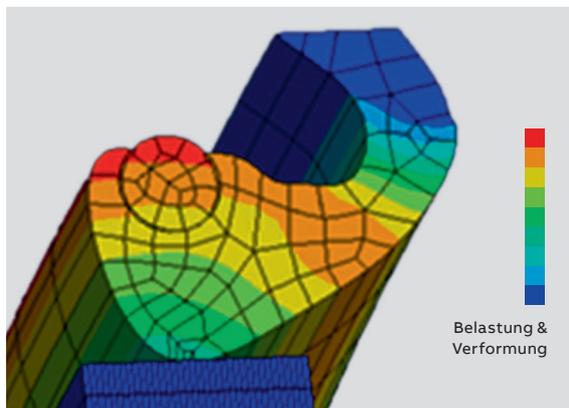
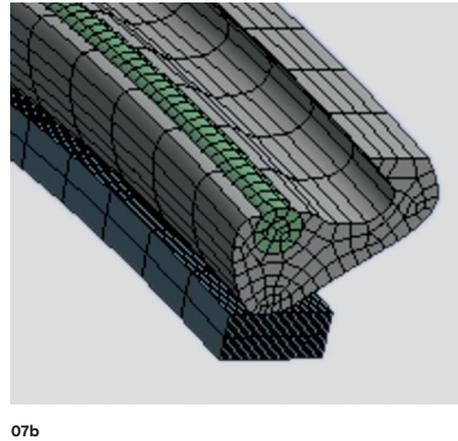
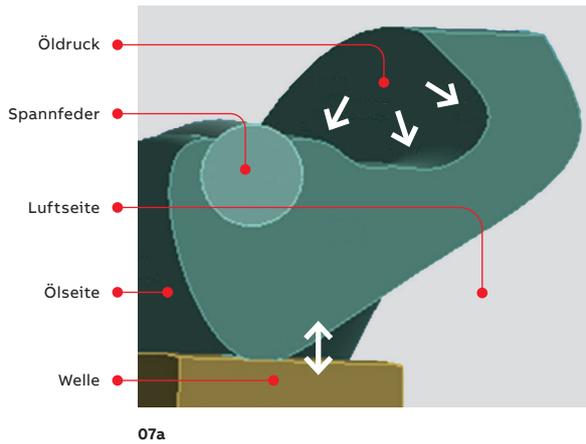
Die Strömungsdynamik in den Ölkammern und im schmalen Spalt zwischen Dichtung und Welle →06a wurden ebenso mithilfe der CFD-Modelle simuliert wie das Druckfeld →06b. Mithilfe von strömungs-



06a

06b

06c



dynamischen Berechnungen wurde der Ölübergang von einer Kammer zur anderen unter bestimmten Betriebsbedingungen – z. B. Öldruck und Wellendrehzahl – für eine bestimmte Ölsorte geschätzt. Unter Einbeziehung der Reibungswärme und thermischer Berechnungen lieferte das CFD-Modell das Temperaturfeld im Öl und im Dichtungsmaterial →06c.

Da das vornehmliche Ziel der Untersuchungen darin bestand, die Auswirkungen von Vibrationen an der Welle auf die Leistungseigenschaften zu bestimmen, wurden Strukturmodell-Modelle entwickelt, die die Dichtung, die Welle und die Spannfeder beinhalteten →07a. Als Eingangsdaten für die Modelle dienten primär der Öldruck auf der Dichtung sowie die Frequenz und die Amplitude der an der Welle wirkenden Vibra-

Die Modellierungsergebnisse haben zu einem profunden Verständnis des aktuellen Dichtungssystems beigetragen.

tionen. Zur Lösung der strukturdynamischen Gleichungen wurde das Modell unter Verwendung fortschrittlicher Tools diskretisiert →07b.

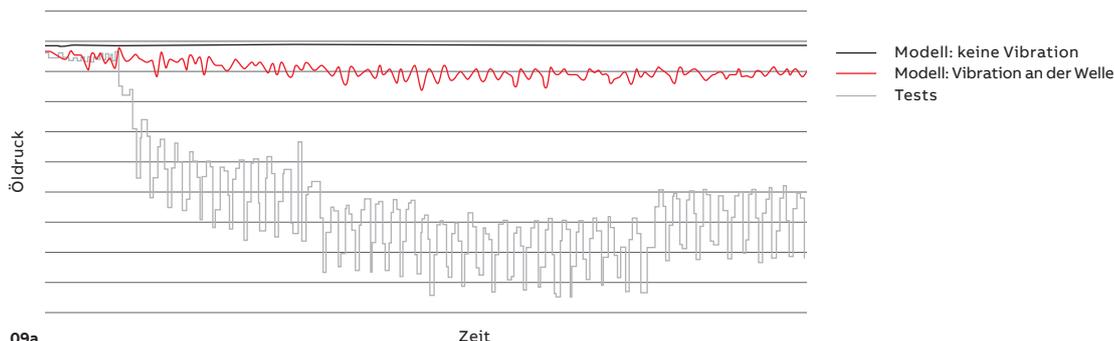
Als Ergebnis lieferte das Strukturmodell die Belastung und Verformung der Dichtung →08a, den Kontaktspalt →08b und den Kontaktdruck →08c in Abhängigkeit von der Wellenauslenkung zur Quantifizierung der Vibrationsbedingungen.

Ein bedeutender Zweck des Modellierungsansatzes war die Bestätigung der Test-

07 Rechengebiet und Diskretisierung. Aufgrund der verwendeten Software (ANSYS) ist die Auflösung der Bilder gering.

07a Rechengebiet des Strukturdynamik-Modells zur Analyse struktureller Aspekte während des Betriebs.

07b Diskretisierung des Rechengebiets.



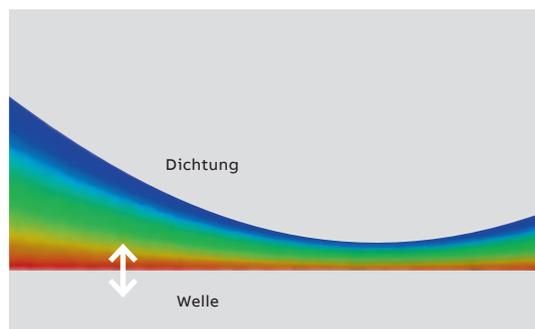
09a

Zeit

08 Primäre Ergebnisse des Strukturdynamik-Modells zur Quantifizierung der Vibrationsbedingungen.

08a Belastung und Verformung der Dichtung während des Betriebs. Aufgrund der verwendeten Software (ANSYS) ist die Bildauflösung gering.

08b Änderung des Kontaktspalts in Abhängigkeit von der Wellenauslenkung, berechnet mithilfe des Strukturdynamik-Modells.



09b

08c Kontaktdruck in Abhängigkeit von der Wellenauslenkung, berechnet mithilfe des Strukturdynamik-Modells.

09 Vergleich der beobachteten Testergebnisse mit den Modellberechnungen.

09a Das Modell zeigt Öldruckschwankungen bei Vibrationen an der Welle, die unter nicht vibrierenden Bedingungen nicht auftreten. Dies bestätigt entsprechende Beobachtungen bei den Tests.

09b Öldynamik im Dichtungsraum bei Vibrationen an der Welle, berechnet mithilfe des CFD-Modells.

beobachtungen und der damit verbundenen Schlussfolgerungen. So wurde z. B. die bei vibrierender Welle in den Öldruckmessungen

Die kollaborative Forschungsarbeit von ABB wird dabei helfen, zukünftige Verbesserungen voranzutreiben.

beobachtete Schwankung durch ähnliche Beobachtungen in den Ergebnissen des CFD-Modells bestätigt → 09a–09b.

Die aus den Ergebnissen der CFD- und strukturdynamischen Modellierung gewonnenen Erkenntnisse haben zu einem tiefen Verständnis des aktuellen Azipod®-Dichtungssystems beigetragen und ABB bei der Erstellung von Richtlinien für die Optimierung betrieblicher Parameter im Hinblick auf zukünftige Modifikationen des Dichtungssystems geholfen.

### Blick in die Zukunft

Experimentelle Verfahren sind in der Lage, die Leistungsfähigkeit von Dichtungssystemen zu evaluieren und wertvolle Informationen für die Entwicklung von Richtlinien zur Verbesserung aktueller Dichtungssysteme zu liefern. Durch die Kombination von experimentellen Methoden mit modernen multiphysikalischen Modellierungsverfahren ist es ABB gelungen, neue Einblicke in das Leistungsverhalten von Dichtungen zu erhalten. Die Ergebnisse der kollaborativen Forschungsarbeit von ABB und die Fähigkeit, über die Möglichkeiten experimenteller Versuche hinauszugehen, werden dabei helfen, die Verbesserung der ABB-Antriebssysteme voranzutreiben. Eine Wissensdatenbank über die physikalischen Eigenschaften von Dichtungen dürfte für die zukünftige Entwicklung der Azipod® Antriebstechnologie außerordentlich wertvoll sein.

So wird sichergestellt, dass der ABB Azipod®-Antrieb auch bei sich verändernden klimatischen Bedingungen weiterhin das bevorzugte Antriebssystem für die Navigation in sensiblen und anspruchsvollen maritimen Umgebungen ist. Gleichzeitig beweist ABB, dass ihr Engagement für Innovation in gutem Einklang mit den weltweiten Forderungen nach mehr Nachhaltigkeit steht. •

### Literaturhinweise

[1] J. L. Miller: „Ocean currents respond to climate change in unexpected ways“. *Physics Today*, Vol 70, No. 1, 2017, S. 17.

[2] DNV AS (2022): „Safeguard shaft seals and propeller shaft bearings – avoid costly failures“. Verfügbar unter: <https://www.dnv.com/news/safeguard-shaft-seals-and-propeller-shaft-bearings-avoid-costly-failures-215171> (abgerufen am 11.08.2022).



—  
INTELLIGENTES TEMPERATURÜBERWACHUNGSRELAIS

# Temperaturen im Blick

Eine kontinuierliche Temperaturüberwachung mit den neuen Überwachungsrelais vom Typ ABB CM-TCN hilft dabei, kritische Anlagen vor teuren Ausfällen zu schützen. Dabei setzt das CM-TCN nicht nur neue Maßstäbe im Hinblick auf die Benutzerfreundlichkeit und eine effiziente Einrichtung. Eine integrierte Kommunikationsschnittstelle ermöglicht zudem eine einfache Einbindung in den ABB Ability™ Energy and Asset Manager.



01

—  
01 Relais vom Typ  
CM-TCN.



**Brigitte Dien**  
ABB STOTZ-KONTAKT  
GmbH  
Heidelberg, Deutschland

brigitte.dien@  
de.abb.com



**Anatoly Kosyakin**  
ABB STOTZ-KONTAKT  
GmbH  
Heidelberg, Deutschland

anatoly.kosyakin@  
de.abb.com

Temperaturmessungen sind für nahezu alle Industrien relevant, denn sie helfen dabei, den Funktionszustand von Betriebsmitteln zu verstehen und vorherzusagen. Um die Vorteile der Temperaturüberwachung auf einen größeren Kreis von Systemen und Anlagen auszudehnen, hat ABB das Temperaturüberwachungsrelais CM-TCN auf den Markt gebracht →01. Das CM-TCN verfügt über bis zu drei Fühlerkreise zum Anschluss gängiger Temperaturfühler, um eine bequeme lokale Temperaturmessung zu ermöglichen. Über die Relaisausgänge können bei Erreichen bestimmter Temperatur-Schwellwerte verschiedene Aktionen ausgeführt werden. Das Einstellen des Relais ist per Smartphone oder über die integrierte LCD-Anzeige möglich. Außerdem kann das CM-TCN mit dem ABB Ability Energy and Asset Manager Cloud-Service verbunden werden und ermöglicht damit eine transparente Überwachung des Verhaltens von Betriebsmitteln und des elektrischen Systems aus der Ferne.

#### Leicht ablesbare LCD-Anzeigen

Leichte Ablesbarkeit und eine einfache Einrichtung gehörten zu den Hauptanforderungen beim

Design der Relais. Eine beleuchtete LCD-Anzeige an der Vorderseite des Geräts zeigt die aktuellen Messwerte und Wartungsdaten an. Durch Betätigung des drehbaren Drucktasters unterhalb der Anzeige mit einem Schraubendreher kann der Benutzer sehr einfach durch das Konfigurationsmenü navigieren →02. Die symbolgestützte

—  
Temperaturmessungen helfen dabei, den Funktionszustand von Betriebsmitteln zu verstehen und vorherzusagen.

Bedienoberfläche erfordert keine Übersetzung, steigert die Effizienz beim Kundendienst und vereinfacht das Einstellen von Schwellwerten und Parametern. Ein passwortgeschützter Zugang und eine optionale Parametersperre sorgen zudem für erhöhte Sicherheit.

Über das Menü sind auch eine Ereignishistorie, ein Betriebsstundenzähler, Gerätestatistiken und weitere Servicedaten abrufbar. Werkseitig vordefinierte Profile (Einstellungen) verkürzen die Installationszeiten für häufig genutzte Anwendungen wie die Temperaturüberwachung von Transformatoren, Lagern oder Wicklungen von Elektromotoren. Alle Parameter können zudem individuell angepasst und in einem von vier benutzerdefinierten Profilen gespeichert werden. Ein Highlight ist die integrierte Simulationsfunk-

tion: Sie ermöglicht die Überprüfung der Relais-einstellung vor der endgültigen Aktivierung.

**Parametrierung per Smartphone-App**

ABB EPiC (Electrification Products intuitive Configurator) ist eine kostenlose Smartphone-App zur Konfiguration, Installation und Inbetrieb-

Die Einstellungen lassen sich durch einfaches Berühren mit dem Smartphone kopieren.

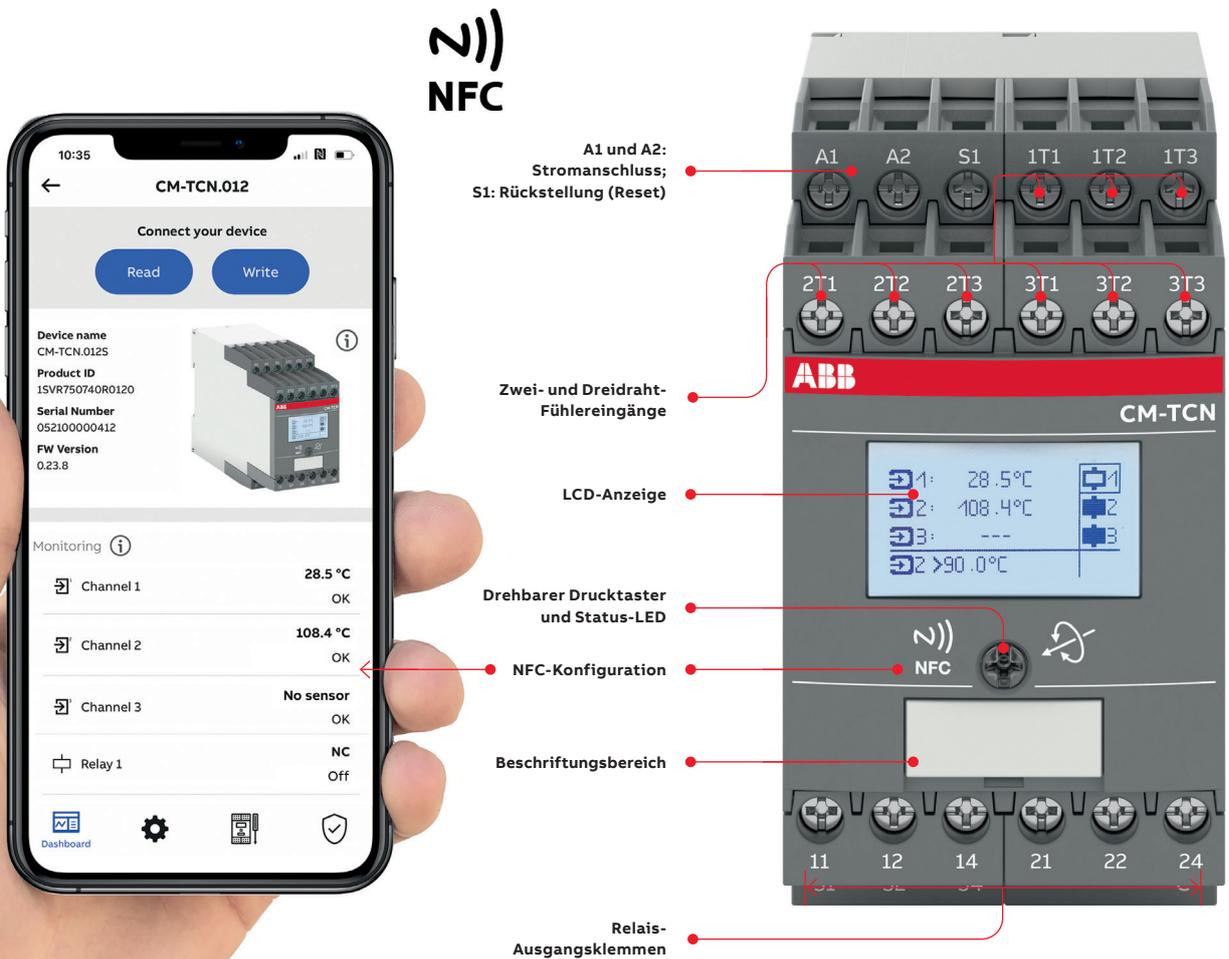
nahme von ABB-Niederspannungsprodukten wie dem CM-TCN. Die App kommuniziert per Nahfeldkommunikation (NFC) mit dem Relais →02. NFC ist ein internationaler Übertragungsstandard für kontaktlosen Datenaustausch, der auf der RFID-Technologie (Radio Frequency Identification) basiert. Die NFC-Technologie ist bereits in den meisten elektronischen Geräten wie Tablets und Smartphones integriert und wird tagtäglich z. B. beim kontaktlosen Bezahlen genutzt. Durch einfaches Berühren des CM-TCN mit dem Smartphone

führt die ABB EPiC-App die Parametrierung aus und kann Einstellungen per NFC von einem Gerät zum anderen kopieren, sogar wenn die Geräte ausgeschaltet sind. Dadurch, dass das CM-TCN auch in spannungslosem Zustand eingerichtet werden kann, wird die Installationszeit erheblich verkürzt – in einigen Fällen um bis zu 80 %. Dies ist besonders für Erstausrüster (OEMs) und Schaltanlagenbauer interessant.

In der App werden der aktuelle Relaiszustand und die Messerwerte angezeigt, und auch Parameter können dort gespeichert werden. Außerdem sind verschiedene Servicedaten und die Ereignishistorie per Smartphone abrufbar →02.

**Thermischer Schutz und Zustandsüberwachung**

Die Relais vom Typ CM-TCN ermöglichen eine Temperaturmessung mit bis zu drei Fühlerkreisen, wobei die gängigsten Fühlertypen (PTC-Thermistoren, PT100, PT1000 und NTC sowie Bimetall-Schalter) verwendet werden können. Der große Temperaturmessbereich von -200 bis +850 °C deckt alle denkbaren Anwendungen ab. Das Relais selbst ist für Umgebungstemperaturen von -25 bis +60 °C ausgelegt.



NFC

A1 und A2: Stromanschluss; S1: Rückstellung (Reset)

Zwei- und Dreidraht-Fühlereingänge

LCD-Anzeige

Drehbarer Drucktaster und Status-LED

NFC-Konfiguration

Beschriftungsbereich

Relais-Ausgangsklemmen

—  
02 Das CM-TCN lässt sich per Smartphone konfigurieren. Der LCD-Startbildschirm zeigt die aktuellen Messwerte. Alle über die LCD-Anzeige verfügbaren Daten stehen auch in der App zur Verfügung.

Die Schwellwerteneinstellungen des Relais sind äußerst flexibel und ermöglichen die Konfiguration von Voralarmen und Alarmen gemäß den Anforderungen der jeweiligen Anwendung. Zum Beispiel kann der erste Relaiskreis als Voralarm, der zweite als Alarm und der dritte als Fühlerfehleralarm konfiguriert werden. Insgesamt stehen neun Signale für verschiedene Kombinationen von Auslöseereignissen zur Verfügung.

Die Relais vom Typ CM-TCN bieten sieben werkseitig vorkonfigurierte Profile für folgende Anwendungen:

- Motorwicklungsschutz mit Temperaturfühlern vom Typ PT100 (Profil 1 und 3)
- Motorlagerüberwachung mit PT100-Fühlern (Profil 2)
- Motorwicklungsschutz mit PTC-Thermistoren (Profil 4)
- Transformatorüberwachung mit PT100-Fühlern (Profil 5)
- Transformatorüberwachung mit PTC-Thermistoren (Profil 6)
- Individuelle Temperaturüberwachung mit PT100-Fühlern

Das Profil 5 ermöglicht z. B. eine Transformatorüberwachung mit drei Eskalationsstufen. Dabei ist der Schwellwert 1 auf 130 °C eingestellt und löst bei Erreichen Relais 1 aus, das die Lüftung zur Kühlung des Transformators einschaltet.

## Die Temperaturüberwachung stellt einen fortlaufenden Betrieb von Anlagen sicher.

Darüber hinaus ist Relais 1 eine zyklische Schaltfunktion zugeordnet, die den Lüfter einmal pro Woche für 15 min einschaltet, um ein Festsetzen zu verhindern.

Schwellwert 2 ist eine Vorwarnung bei 140 °C und löst Relais 2 aus. Neben dem Schwellwert sind auch die Fehlersignale des Fühlers dem Relais 2 zugeordnet, d. h. ein Leitungsbruch oder Kurzschluss in den Fühlerkreisen führt ebenfalls zur Auslösung von Relais 2. Der Schwellwert 3 entspricht einer kritischen Temperatur von 155 °C, bei der der Transformator durch das Relais 3 abgeschaltet wird. Relais 1 und 3 fungieren als Schließer (Arbeitsstromprinzip), Relais 2 als Öffner (Ruhestromprinzip). Sinken die Temperaturen unter den Schwellwert, werden alle Relais unter Berücksichtigung der Hysterese automatisch zurückgesetzt. Die Funktionslogik und die Einstellungen dieses Profils sind in →03 dargestellt.

Entsprechen die werkseitigen Profileinstellungen nicht vollständig den Anforderungen der jeweiligen Anwendung, können sie angepasst werden. So können z. B. die Temperaturen für die Schwellwerte geändert, aber die in den werkseitigen Profilen definierten Fühlertypen und die Relaisbelegung beibehalten werden.

Folgende Einstellungen sind bei den Relais vom Typ CM-TCN frei konfigurierbar:

- Fühlereinstellungen – Definition des Fühlertyps für jeden Messkanal (PT100, PT1000, PTC, NTC, Bimetall oder nicht belegt)
- Signalkonfiguration – Definition von Schwellwerten, Ein-/Ausschaltverzögerungen und Hysterese
- Relaisbelegung – Zuordnung von Signalen (Schwellwerten), Fühlerfehlersignalen und eines Busfehlersignals zu den drei verfügbaren Relais

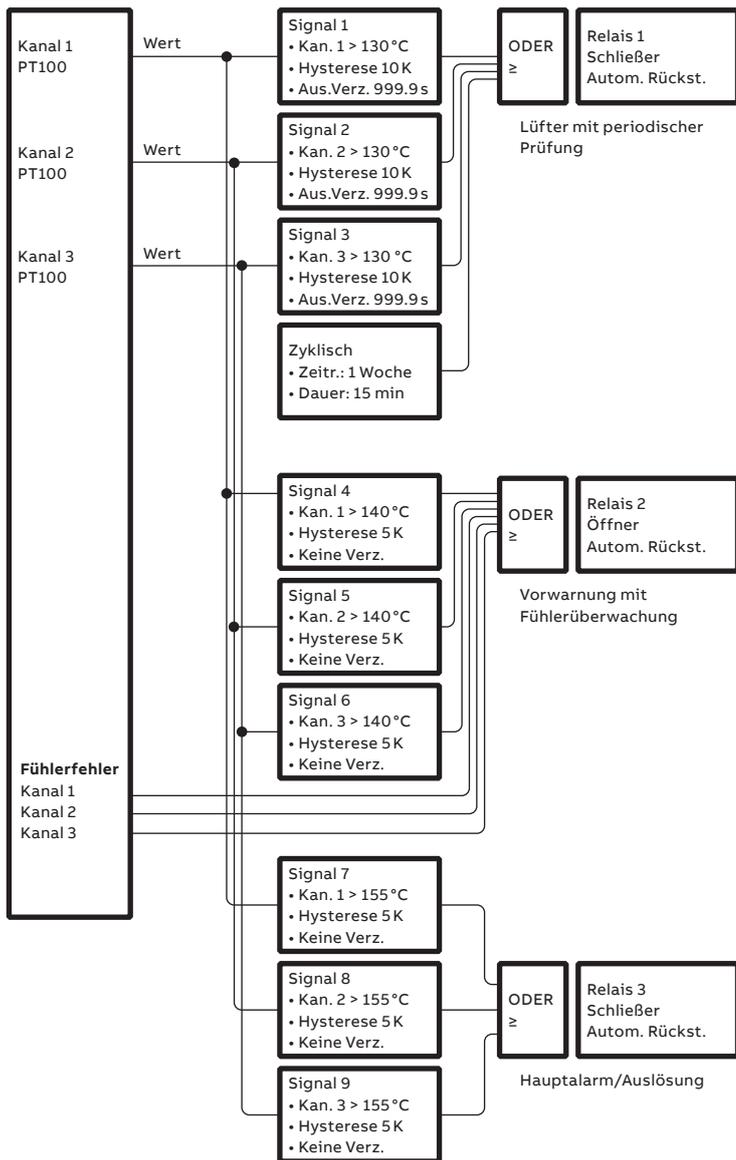
Durch Temperaturüberwachung lassen sich frühzeitig unzulässige Temperaturanstiege erkennen und Wartungsbedarfe aufzeigen, was dabei hilft, den fortlaufenden Betrieb von Anlagen sicherzustellen und die Lebensdauer von Betriebsmitteln zu verlängern. Die Zustandsüberwachung kann über eine Modbus-Verbindung und den ABB Ability Energy and Asset Manager auch aus der Ferne erfolgen. Ein solches Fernmanagement erhöht zudem die Sicherheit, da das Personal die Anlage nicht mehr aufsuchen muss, um Messwerte abzulesen.

Dank der flexiblen Konfigurationsmöglichkeiten kann das Relais neben der Erkennung unzulässiger Temperaturanstiege, die die Lebensdauer der Lager und Wicklungen von Elektromotoren verkürzen, auch zur Temperaturüberwachung von Sammelschienen und Kabeln eingesetzt werden. So können z. B. frühzeitig Probleme durch nicht fest sitzende Verbindungen erkannt und schnell behoben werden.

### Eingebaute Konnektivität

Zur Datenübertragung bietet das Temperaturüberwachungsrelais CM-TCN eine RS-485-Schnittstelle mit Modbus RTU-Kommunikationsprotokoll. Die RS-485-Schnittstelle ist im Gerät integriert und erfordert keine zusätzliche Installation →04. Über die Schnittstelle können folgende Aktionen aus der Ferne durchgeführt werden:

- Auslesen der Temperaturmesswerte, des Temperaturfühlerzustands und des Schaltzustands der Ausgangsrelais
- Abrufen von Überwachungsdaten wie Ereignishistorie, Betriebsstundenzähler, Wartungszähler und Statistiken
- Konfigurieren des Überwachungsrelais
- Zurücksetzen verschiedener Überwachungsdaten wie Auslösezähler, Ereignishistorie usw.
- Auslesen von Systeminformationen (Gerätetyp, Seriennummer und Firmware-Version)
- Fernsteuern der Ausgangsrelais



Außerdem können verschiedene Reaktionen der Ausgangsrelais bei einem Fehler auf dem Kommunikationsbus festgelegt werden.

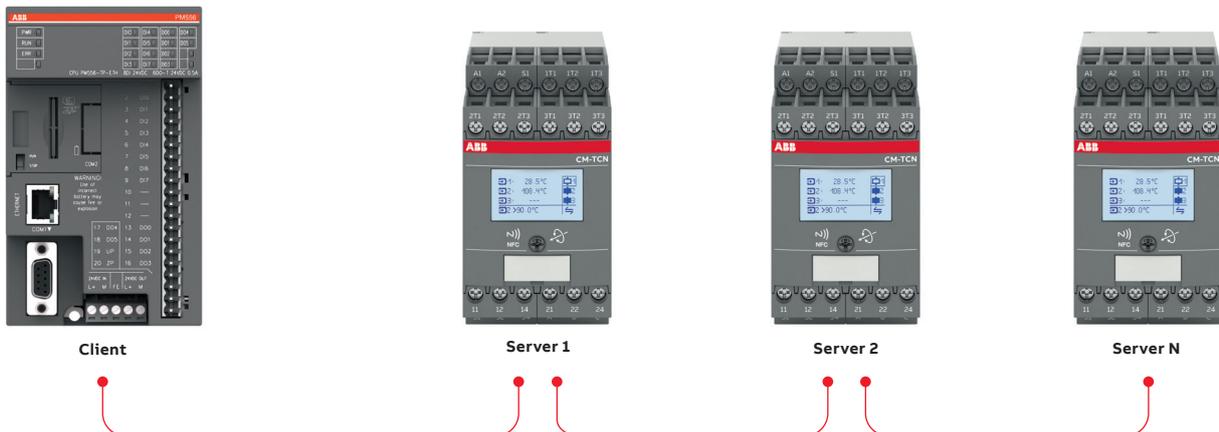
**Cloud-Integration mit ABB Ability**

Wie bereits erwähnt, ermöglicht die ABB Ability Energy and Asset Manager Cloud-Lösung eine transparente Überwachung des Verhaltens des elektrischen Systems aus der Ferne. Die dabei gewonnenen Einblicke ermöglichen es Anlagenbetreibern, Kosten und Risiken zu minimieren und gleichzeitig die Leistungsfähigkeit und Sicherheit ihrer Anlagen zu maximieren. Die Kommunikation

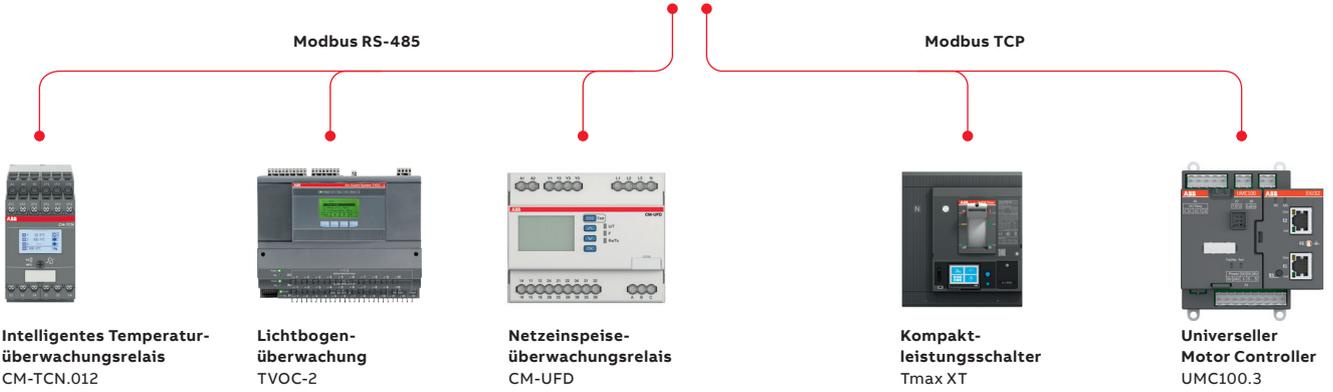
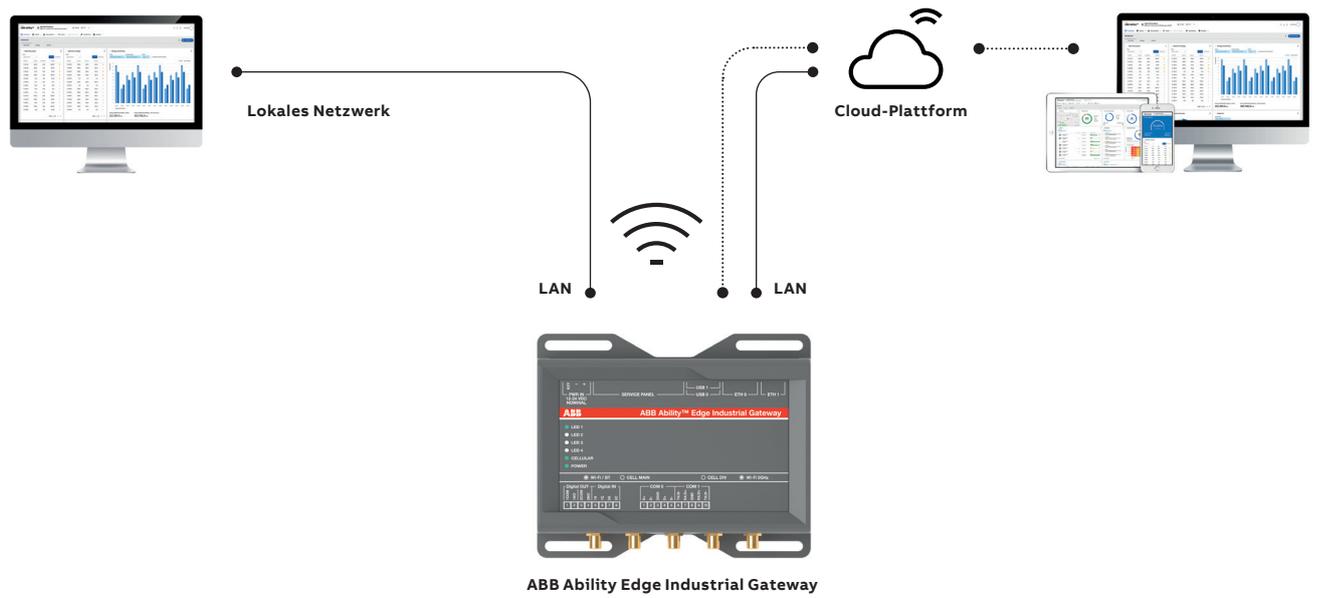
Die gewonnenen Einblicke ermöglichen es Anlagenbetreibern, Kosten und Risiken zu minimieren.

zwischen einem Gateway, z. B. einem ABB Ability Edge Industrial Gateway, und dem Relais erfolgt über die integrierte Modbus RS-485-Schnittstelle. Das Edge-Gateway selbst nutzt ein auf dem Know-how von ABB und Microsoft basierendes hochmodernes Cybersicherheitsprotokoll für den Datenaustausch mit der ABB Cloud-Plattform.

03



04



05

03 Blockdiagramm des werkseitigen Profils 5 zur Transformatorüberwachung mit Fühlern vom Typ PT100.

04 Über die RS-485-Schnittstelle können mehrere Relais verbunden werden.

05 Konfigurationsbeispiel.

→05 zeigt ein Beispiel für eine Kommunikationsarchitektur, die verschiedene Geräte aus dem lokalen Netzwerk in das ABB Ability Energy and Asset Manager Cloud-System integriert. Die vom CM-TCN in die Cloud übertragenen Daten werden in einem benutzerfreundlichen Widget dargestellt, das eine Temperaturüber-

**Die Möglichkeit zur Konfiguration bei ausgeschaltetem Gerät verkürzt die Installationszeit erheblich.**

wachung verschiedener Betriebsmittel erlaubt. So können Trendverläufe der Temperaturwerte beobachtet werden, um wertvolle Einblicke in das Temperaturverhalten zu gewinnen. Mit der Einrichtung von SMS- oder E-Mail-Benachrichti-

gungen können wichtige Personen prompt über das Auslösen eines Relais oder Auftreten eines Fühlerfehlers informiert werden. Das Erstellen eines regelmäßigen Berichts mit Temperaturwerten ist ebenfalls möglich.

**Die Regeln neu definiert**  
Die Überwachung der Temperaturen – entweder über die Cloud, in einer Leitwarte oder lokal – hilft, Kosten und Risiken zu minimieren und gleichzeitig die Leistungsfähigkeit und Sicherheit zu maximieren. Die Einrichtung per LCD-Anzeige am Relais oder per Smartphone ist einfach, und die Möglichkeit zur Konfiguration auch bei ausgeschaltetem Gerät trägt erheblich zur Verkürzung der Installationszeiten bei. Ein großer Vorteil ist, dass das Relais eine große Bandbreite von Anwendungen abdeckt, denn das senkt zudem die Lagerhaltungskosten.

Mit dem Relais vom Typ ABB CM-TCN definiert ABB die Temperaturüberwachung für industrielle Umgebungen neu. •

---

# Lebens- mittel & Getränke



Eine vernetzte digitale Überwachung hilft produzierenden Unternehmen bei der Verbesserung der Sicherheit, Steigerung der betrieblichen Effizienz und der Erfüllung von Vorschriften. ABB bietet die dafür notwendigen intelligenten Lösungen.

- 36 **Die Energie-Diät**  
Intelligente Verbrauchsmessung und Überwachung
- 42 **Auf der sicheren Seite**  
Intelligente Sicherheit für die Lebensmittel- und Getränkeindustrie





## INTELLIGENTE VERBRAUCHSMESSUNG UND ÜBERWACHUNG

# Die Energie-Diät

Energieverbrauch und ungeplante Stillstandzeiten sind bedeutende Themen in der Lebensmittel- und Getränkeindustrie. Die Produkte zur intelligenten Verbrauchsmessung und Überwachung von ABB ermöglichen eine genaue Messung des elektrischen Verhaltens kompletter Lebensmittel- und Getränkeanlagen und tragen so zur Optimierung des Energieeinsatzes und Sicherung einer unterbrechungsfreien Produktion bei.

—  
01 Eine intelligente Verbrauchsmessung und Überwachung hilft dabei, den Energieverbrauch zu senken und die Produktion in Lebensmittel- und Getränkeanlagen am Laufen zu halten.

—  
02 Kompaktleistungsschalter vom Typ ABB Tmax XT.

Angesichts ihrer schieren Größe und der hohen Produktionsleistungen ist es kaum verwunderlich, dass moderne Lebensmittel- und Getränkeanlagen erhebliche Mengen an elektrischer Energie benötigen. Doch glücklicherweise bietet die Digitalisierung Möglichkeiten, um den Energieverbrauch dieser Anlagen zu optimieren. Die Digitalisierung erlaubt eine detaillierte Messung und Überwachung des gesamten elektrischen Systems einer Anlage und ist damit der Schlüssel zur Verbesserung der Energieeffizienz. Mit einem digitalisierten System und einer intelligenten Verbrauchsmessung und Überwachung

Eine detaillierte Verbrauchsmessung und Überwachung garantiert zudem die unterbrechungsfreie Verfügbarkeit elektrischer Energie, die für Lebensmittel- und Getränkehersteller unternehmenskritisch ist. Ungeplante Unterbrechungen oder Störungen in der Stromversorgung können erhebliche Kosten durch Produktverlust, Produktionsstillstand oder Unterbrechung der Lieferkette nach sich ziehen.

## Die Digitalisierung ist der Schlüssel zur Verbesserung der Energieeffizienz.



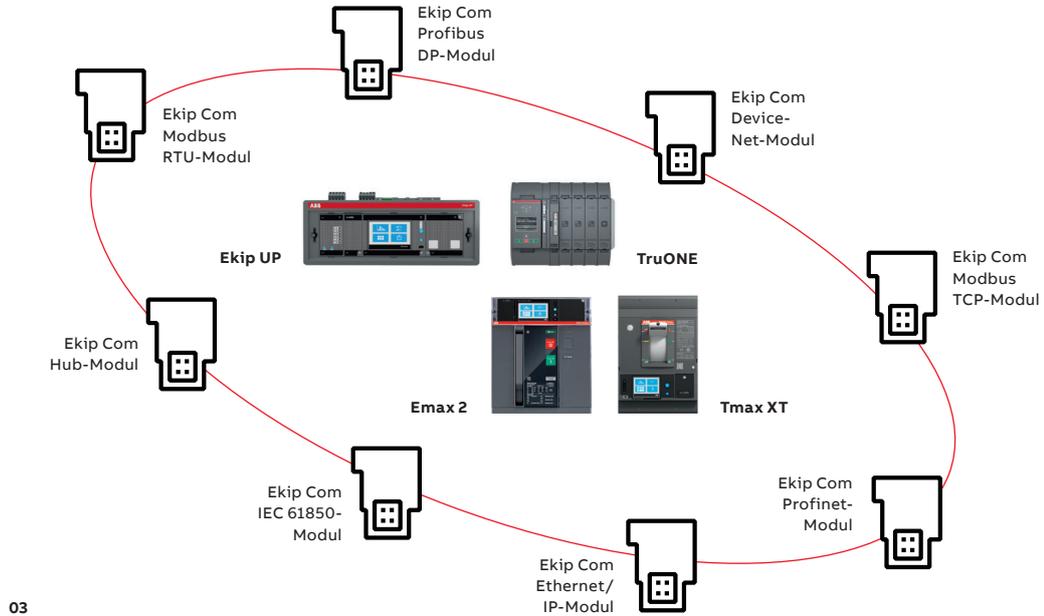
**Richard Daumas**  
ABB Food and Beverage  
Beynost, Frankreich

richard.daumas@  
fr.abb.com

von ABB [1], können nicht nur alle relevanten elektrischen Parameter mit hoher Genauigkeit gemessen werden, die Geräte können auch Informationen frei untereinander, mit der Cloud, einem Energiemanagementsystem und einer Asset-Performance-Management-Plattform austauschen →01. Für eine Digitalisierung spricht weiterhin, dass neue und kommende Standards eine genaue Überwachung elektrischer Parameter und der Stromversorgungsqualität an vielen Erfassungspunkten erfordern.



02



03

Diese potenzielle Gefahr von Betriebsstörungen und finanziellen Verlusten ist ein weiterer Grund, warum Lebensmittel- und Getränkeunternehmen sich genaue Gedanken um das elektrische Verteilungssystem eines Standorts und dessen Überwachung und Management machen.

**Standards für Energiemanagementsysteme**

Internationale Normen wie die ISO 50001 „Energiemanagementsysteme“ erleichtern Unternehmen die Integration eines Energiemanagements in ihre Qualitäts- und Umweltstrategien. Der von der ISO 50001 definierte Anforderungsrahmen hilft ihnen dabei, eine Politik für eine effizientere Energienutzung zu entwickeln, Verfahrensweisen zur Erfüllung dieser Politik zu definieren und Daten zu nutzen, um gute Entscheidungen hinsichtlich der Politik zu treffen.

—  
Die ABB-Produkte zeichnen sich durch eine kurze Amortisationszeit aus.

Die ISO 50001 erweitert vorherige Normen um neue datenbezogene Abschnitte im Hinblick auf die Energieplanung, Ablaufenkung, Messung und Überwachung. Die Anwendung der ISO 50001 bietet Unternehmen verschiedene Vorteile wie:

- Senkung des Energiebedarfs (in manchen Fällen bis zu 10 % innerhalb von 12 Monaten)
- Reduzierung der Treibhausgasemissionen und des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks
- Unterstützung bei der Erfüllung aktueller und zukünftiger freiwilliger und/oder verbindlicher Energieeffizienzziele
- Verbesserung des Images und der Glaub-

- würdigkeit des Unternehmens bei Kunden, Auftraggebern und anderen Interessengruppen
- Fundierte Entscheidungsprozesse vom Systemdesign bis zum Betrieb und zur Wartung
- Stärkung des Bewusstseins für den Energieverbrauch bei Mitarbeitenden auf allen Ebenen
- Verbesserung der betrieblichen Effizienz und der Wartungsverfahren

Für Niederspannungsanwendungen sind die Messanforderungen in der Norm IEC 60364-8-3 definiert. Diese verlangt z. B. eine detaillierte Überwachung aller elektrischen Parameter auf der Netzseite einer Anlage einschließlich einer erweiterten Leistungsüberwachung und Analyse der Netzqualität – ein weiterer Anreiz für Lebensmittel- und Getränkeunternehmen zur Digitalisierung.

**Umfassende Produkte und Konnektivität**

Für die Lebensmittel- und Getränkeindustrie bietet ABB eine umfangreiche Palette an Lösungen, Software, digitalen Tools und Geräten, die in der Lage sind, den Energieverbrauch sehr detailliert zu messen und zu analysieren, um bessere datengestützte Entscheidungen und eine optimierte Wartungsplanung zu ermöglichen. Die ABB-Produkte zur Verbrauchsmessung und Überwachung zeichnen sich durch eine kurze Amortisationszeit aus, ermöglichen eine 7%ige Verbesserung der Energieeffizienz [2] und bieten die Möglichkeit zur Zertifizierung gemäß LEED (Leadership in Energy and Environmental Design, dem weltweit führenden Zertifizierungssystem für nachhaltige Gebäude). Ferner ermöglichen die Produkte die Anbindung einer Anlage an die Cloud in weniger als einem Tag, um eine Überwachung des gesamten elektrischen Systems zu realisieren. Tatsächlich wird eine Cloud-Anbindung zunehmend zu einer Voraussetzung für die Erfüllung neuer internationaler Standards und Vorschriften.

— 03 Ekip-Kommunikationsmodule und der automatische Netzumschalter ABB TruONE, der Schalter und Steuerung in einer Einheit vereint.

— 04 ABB Ability Energy Manager und ABB Ability Asset Manager Widgets.





05

Dank der hohen Genauigkeit der Mess- und Überwachungsgeräte von ABB sind Nutzer in der Lage:

- Ineffizienzen im elektrischen Verteilsystem besser zu erkennen,
- Ineffizienzen auf der Ebene einzelner Komponenten besser zu erkennen,
- die richtigen Entscheidungen zur Verbesserung der Energieeffizienz und zur Vermeidung unnötiger Vorgänge zu treffen,
- prädiktive Funktionen zu nutzen, um potenzielle Ausfälle und Probleme in der elektrischen Infrastruktur vorherzusehen und zu verhindern. So wird die Kontinuität der Produktion sichergestellt, was in der Lebensmittel- und Getränkeindustrie von entscheidender Bedeutung ist.

#### Tools zur lokalen Überwachung und Steuerung

Für die lokale Überwachung und Steuerung bietet ABB eine ganze Reihe flexibler Lösungen für alle Installationsanforderungen. So liefern die Kompaktleistungsschalter der Tmax-XT-Familie

### ABB Ability Energy Manager ermöglicht die Überwachung mehrerer Versorgungssysteme in einem intuitiven Dashboard.

Informationen über Strom, Spannung und betriebliche Parameter wie Temperatur, Druck und Schwingungen, die auf der Geräteebene digitalisiert und gespeichert, analysiert, visualisiert oder heruntergeladen werden können →02.

Die digitalen Leistungsschalter sind mit einem Farb-Touchscreen ausgestattet und können mit Smartphone- und Tablet-Apps verbunden werden, über die z. B. Informationen über die Abschaltung eines Stromkreises abgerufen werden können. Dies stellt eine erhebliche Verbesserung in puncto Benutzerfreundlichkeit und die Bereitstellung von Mehrwertinformationen für den Kunden dar.

Die Kompaktleistungsschalter vom Typ Tmax XT unterstützen verschiedene Kommunikationsprotokolle (Modbus RTU, Profibus DP, DeviceNet, Modbus TCP, Profinet, Ethernet/IP und IEC 61850), die eine Vernetzung mit allen relevanten ABB- und Drittanbieter-Geräten ermöglichen. Mithilfe der Kommunikationsmodule der ABB Ekip-Reihe können die Fähigkeiten des Tmax XT zusätzlich erweitert werden →03.

#### Intelligente Lösungen bringen alles zusammen

Die ABB Ability™ Energy Manager und ABB Ability Asset Manager Lösungen ermöglichen die Überwachung und Analyse der Anlagen an einem Standort vor Ort oder über die Cloud. Zusammen bieten sie Anlagenmanagern die Möglichkeit, das elektrische Verteilsystem eines kompletten Standorts (einschließlich mehrerer Energiequellen) zu steuern. Der ABB Ability Energy Manager unterstützt die Überwachung mehrerer Versorgungssysteme (Multi-Utility), die Durchführung von Energie-Audits und das Kostenmanagement in einem einzigen, intuitiven Dashboard, das Unternehmen dabei hilft, ihren Energieverbrauch besser zu verstehen und Verbesserungsbereiche – am Standort oder standortübergreifend – zu identifizieren →04. Allein mit dem ABB Ability Asset Manager lassen sich Betriebskosteneinsparungen von 30 % erzielen.

ABB Ability Energy Manager und ABB Ability Asset Manager bieten nicht nur Transparenz auf Geräteebene für verschiedenste Anlagen einschließlich Lebensmittel- und Getränkeanlagen, sondern ermöglichen auch Einblicke auf Systemebene. Die dazugehörige Cloud-Architektur wurde gemeinsam mit Microsoft entwickelt, um eine erstklassige durchgängige Zuverlässigkeit und Sicherheit zu gewährleisten.

Eine der nützlichsten Funktionen des ABB Ability Asset Manager ist die vorausschauende Wartung, die die Überwachung des Anlagenzustands über eine clevere Visualisierung in Form einer Ampelanzeige ermöglicht. Damit ist der Nutzer in der Lage, das System auf einen Blick zu überwachen und von proaktiven Warnungen zu profitieren. Durch eine optimierte Planung und Ersatzteilverhaltung lassen sich Betriebs- und Wartungskosten einsparen. Da Kunden genau wissen, welche Komponenten sie benötigen, kann der Kauf unnötiger Ersatzteile vermieden und Zeit gespart werden.

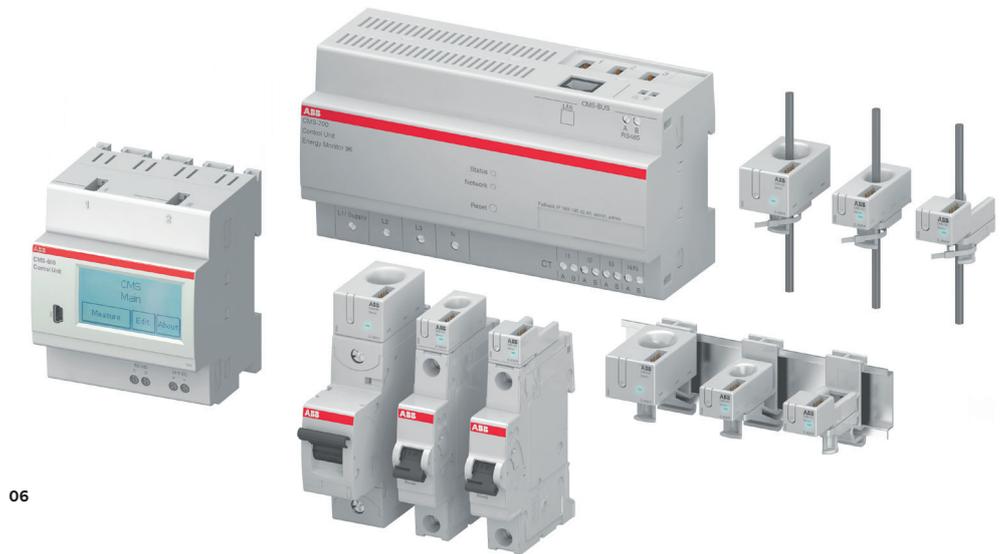
#### Energieeinsparungen bei Fiorentini

Fiorentini, einer der führenden Hersteller von Kräckern, Cerealien und Reiswaffeln in Europa, wird den ABB Ability Energy Manager nutzen, um die gesamte elektrische Energieverteilung in seiner neuen, 56.000 m<sup>2</sup> großen nachhaltigen Produktionsstätte im italienischen Trofarello zu steuern →05. Die Anlage soll dem Unternehmen dabei helfen, sein ehrgeiziges Ziel, den Energie-

—  
05 Die Fabrik von  
Fiorentini in Trofarello.

—  
06 Das ABB-Stromkreis-  
überwachungssystem  
CMS-700.

—  
07 Der Emax2 von ABB.



06

verbrauch um 400.000 kWh im Jahr zu senken,  
umzusetzen.

Der ABB Ability Energy Manager überwacht fast 100 intelligente Geräte in der gesamten Fabrik und stellt einen digitalen Echtzeit-Zwilling bereit, der eine Überwachung des Zustands aller kritischen Stromverteilungs- und -verbrauchspunkte sowie der Performance kritischer Betriebsmittel im Produktionsbereich aus der Ferne ermöglicht. Diese Asset-übergreifende Transparenz ermöglicht Fiorentini informierte Entscheidungen im Hinblick auf die Performance und den Energieverbrauch der Produktionslinien, um maximale Energieeinsparungen und eine möglichst hohe Nachhaltigkeit der Fabrik zu gewährleisten.

„Unsere neue digitale Plattform von ABB erlaubt eine tägliche Kostenplanung und Quantifizierung des Energieverbrauchs in Echtzeit. Dies ermöglicht uns eine optimale Zuweisung von Energieressourcen und Assets, was uns dabei hilft, unsere ehrgeizigen Energiesparziele zu erreichen“, sagt Luca Perri, Betriebsleiter in der Fabrik von Fiorentini.

## Die Asset-übergreifende Transparenz ermöglicht informierte Entscheidungen zum Energieverbrauch.

In einem Industriebetrieb wie dem von Fiorentini kann der ABB Ability Energy Manager nicht nur den Verbrauch an den Schaltern der Hauptverteilung überwachen, sondern ist in Verbindung mit dem ABB-Stromkreisüberwachungssystem CMS-700 →06 auch in der Lage, den Energiever-



07

brauch bis in den letzten Zweig des elektrischen Systems – z. B. der Beleuchtung des Gebäudes – nachzuvollziehen. Weitere ABB-Komponenten wie die offenen Leistungsschalter vom Typ Emax 2 →07 und die Kompaktleistungsschalter Tmax T4 und T5 helfen Kunden ebenfalls beim Erreichen ihrer Energieverbrauchsziele.

Mit ihrer umfassenden Palette an intelligenten Lösungen für die Verbrauchsmessung und Überwachung bietet ABB alles, was Kunden benötigen, um den Energieverbrauch über eine ganze Lebensmittel- und Getränkeanlage oder sogar über mehrere geografisch getrennte Anlagen hinweg zu messen und zu analysieren [3]. Dies hilft Lebensmittel- und Getränkeherstellern nicht nur dabei, ihren Energieverbrauch zu optimieren und gleichzeitig alle relevanten Normen zu erfüllen, sondern auch die bestmögliche Wartungsstrategie zu wählen und ungeplante Stillstandzeiten zu vermeiden, um sicherzustellen, dass ihre Anlagen kontinuierlich hochwertige Produkte für ihre Kunden liefern. •

### Literaturhinweise

[1] ABB: „Smart Metering and Monitoring“. ABB-Webseite. Verfügbar unter: <https://new.abb.com/low-voltage/launches/smart-metering-and-monitoring> (abgerufen am 16.02.2022).

[2] N. Kampelis, D. Kolokotsamar (Hrsg.): „Smart Zero-energy Buildings and Communities for Smart Grids“. New Jersey: John Wiley & Sons, 2022.

[3] ABB: „Food & Beverage“. ABB-Webseite. Verfügbar unter: <https://new.abb.com/about/our-businesses/electrification/electrification-food-beverage> (abgerufen am 16.02.2022).

## INTELLIGENTE SICHERHEIT FÜR DIE LEBENSMITTEL- UND GETRÄNKEINDUSTRIE

# Auf der sicheren Seite

ABB-Lösungen für die intelligente Fertigung – wie Sicherheitssteuerungen, Digitalisierungsmodule und eine robuste Kommunikation – bieten Lebensmittel- und Getränkeherstellern die Möglichkeit, ihre Anlagen effizienter, sicherer und im Einklang mit gesetzlichen Vorschriften zu betreiben.



**Richard Daumas**  
ABB Food and Beverage  
Beynost, Frankreich

richard.daumas@  
fr.abb.com

Jedes Jahr investieren Lebensmittel- und Getränkehersteller beträchtliche Summen in ihre Fertigungsanlagen. Häufig müssen diese individuell angepasst werden, um die speziellen Anforderungen einer Produktionslinie zu erfüllen, was die Kosten und die Komplexität erhöht. Doch unabhängig von der Größe und der Komplexität der Produktionslinie gibt es zwei bedeutende Faktoren, die die Wahl der Ausrüstung beeinflussen: die Sicherheit und die Erfüllung immer strengerer gesetzlicher Vorschriften entlang der gesamten Wertschöpfungskette von den Rohstoffen bis hin zum fertigen Produkt. Dies kann erfolgreich mit den intelligenten Fertigungslösungen von ABB, z. B. mit einem integrierten Leitsystem, das den gesamten Prozess abdeckt, in Kombination mit ABB-Niederspannungsprodukten und speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS) vom Typ B&R X20 erreicht werden →01–02.

### Intelligente Sicherheit von ABB

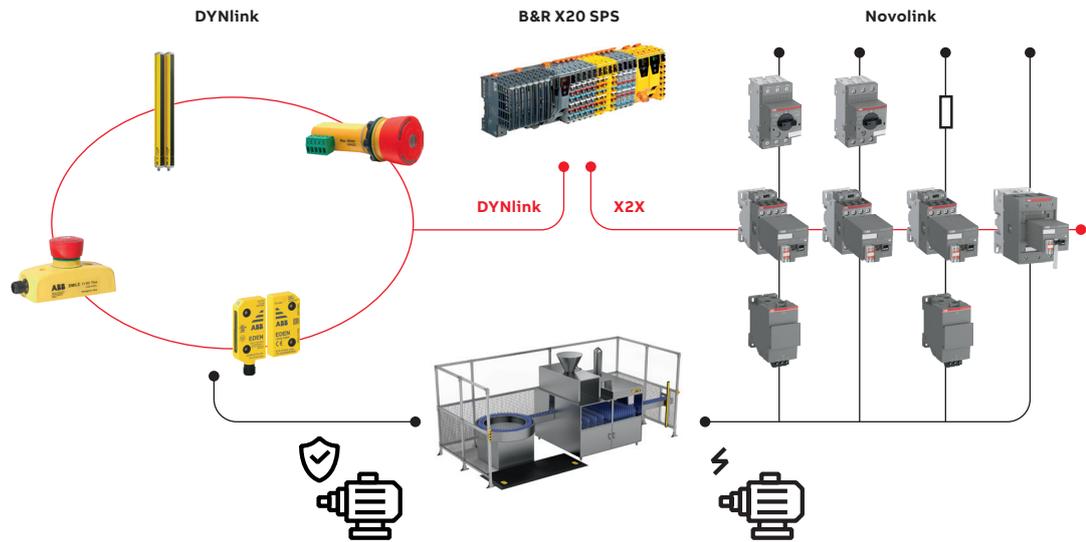
Bei unsachgemäßem Management kann eine Produktionsanlage für Lebensmittel und Getränke aufgrund der vorhandenen Maschinen, Chemikalien, Staub usw. eine Gefahr für die Gesundheit und die Sicherheit darstellen. Hierfür bietet ABB eine Reihe von Lösungen, die die Maschinenautomation und Sicherheit in Anlagen verschiedener Komplexität – von sehr einfach bis hin zu sehr komplex – gewährleisten:

- Kleine Maschinen und einfache Sicherheitsanwendungen
- Von der Steuerungsplattform unabhängige Standalone-Sicherheit
- Komplettfertige Produktionslinien mit fabrikweiter integrierter Automatisierung und Sicherheit

### Relais und Steuerungen für die Sicherheit

Für die einfachsten Sicherheitssysteme mit nur wenigen E/As und begrenzten Anforderungen





02

Maschinentyp/-größe

- Mit B&R-Steuerungssystemen automatisierte Maschinen und Linien
- Von der Steuerungsplattform unabhängige eigenständige Sicherheitslösungen
- Mittelgroße Maschinen und Produktionslinien
- Kleine Maschinen und einfache Sicherheitsanwendungen

Steuerungstyp



- B&R X20 SPS mit integrierter Sicherheit
- Programmierbare Standalone-Sicherheitslösung Pluto
- Betriebsbereite Sicherheitsgrundfunktionen mit Vital/Sentry

Sensortyp



- OSSD-Schnittstelle – Sensordaten mit Testfunktion
- DYNlink-Signal – Spart bis zu 50 % der erforderlichen E/As

- B&R
- ABB

03

01 Das ABB-Ökosystem für die intelligente Fertigung fördert die Sicherheit in der Lebensmittel- und Getränkeindustrie.

02 Das ABB-Ökosystem für die intelligente Fertigung.

03 Überblick über sicherheitsrelevante Komponenten von ABB/B&R für die intelligente Fertigung.

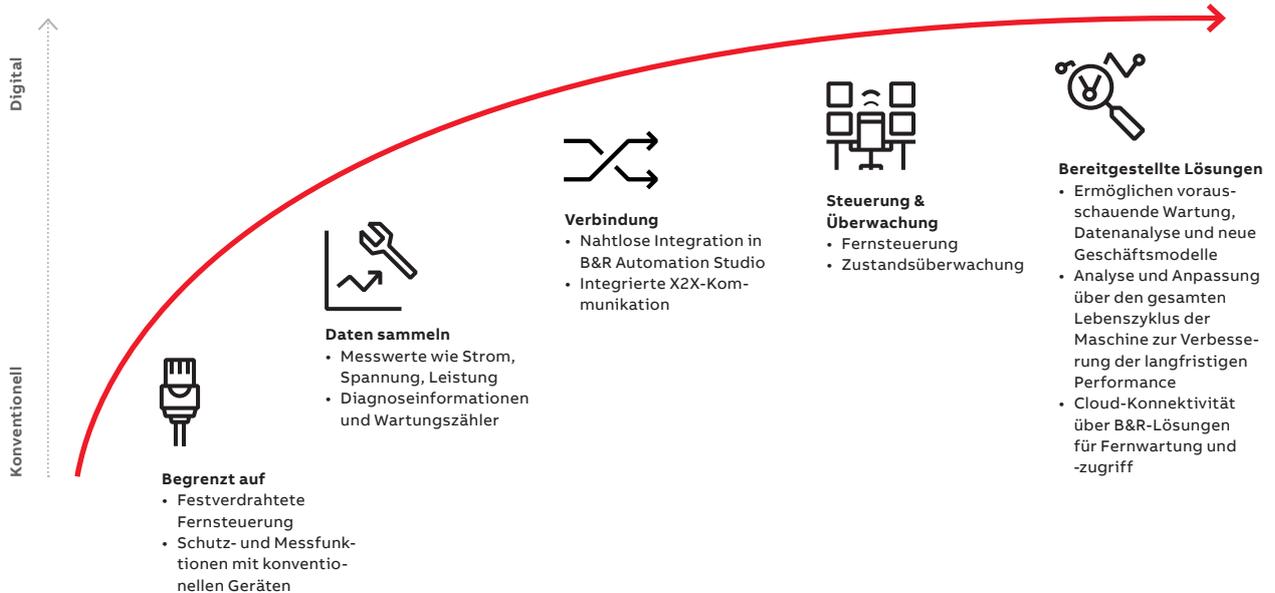
sind standardmäßige Sicherheitsrelais ausreichend. In diesen Fällen haben sich die Relais der Sentry-Reihe von ABB vielfach bewährt. Die Relais zeichnen sich durch ihr wirtschaftliches, einfaches Design aus und können sofort eingesetzt werden, da sie einfach einzurichten sind und keine Programmierung erfordern.

Wird eine größere Anzahl von Sicherheitssensoren und E/As benötigt oder sind erweiterte Funktionen – insbesondere im Hinblick auf die Kommunikation mit der SPS – erforderlich, sind programmierbare Sicherheitssteuerungen eine gute Wahl. Ein Beispiel hierfür sind die Steuerungen der ABB Pluto-Reihe, die direkt an die gängigsten Sicherheitseinrichtungen angeschlossen werden können. Pluto ist eine leistungsstarke Standalone-Sicherheitssteuerung, die einfach zu verwenden ist und mit einer kostenlosen Programmiersoftware geliefert wird. Bei komplexen Anlagen kommen SPS-Systeme mit integrierter Sicherheit zum Einsatz. Diese sind vielseitig und bieten die gleiche Anzahl von Sicherheitsfunktio-

nen wie Sicherheitssteuerungen. Da sowohl die Maschinensteuerung als auch die Sicherheitsfunktionen in derselben SPS ausgeführt werden, erleichtert dies die zuverlässige Kommunikation zwischen diesen Funktionen, und die gesamte Konfiguration kann in einer einheitlichen

**Bei komplexen Anlagen kommen SPS-Systeme mit integrierter Sicherheit zum Einsatz.**

Programmierungsumgebung durchgeführt werden. Darüber hinaus unterstützen die fortschrittlichen Diagnosefunktionen dieser SPS die tägliche Arbeit von Ingenieuren und Endanwendern. Das B&R X20-System ist ein äußerst leistungsstarkes und kompaktes Beispiel für eine bewährte SPS mit integrierter Sicherheit, die mit den Sicherheitssensoren von ABB kompatibel ist →03.



04

### Kommunikationsschnittstellen

In der zum Teil rauen Umgebung einer Lebensmittel- und Getränkeanlage ist eine robuste Kommunikation unerlässlich, wenn es darum geht, die Sicherheit von Personen und Daten zu gewährleisten. Gehen Compliance-Daten verloren, die zur Erfüllung gesetzlicher Vorschriften erforderlich sind, ist möglicher-

## Novolink-Module verbinden Elektromotoren mit übergeordneten Automatisierungs- und Fertigungssystemen.

weise die Rückverfolgbarkeit nicht mehr gegeben, und Zertifizierungen sind in Gefahr. ABB bietet zwei Kommunikationsschnittstellen für den zuverlässigen Anschluss von Sicherheitssensoren an Sicherheitssteuerungen: OSSD und DYNlink →03.

OSSD ist ein überwachtes Ausgangssignal, das verbreitet für verschiedene Arten von Sensoren eingesetzt wird. Es ermöglicht den Anschluss mehrerer Sensoren in Reihe, wobei ein hohes Maß an Sicherheit gewährleistet bleibt. Die meisten auf dem Markt erhältlichen Sicherheitssteuerungen (einschließlich Sentry, Pluto und B&R X20) können an OSSD-Sensoren angeschlossen werden und diese überwachen.

DYNlink ist ein ABB-spezifisches Kommunikationsprotokoll. Mit der Sensorkommunikations- und Verkabelungslösung lässt sich das höchste Sicherheitsniveau mit einem Minimum an Kabeln und Steuerungseingängen erreichen. DYNlink ist kompatibel mit den Steuerungen Pluto und Vital von ABB sowie mit der X20 von B&R.

Im Vergleich zu OSSD benötigt DYNlink dank Reihenschaltung nur die Hälfte der Eingänge, um das höchste Sicherheitsniveau zu erreichen. Darüber hinaus ermöglicht DYNlink Zusatzfunktionen wie StatusBus, mit denen Statusinformationen von jedem Sensor ohne zusätzlichen Verdrahtungsaufwand erfasst werden können. So benötigt StatusBus nur eine der vorhandenen Adern eines 5-adrigen M12-Kabels, um den Status aller in Reihe angeschlossenen Geräte zu erfassen – eine kostengünstige Möglichkeit, um den Zustand von Türen, Not-Aus-Schaltern usw. zu überwachen.

### Digitalisierung von Elektromotoren mit ABB Novolink™

Motorstarter sind in der Lebensmittel- und Getränkeindustrie zwar allgegenwärtig, doch häufig sind diese wichtigen Bestandteile von Produktionslinien nicht „intelligent“. Hier bieten die ABB Novolink-Module Abhilfe. Sie ermöglichen die Digitalisierung von Motorstartern, liefern Einblicke in die angeschlossenen Lasten und helfen dabei, eine sichere Arbeitsumgebung zu gewährleisten. Die Module lassen sich einfach in vorhandene Verdrahtungspläne integrieren und direkt an standardmäßige AF-Schütze anschließen. Dank der reduzierten Verdrahtung und der geringen Anzahl von Komponenten im Vergleich zu traditionellen Methoden zur nachträglichen Digitalisierung fällt der erforderliche Engineering-Aufwand mit Novolink geringer aus.

Novolink-Module verbinden Elektromotoren mit übergeordneten Automatisierungs- und intelligenten Fertigungssystemen, um Kunden die Echtzeitdaten und -analysen bereitzustellen, die sie zur Umsetzung von Energiesparstrategien und Gewährleistung eines sicheren Betriebs benötigen. Die Module ermöglichen jene voraus-

—  
04 Der Weg von konventionell zu digital mit ABB.

—  
05 Screenshot der B&R Automation Studio Software.

schauende Wartung, Fernsteuerung, Fehlerdiagnose und Datenanalyse, die für die Industrie 4.0 erforderlich sind.

Es gibt zwei Novolink-Module: das SFM1 und das SCV10. Das intelligente Funktionsmodul SFM1 überwacht wichtige wartungsrelevante Kenngrößen wie Motorbetriebsstunden, Schaltspiele des Schützes und Schutzabschaltungen (Trips).

—  
**Die Module ermöglichen digitale Funktionen, die für die Industrie 4.0 erforderlich sind.**

Das Strom- und Spannungssensormodul SCV10 realisiert den Motorschutz und überwacht den Zustand der angeschlossenen Geräte. Das SCV10 wird mit dem SFM1 verbunden und misst Netzspannungen, Phasenströme, Leistung, Frequenz, Gesamtklirrfaktor und andere wichtige Parameter. Das Modul wird mit einem Flachbandkabel über einen X2X-Anschluss mit dem SFM1 verbunden, von dem es auch mit Strom versorgt wird. Das SCV10 bietet thermischen Überlastschutz gemäß IEC/EN 60947 für ein- und dreiphasige Asynchronmotoren. Zudem verfügt das Gerät über integrierte Stromwandler, die zur Messung von Nennströmen bis 40 A und Spannungen bis 690 V AC ausgelegt sind.

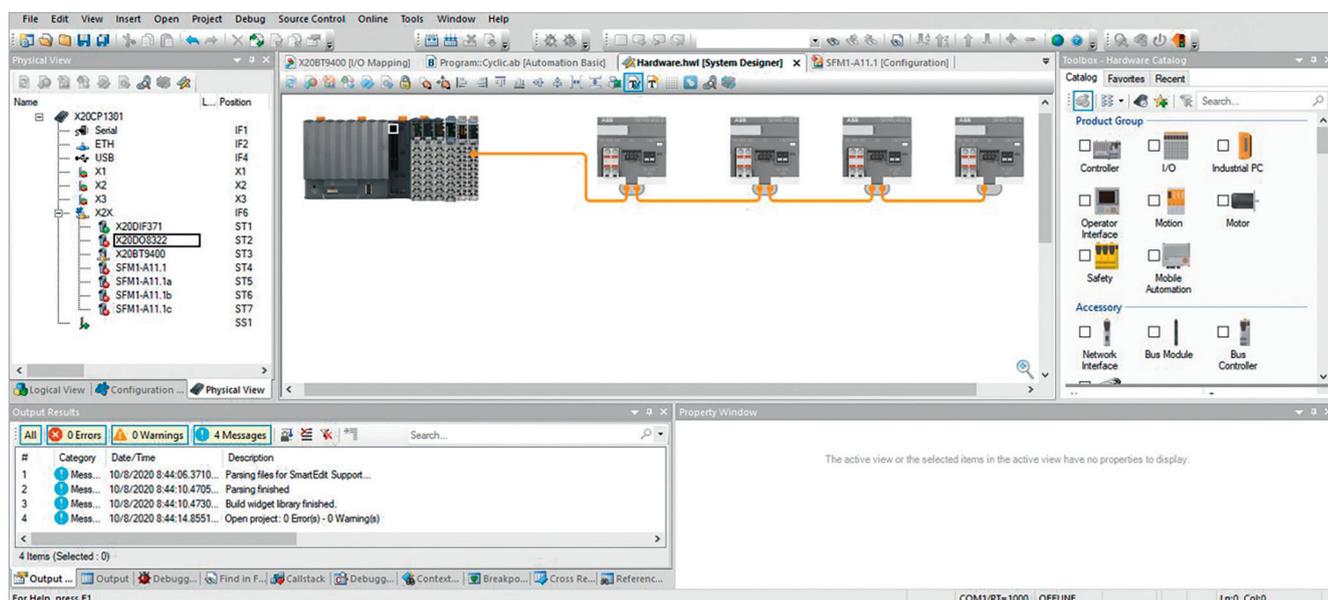
Die Novolink-Module sind kompatibel mit Schützen vom Typ AF09 bis AF96 in Schraubausführung und vom Typ AF09 bis AF38 in Federzug-

ausführung (Push-In). Die AF-Schütze von ABB verfügen über ein fortschrittliches, elektronisch gesteuertes Magnetsystem, das den gesamten Leistungsbereich abdeckt, und können durch zahlreiches Zubehör ergänzt werden. Novolink-Module können mithilfe von standardmäßigen Ethernet-Kabeln in Reihe geschaltet werden.

Die Novolink-Module sind vollständig in das B&R-Automatisierungssystem integriert und helfen bei der Erkennung von Problemen auf der Last-, Versorgungs- und Abgangsseite, um eine schnellstmögliche Lösung zu ermöglichen.

### Die Zukunft gehört der intelligenten Fertigung

Der Wechsel von der traditionellen Welt in die digitalisierte Welt der intelligenten und sicheren Fertigung geht einher mit kürzeren Installationszeiten, einem vereinfachten Engineering und einer leicht umzusetzenden vorausschauende Wartung. Messungen von wichtigen Parametern wie Strom, Spannung, Leistung und Energieverbrauch werden durch vielfältige Diagnoseinformationen ergänzt. Die hier beschriebenen Lösungen profitieren von ihrer vollständigen Kompatibilität mit der Softwareentwicklungsumgebung B&R Automation Studio und der integrierten Sicherheitstechnologie von B&R →04–05. Die Konnektivität über die B&R-Lösungen erleichtert zudem den Fernzugriff und die Fernwartung. Damit lassen sich nun einfacher denn je Sicherheitskonzepte mit OSSD- oder DYNlink-Kommunikation umsetzen, um Kunden dabei zu helfen, die Sicherheit zu verbessern, die Flexibilität ihrer Produktionslinien zu erhöhen und die Erfüllung von gesetzlichen Vorschriften sicherzustellen. •





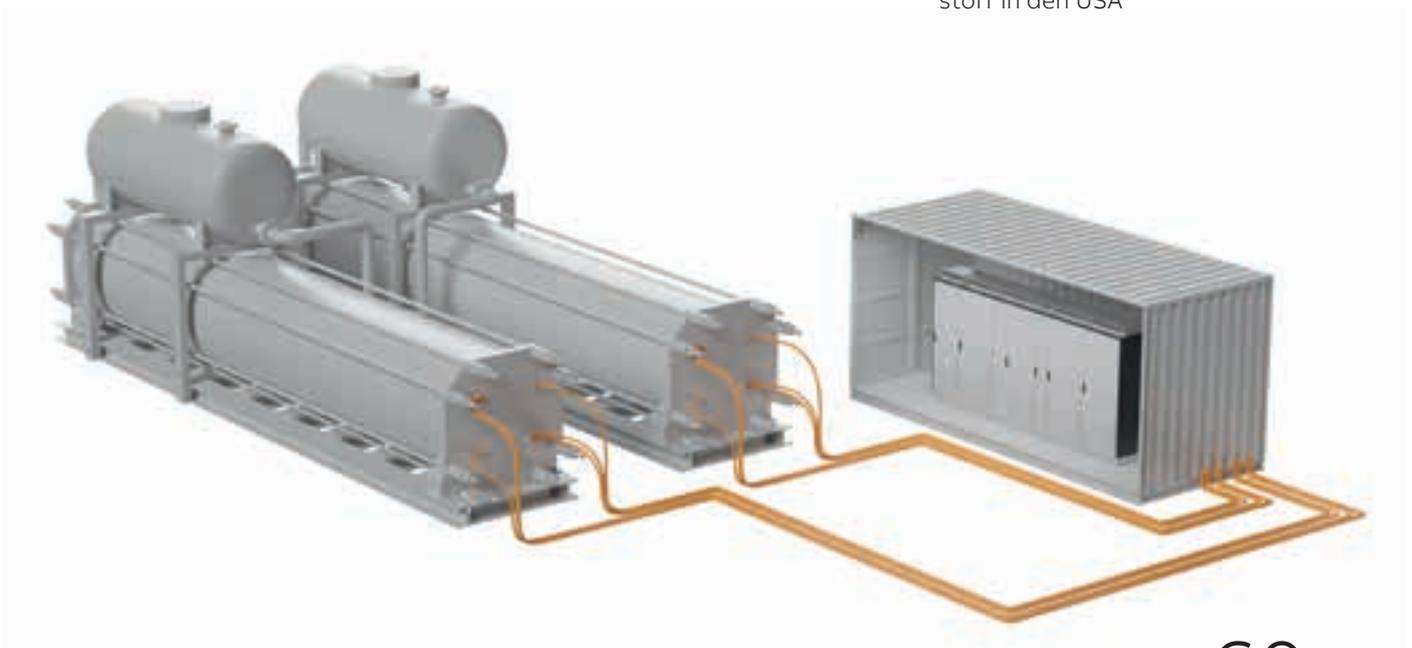
# Wasser- stoff





Wasserstoff findet als grüne Energiequelle zunehmend Beachtung. Wir haben einige Experten innerhalb des Unternehmens nach der Bedeutung von Wasserstoff bei der Dekarbonisierung wichtiger Anwendungen, nach der Rolle fortschrittlicher Sensorsysteme und Stromversorgungen für die Herstellung und nach den Plänen eines Kunden zur Produktion von Wasserstoff für den Transportsektor gefragt.

- 48 **Dekarbonisierung der Zukunft**  
ABB-Lösungen zur Optimierung von Wasserstoffanwendungen
- 54 **Ein besonderes Molekül**  
Sensortechnologien für die H<sub>2</sub>-Wertschöpfungskette
- 60 **Wasserstoffproduktion**  
Moderne Stromversorgungen für Elektrolyseure
- 64 **Das H<sub>2</sub>-Netzwerk**  
Herstellung von grünem Wasserstoff in den USA



60



—  
ABB-LÖSUNGEN ZUR OPTIMIERUNG VON WASSERSTOFFANWENDUNGEN

# Dekarbonisierung der Zukunft

Als sauber verbrennender, erneuerbarer Brennstoff wird Wasserstoff eine bedeutende Rolle beim Erreichen des Ziels von „netto null“ CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zum Jahr 2050 spielen. Neue Anwendungen wie netznahe Energiespeicher, brennstoffzellenbasierte Mobilitätslösungen sowie die Wärmeerzeugung und die Direktreduktion von Eisen mithilfe von Wasserstoff werden zum Alltag gehören, wenn traditionelle Brennstoffe nach und nach durch Wasserstoff ersetzt werden. ABB bietet Mess- und Analyselösungen, die bei der Optimierung dieser Anwendungen helfen.



**Stephen Gibbons**  
Business Line Analytical,  
Measurement & Analytics  
Division  
Frankfurt, Deutschland

stephen.gibbons@  
de.abb.com

Etwa 50 % des weltweit genutzten Wasserstoffs fließen in die Herstellung von Ammoniak und weitere 25 % in die Produktion von Methanol. Zu den weiteren bedeutenden Anwendungen von Wasserstoff gehören die Raffination, Wärmebehandlungsprozesse in der Metall- und Glasherstellung, die Hydrierung von Ölen zu Fetten im Lebensmittelbereich und – in zunehmendem Maße – der Transport- und Mobilitätssektor, wobei letzterer weniger als 5 % der gesamten weltweiten Nutzung ausmacht.

Um Wasserstoff als kostengünstige Energielösung zu etablieren, müssen die Investitionskosten für Elektrolyseure reduziert werden. Entsprechende Kostensenkungen sollten möglich sein, wenn die Leistung von Elektrolyseuren von derzeit rund 10 MW auf einige 100 MW bzw. 1 GW steigt. So ist es z. B. geplant, die Leistung eines mit Windenergie betriebenen 50-MW-Elektrolyseurs in der BP-Raffinerie Lingen im Emsland auf 500 MW zu erhöhen, um nicht nur den bestehenden Wasserstoffbedarf der Raffinerie zu decken, sondern auch die Herstellung von synthetischen E-Fuels zu ermöglichen.

Raffinerie- und petrochemische Anwendungen machen heute rund 20 % des weltweiten Wasser-

stoffverbrauchs aus. Auch wenn dieser Bereich in den kommenden Jahrzehnten an Bedeutung verlieren dürfte, wird die Nutzung von Wasserstoff zur Verarbeitung von flüssigen Biokraftstoffen voraussichtlich zunehmen. In beiden Fällen wird die Kombination aus CO<sub>2</sub>-Abscheidung und Speicherung (Carbon Capture and Sequestration, CCS) und der Wasserstoffherstellung durch Methan-Dampfreformierung (Steam Methane Reforming, SMR) eine entscheidende Rolle spielen, wenn es darum geht, die Umweltauswirkungen der Wasserstoffproduktion zu reduzieren.

Hier ist die Fähigkeit zur genauen Bestimmung der Beschaffenheit des Erdgas-Einsatzprodukts und damit des Energiegehalts von entscheidender Bedeutung. Der BTU-Wert von Erdgas für einen SMR-Prozess lässt sich am besten mithilfe eines schnellen Gaschromatographen wie dem PGC1000 von ABB messen, der für diese Art von

—  
**Kostensenkungen sind möglich, wenn die Elektrolyseurleistung von derzeit rund 10 MW auf einige 100 MW bzw. 1 GW steigt.**

Analyse optimiert wurde. Direkt ablesbare Infrarot-Gasanalysatoren wiederum eignen sich ideal zur Messung der finalen Wasserstoffreinheit. Wichtig bei dem aus der SMR-Anlage kommenden Gas ist, dass es neben Wasserstoff kein CO und CO<sub>2</sub> enthält, da diese die Katalysatoren in nachfolgenden Raffinerieprozessen schädigen können. Ein typischer maximaler kombinierter CO- und CO<sub>2</sub>-Gehalt für ein Wasserstoff-Endprodukt liegt bei 10 ppmv. Eine gleichzeitige Messung beider Komponenten ist mithilfe des Infrarot-Gasanalysatormoduls Uras26 in Verbindung mit dem Advance Optima AO2000-System von ABB möglich.

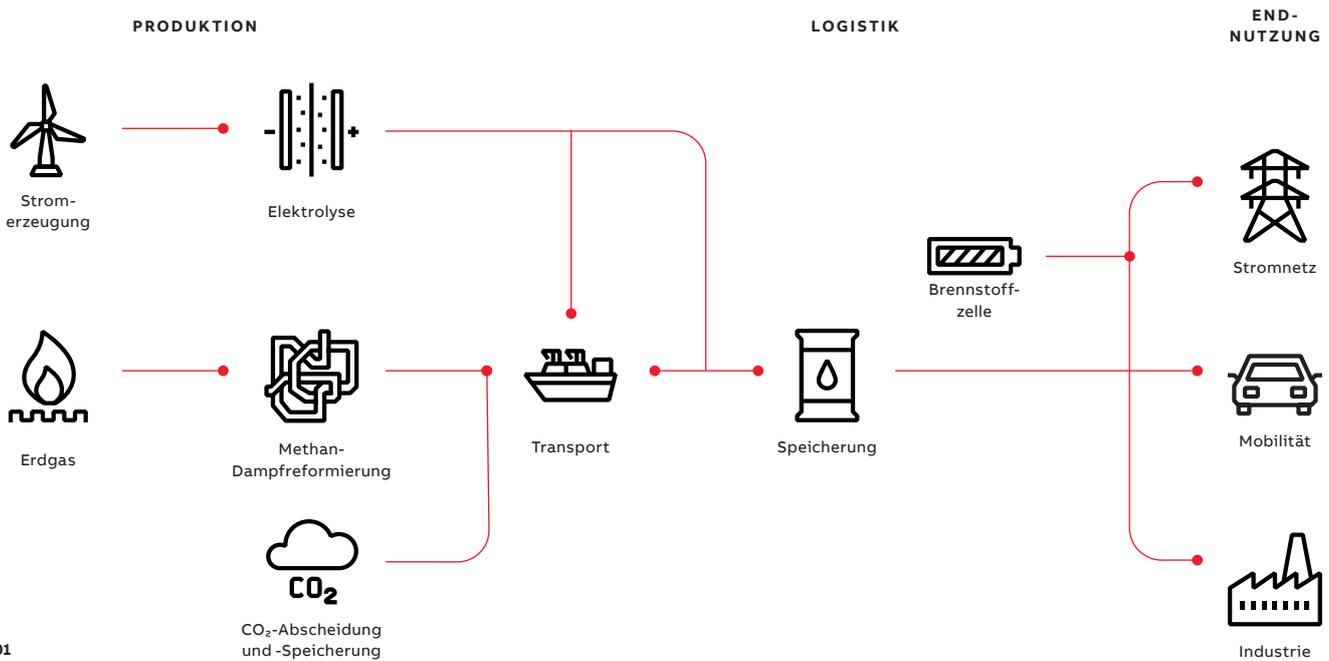
#### **Ammoniak- und Methanolproduktion**

Wie bereits erwähnt, wird der meiste Wasserstoff zurzeit zur Herstellung von Ammoniak



**Javier Figueras**  
Business Line  
Instrumentation,  
Measurement &  
Analytics Division  
Madrid, Spanien

javier.figueras@  
es.abb.com



01

und Methanol verwendet. Gemessen an der Produktionsmenge ist Ammoniak Spitzenreiter bei den Petrochemikalien und weltweit die am zweithäufigsten produzierte Grundchemikalie. Der Ammoniakverbrauch ist unmittelbar mit der Landwirtschaft verbunden, wo es in unterschied-

**Der Stahlsektor wird sich voraussichtlich zu einem bedeutenden Verbraucher von Wasserstoff entwickeln.**

licher Form (flüssiges Ammoniak, „Stickstoff“-Lösungen, Ammoniumnitrat oder Harnstoff) als Düngemittel eingesetzt wird. Aber auch wenn rund 75 % der weltweiten Wasserstoff-Produktionskapazität in den Methanol- und Ammoniak-Wertschöpfungsketten gebunden sind, findet eine zunehmende Umstellung auf „sauberen“ Wasserstoff statt – entweder durch CO<sub>2</sub>-Abscheidung in SMR- und autothermen Reformierungsprozessen (ATR) oder durch den Umstieg auf eine durch erneuerbare Energien gespeiste Elektrolyse. Die folgenden Beispiele aus bedeutenden Industrien unterstreichen dies →01.

#### **Dekarbonisierung der Eisen-, Stahl und Zementherstellung**

Betrachtet man die aktuellen Dekarbonisierungstrends, wird sich der Stahlsektor in den kommenden Jahren voraussichtlich zu einem

bedeutenden Verbraucher von Wasserstoff entwickeln. Hier kann Wasserstoff z. B. als Alternative zur CO<sub>2</sub>-intensiven Herstellung und Nutzung von Koks bei der Direktreduktion von Eisen (DRI) eingesetzt werden →02. Bei diesem Prozess reagiert der Wasserstoff mit Eisenerz zu Eisen und Wasserdampf. Das Werk von ArcelorMittal in Hamburg ist eine von mehreren Anlagen weltweit, in denen das Verfahren getestet wird, um die technische und wirtschaftliche Machbarkeit im industriellen Maßstab zu demonstrieren.

Wie verschiedene Pilotstudien zeigen, wird Wasserstoff auch bei der Dekarbonisierung der Zementherstellung eine bedeutende Rolle spielen. Hier werden Analysatoren und Messtechnik für die Gewährleistung eines sicheren, effizienten und vorschriftsmäßigen Betriebs weiterhin von zentraler Bedeutung sein. Da die Gaszusammensetzung an verschiedenen Punkten im Zementherstellungsprozess variieren kann, sind angepasste oder neue Lösungen von Ausrüstungsanbietern wie ABB gefragt.

#### **Dekarbonisierung der Luftfahrt**

Die Nutzung von Wasserstoff im Bereich der Mobilität konzentriert sich größtenteils auf Lkw, Busse, Pkw, Eisenbahnen und Schiffe. Doch auch wenn die Luftfahrt zu den am schwierigsten zu dekarbonisierenden Bereichen gehört, wurden bereits einige wasserstoffbetriebene Drohnen und Kleintransporter konzipiert und erprobt. Verschiedene Regierungsprogramme sowie eine Handvoll von Unternehmen befassen sich zudem mit möglichen erneuerbaren Kraftstoffen für die Luftfahrt, darunter grüner Wasserstoff, und

—  
01 Auch wenn rund 75 % der weltweiten Wasserstoff-Produktionskapazität in den Methanol- und Ammoniak-Wertschöpfungsketten gebunden sind, findet eine zunehmende Umstellung auf „sauberen“ Wasserstoff statt.

—  
02 Wasserstoff kann als Alternative zur CO<sub>2</sub>-intensiven Herstellung und Nutzung von Koks bei der Direktreduktion von Eisen eingesetzt werden.

synthetische E-Fuels, die mithilfe eines Festoxid-Elektrolyseurs (Solid Oxide Electrolyzer, SOE) in Kombination mit einem Fischer-Tropsch-Reaktor hergestellt werden.

#### Wasserstoff-Beimischung zum Erdgasnetz

Natürlich findet Wasserstoff auch den Weg in Privathaushalte. In einem Projekt im schottischen Levenmouth sollen bald 300 Haushalte mit grünem Wasserstoff beheizt werden. Um den Wasserstoff zu produzieren, wird ein Elektrolyseur mit regenerativen

—  
Ein Großteil der Infrastruktur wird umgebaut oder ersetzt werden, um den Transport von Wasserstoff zu ermöglichen.

Strom von einem nahegelegenen Windpark gespeist. Anschließend wird der Wasserstoff mit Erdgas gemischt und über das Gasversorgungsnetz verteilt. Dies ist besonders in Ländern sinnvoll, in denen Erdgas bereits als Heizmittel genutzt wird und schon viel in die Verteilinfrastruktur investiert wurde.

Doch Wasserstoff ist kein Allheilmittel – zumindest noch nicht. Obwohl das Beimischen von Wasserstoff zu vorhandenen Erdgasnetzen technisch möglich ist, haben mehrere Länder eine Obergrenze für den Wasserstoffanteil von 2 % festgelegt.

In Australien plant der Gasnetzbetreiber Jemena die Beimischung von bis zu 10 % Wasserstoff zum vorhandenen Netz. Mit der Zeit wird ein Großteil der weltweit vorhandenen Erdgasinfrastruktur umgebaut oder ersetzt werden, um den Transport von 100 % Wasserstoff zu ermöglichen. Dazu sind jedoch umfangreiche Investitionen in neue oder modernisierte Rohrleitungen erforderlich, da Wasserstoff je nach verwendeter Stahlsorte zu einer Versprödung des Materials führen kann, wodurch es zu Rissen und Brüchen kommen kann.

Zu berücksichtigen ist auch die Tatsache, dass der Heizwert pro Volumeneinheit von Wasserstoff geringer ist als der von Erdgas. Das bedeutet, dass vorhandene Zählersysteme für den gleichen Geldwert weniger Energie liefern würden. Mit anderen Worten, wenn der Anteil an beigemischem Wasserstoff steigt, müssen Gasbeschaffensysteme und Gaszählersysteme angepasst werden, um eine gerechte Energieversorgung und Abrechnung zu gewährleisten.



Hier ist der PGC1000 von ABB, ein schneller Prozessgas-Chromatograph mit einem Wärmeleitfähigkeitsdetektor, der sich optimal zur Überwachung der Gasgemischzusammensetzung in Transport- und Verteilnetzen eignet, eine ideale Lösung. Zu den bewährten Anwendungen von Gasanalysatoren dieser Art gehören die Überwachung des Heizwerts von Erdgas in Brennersteuerungssystemen und die Sicherung der richtigen Verbrennungsstöchiometrie.

Andere ABB-Prozessgaschromatographen wie die der hochpräzisen NGC8200-Reihe können zur Überwachung von Erdgaspipelines mit Wasserstoff-Beimischung genutzt werden.

#### **Warum es auf die Reinheit ankommt**

Eine weitere potenziell richtungsweisende Anwendung von Wasserstoff ist der Ausgleich des saisonalen Ungleichgewichts zwischen der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und dem Energiebedarf. Hier ist die Produktion und langfristige Speicherung von grünem Elektrolyse-Wasserstoff eine mögliche Lösung. Eine Voraussetzung hierfür ist jedoch die Anwendung der internationalen Norm ISO 14687:2019 „Hydrogen

—  
**Wasserstoff könnte das Ungleichgewicht zwischen regenerativer Erzeugung und dem Energiebedarf ausgleichen.**

fuel quality – Product specification“, die verschiedene anwendungsspezifische Spezifikationen für die Reinheit von Wasserstoff beinhaltet. Zum Beispiel definiert die Norm für Wasserstoff, der zur Verwendung in Brennstoffzellenbetriebelementen vorgesehen ist, Höchstwerte für Verunreinigungen wie CO und H<sub>2</sub>S, um sicherstellen, dass der Wasserstoff mit gängigen modernen Brennstoffzellen kompatibel ist und keine empfindlichen Katalysatoren schädigt. Stickstoff muss ebenfalls berücksichtigt werden, da sich das Inertgas in Brennstoffzellen ansammeln und die aktive Fläche für die Stromerzeugung verkleinern kann, was zu einem schleichenden Leistungsverlust der Brennstoffzelle führt. Viele Spezifikationen

der Norm lassen sich relativ einfach mit Elektrolyse-Wasserstoff erreichen. Schwieriger wird es allerdings, wenn der Wasserstoff per SMR- oder ATR-Verfahren produziert wird. Beide Prozesse erfordern eine genaue Gasanalyse mit empfindlicher Ausrüstung.

ABB liefert bereits seit Jahrzehnten Messtechnik- und Analysatorlösungen für Wasserstoffanwendungen und bietet eine umfassende Palette von Lösungen für diesen zunehmend wichtigen Markt →03. Ein Beispiel ist der sogenannte „H-Shield“ für Membranen in Druck-, Füllstand- und Durchflussmessprodukten, der ein hohes Maß an Schutz gegen das Eindringen von Wasserstoff bietet. Darüber hinaus sorgen Gasanalysatoren von ABB in Hunderten von Anlagen rund um die Welt für Sicherheit, Effizienz und Zuverlässigkeit bei der Produktion von Wasserstoff und in nachfolgenden Prozessen. Für den sich entwickelnden Wasserstoffsektor bietet ABB außerdem entsprechende Softwarelösungen, die Mess- und Diagnosedaten nutzen, um den Funktionszustand von Geräten zu überwachen und anzuzeigen.

#### **Fazit**

Wasserstoff wird zweifelsohne eine bedeutende Rolle in einer dekarbonisierten Zukunft spielen. Ein Teil der Lösung wird grüner Wasserstoff sein, der mithilfe erneuerbarer Energien aus Wasser gewonnen wird. Blauer Wasserstoff aus Erdgas wird in Kombination mit CCS ebenfalls eine wichtige Rolle spielen. Die genauen Wege zum Ziel sind noch unbekannt, und jede Region wird bis 2050 und darüber hinaus voraussichtlich ihren eigenen Weg verfolgen. Auf jeden Fall aber werden Gasanalysatoren und Messtechnik benötigt, um sichere, erfolgreiche und umweltverträgliche Prozesse zu gewährleisten. Die Produkte und Dienstleistungen der ABB-Division Mess- und Analysetechnik werden dabei – ebenso wie Energiemanagementlösungen und Prozessleitsysteme aus anderen Teilen der ABB-Gruppe – eine zentrale Rolle spielen.

Unterdessen arbeitet ABB weiter an der Entwicklung von Sensortechnologien, um auch zukünftige Messanforderungen zu erfüllen. Gleichzeitig übernimmt das Unternehmen eine Vorreiterrolle bei digitalen Softwarelösungen, die das Potenzial von Daten nutzen, um die Energieeffizienz von Kundenanwendungen zu verbessern. •

—  
03 Das ABB-Portfolio beinhaltet eine breite Palette von Lösungen für den Wasserstoffmarkt.

## ABB-LÖSUNGEN FÜR WASSERSTOFFANWENDUNGEN



### — ANALYSATOREN

- Kontinuierliche Gasanalysatoren
- Kontinuierliche Emissionsüberwachungssysteme (CEMS)
- ICOS-Lasertechnologie
- Prozessgaschromatographen
- Standardisierte Systemlösungen – „Analyse-Container“



### — INSTRUMENTIERUNG

- Thermische Masse-Durchflussmesser
- Schwebekörper-Durchflussmesser
- Druck- & Temperaturmessung
- Füllstand-Messumformer und -schalter
- Digitale Produkte mit neuesten Kommunikationsstandards
- Plattformkonzept: gleiches „Look & Feel“ im gesamten Portfolio



### — SERVICE & DIGITAL

- Measurement Care Serviceverträge
- My Measurement Assistant
- ABB Ability™ Remote Insights for Service
- ABB Ability™ Condition Monitoring für Messgeräte
- ABB Ability™ Verification für Messgeräte



### — MAIN ELECTRICAL AND AUTOMATION CONTRACTOR (MEC, MAC)

- Anlagensteuerung (DCS-Lösungen)
- Containerisierte modulare elektrische und automatisierungstechnische Infrastruktur
- Steuerung von Verdichtern/ Pumpstationen
- Telekommunikation, Sicherheit und Überwachung für Pipelines
- Vollständige Projektentwicklung
- Lebenszyklus-Services



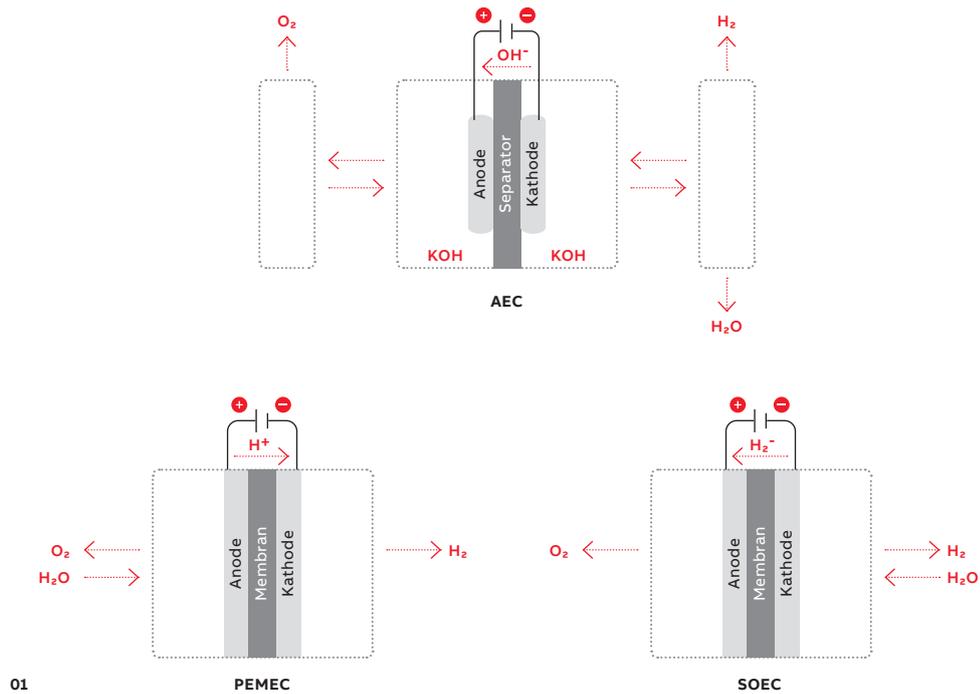
—  
SENSORTECHNOLOGIEN FÜR DIE  
H<sub>2</sub>-WERTSCHÖPFUNGSKETTE

# Ein besonderes Molekül

Die Herstellung von Wasserstoff mit grünem Strom hat das Potenzial, den Transportsektor und die Märkte für Strom, Gas, Chemikalien und Kraftstoffe grundlegend zu verändern. Doch das kleinste und flüchtigste Element im Periodensystem ist mit einer Reihe von Herausforderungen bei der Produktion, dem Transport, der Lagerung und der Nutzung verbunden. ABB bietet verschiedene Instrumentierungs- und Analysatorlösungen, die bei der Bewältigung dieser Herausforderungen helfen.

Wasserstoff ist im Begriff, eine zentrale Rolle bei der Realisierung eines kohlenstofffreien Energiesystems zu spielen. Er ist flexibel, kann Energie speichern und erlaubt den Transport großer Energiemengen per Pipeline und Schiff über große Entfernungen, was wiederum die Nutzung erneuerbarer Energiequellen an entlegenen Standorten ermöglicht.

Doch der Beitrag von Wasserstoff geht weit über die Energiespeicherung hinaus, denn er kann in Brennstoffe und Chemikalien umgewandelt werden. Zudem wird die Herstellung von Wasserstoff mit grünem Strom die aktuellen Strom-, Gas-, Chemikalien- und Kraftstoffmärkte grundlegend verändern [1]. Kurz gesagt, Wasserstoff ist der beste Kandidat für ein „sauberes Molekül“, das in der Lage ist, die „sauberen Elektronen“ des grünen Stroms zu ergänzen.



01

PEMEC

SOEC

—  
01 Wasser- und Gasflüsse in den wichtigsten kommerziellen Elektrolyseurtypen.

Obwohl Wasserstoff im Wesentlichen  $\text{CO}_2$ -frei ist, werden zu seiner Herstellung verschiedene Energiequellen und Technologien mit unterschiedlichen Auswirkungen auf den Treibhausgasausstoß verwendet.

Eine zentrale Rolle spielt hierbei die Elektrolyse, ein elektrochemisches Verfahren, das Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff aufspaltet, ohne dabei  $\text{CO}_2$  freizusetzen. Stammt der dazu notwendige Strom nachweislich ausschließlich aus erneuerbaren Quellen, spricht man von grünem Wasserstoff. Dieser gilt als der „Heilige Gral“ der Dekarbonisierungsbemühungen.

Obwohl weniger als 0,1 % des weltweit produzierten Wasserstoffs durch Elektrolyse gewonnen und größtenteils in Anwendungen mit besonderen Anforderungen an die Reinheit (z. B. für Elektronik und Polysilizium) verwendet wird [2], stößt grüner Wasserstoff auf ein breites Interesse und lockt zunehmend Investitionen an. So plant die Europäische Kommission die Bereitstellung von Ressourcen in nie dagewesener Höhe für die Entwicklung einer Wasserstoffstrategie mit dem Ziel, den Wert des europäischen Wasserstoffsektors von derzeit zwei Milliarden Euro bis zum Jahr 2030 auf 140 Milliarden Euro zu erhöhen, wobei über 140.000 Arbeitsplätze entstehen sollen [3].

Aus technischer Sicht stehen derzeit drei Technologien zur Produktion von  $\text{H}_2$  zur Verfügung:

- alkalische Elektrolysezellen (AEC)
- Polymer-Elektrolyt-Membran-Elektrolysezellen (PEM oder PEMEC), auch Protonen-Austausch-Membran-Elektrolyseure genannt
- Festoxid-Elektrolysezellen (SOE oder SOEC) → 01

AEC-Elektrolyseure zeichnen sich im Vergleich zu den beiden anderen Technologien durch niedrigere Investitionskosten aus. Darüber hinaus sind sie die

—  
Das Ziel ist es, den Wert des europäischen Wasserstoffsektors bis zum Jahr 2030 auf 140 Milliarden Euro zu erhöhen.

Technologie mit der größten Reife, d. h. AEC-Elektrolyseure haben ihre Zuverlässigkeit bereits im großen Maßstab bewiesen, wozu die PEM- und SOE-Prozesse bislang noch keine Zeit hatten.

PEM-Systeme hingegen zeichnen sich durch kurze Anfahrzeiten aus. Bei einem Betriebsdruck von bis zu 30 bar, den einige andere Elektrolyseurtechnologien ebenfalls erreichen können, benötigen sie weniger Platz als Elektrolyseurtechnologien, die bei Atmosphärendruck arbeiten. Dies minimiert die Kosten für die anschließende Verdichtung, wenn der Sauerstoff zur Einspeisung in ein Gasnetz oder für die Hochdruck-Speicherung vorgesehen ist.

Festoxid-Elektrolysezellen (SOE) sind im Grunde genommen umgekehrt arbeitende Festoxid-Brennstoffzellen. Die meisten SOE-Anlagen arbeiten bei Temperaturen zwischen 650 und 850 °C und nutzen Wasser in Form von Dampf, wobei



**Nunzio Bonavita**  
ABB Process Automation  
Measurement and  
Analytics  
Genoa, Italien

nunzio.bonavita@  
it.abb.com

sie einen erheblichen Prozentsatz ihrer Energie aus der Wärme des Dampfes beziehen. Die Hochtemperatur-Elektrolyse bietet bedeutende Vorteile gegenüber Niedertemperatur-Technologien wie etwa einen hohen Wirkungsgrad und die Tatsache, dass keine teuren Edelmetall-Elektrokatalysatoren

## Grüner Wasserstoff spielt eine bedeutende Rolle in Industrien mit schwer vermeidbaren CO<sub>2</sub>-Emissionen.

erforderlich sind. Das bedeutet, dass zur Herstellung der gleichen Menge Wasserstoff im Vergleich zu einem PEM- oder AEC-Elektrolyseur etwa ein Drittel weniger an elektrischer Leistung benötigt wird [4]. Allerdings liegt die SOE-Technologie in der industriellen Entwicklung noch immer zurück.

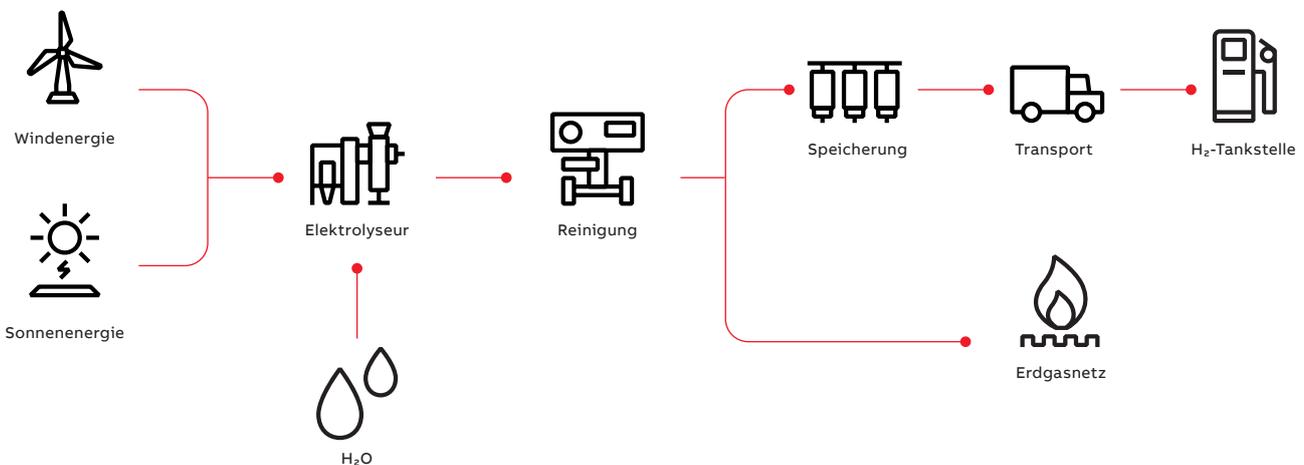
### Die grüne Wasserstoff-Wertschöpfungskette

Die Produktion ist nur der Anfang der Wasserstoff-Wertschöpfungskette, die auch den Transport, die Speicherung und die Endnutzung umfasst → 02. Die meisten betriebswirtschaftlichen und technischen Herausforderungen im Zusammenhang mit H<sub>2</sub> sind auf die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Moleküls zurückzuführen. Da es das kleinste und leichteste in der Natur vorkommende Molekül ist, weist Wasserstoff einen sehr niedrigen Siedepunkt und – unter normalen Bedingungen – eine sehr geringe Dichte auf. Um ihn in einen bedeutenden Energieträger zu verwandeln, muss er unter Druck komprimiert und entweder verflüssigt oder in einen anderen chemischen Träger umgewandelt werden.

Üblicherweise gelangt H<sub>2</sub> von seiner Produktionsstätte per Pipeline, per Lkw in Tankwagen für kryogene Flüssigkeiten oder in speziellen Anhängern mit Druckbehältern (sogenannte Tube-Trailer), per Eisenbahn oder per Schiff zu seinem Bestimmungsort. Pipelines sind die wirtschaftlichste Lösung für den Transport großer Mengen innerhalb eines Landes, doch für einen ökonomischen Transport über größere Entfernungen muss das H<sub>2</sub> entweder verflüssigt oder in ein anderes Trägermedium wie Ammoniak oder Benzyltoluol umgewandelt werden.

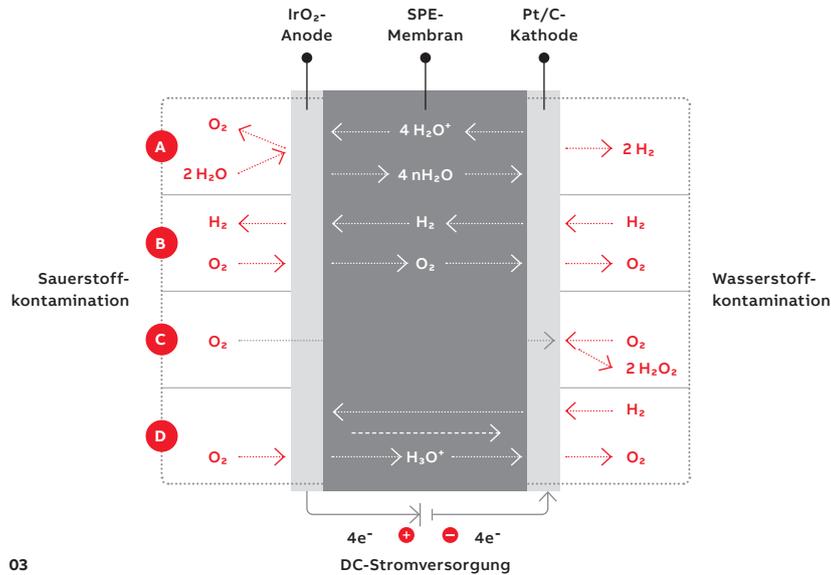
Je nach erforderlicher Speicherdauer kann Wasserstoff in folgenden Formen gespeichert werden:

- In Gasform: Dies ist die kostengünstigste Möglichkeit. In dieser Form kann der Wasserstoff unterirdisch in Salzkavernen oder erschöpften Gasfeldern oder – wie bei Brennstoffzellen-Fahrzeugen – in Drucktanks gespeichert werden.
- In flüssiger Form: Hierbei wird gasförmiger Wasserstoff in reiner Form verflüssigt, um die Energiedichte zu erhöhen. Diese Speichermöglichkeit ist effizienter als die gasförmige Speicherung, aber auch teurer, da hierfür drei Schritte notwendig sind: die Verflüssigung, bei der der gasförmige Wasserstoff auf unter -253 °C abgekühlt wird, die Speicherung in flüssiger Form und die Rückvergasung (Regasifizierung).
- In chemischer Form: In diesem Fall wird das H<sub>2</sub> an ein anderes Atom oder Molekül gebunden. Ammoniak und sogenannte flüssige organische Wasserstoffträger (Liquid Organic Hydrogen Carriers, LOHC) gehören zu den vielversprechendsten Molekülen, die eine Speicherung in flüssiger Form erlauben.



—  
02 Produktion und Nutzung von Wasserstoff.

—  
03 Wasserstoffreaktionen und Stoffaustauschmechanismen. SPE: Solid Polymer Electrolyte (polymerer Festelektrolyt); Pt/C: Platin auf Kohlenstoff (Platin auf Kohlenstoff).



03

Der letzte Schritt in der grünen Wasserstoff-Wertschöpfungskette ist die Endnutzung. Ohne zu sehr ins Detail zu gehen, lassen sich drei Hauptanwendungsbereiche unterscheiden:

- **Mobilität:** Grüner Wasserstoff wird im Verkehrswesen in Verbindung mit Brennstoffzellen genutzt. Mit Brennstoffzellen betriebene Elektrofahrzeuge haben einen Wasserstofftank, aus dem eine Brennstoffzelle gespeist wird, die den Strom für den Elektromotor erzeugt. Der Schwerpunkt in diesem Bereich liegt gegenwärtig auf dem öffentlichen Personenverkehr und Sonderfahrzeugen für Flughäfen, Einkaufszentren usw.
- **Industrie:** Grüner Wasserstoff kann nicht nur sogenannten „grauen“ Wasserstoff (der durch Dampfreformierung fossiler Brennstoffe gewonnen wird) in traditionellen Sektoren wie der Raffination und der Düngemittelherstellung ersetzen. Er spielt auch eine bedeutende Rolle bei der Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Industrien, in denen Emissionen schwer vermeidbar sind (engl. „hard-to-abate“), weil die Verwendung von Strom nicht möglich oder nicht praktikabel ist, wie etwa bei der Herstellung von Stahl, Glas und Keramik.
- **Haushalt:** Durch die Beimischung von Wasserstoff zu Erdgas und die anschließende Verwendung als Haushaltsgas lassen sich Wärme und Strom mit geringeren Emissionen erzeugen als mit Erdgas allein. Dies ist ein Bereich, in den bereits viele Gasversorger investieren. Die Beimischung von Wasserstoff zu vorhandenen Erdgasnetzen ist technisch möglich und in begrenzten Anteilen in vielen Ländern erlaubt. Zurzeit gilt in mehreren Ländern für vorhandene Leitungsnetze eine Wasserstoff-Obergrenze von 2 %.

### Messherausforderungen

Als kleinstes und flüchtigstes Element im Periodensystem besitzt Wasserstoff einige besondere physikalisch-chemische Eigenschaften, die eine Reihe von Messproblemen nach sich ziehen. Zur Realisierung einer echten Wasserstoffwirtschaft müssen verschiedene sensorische Herausforderungen bewältigt werden, die im Folgenden kurz umrissen werden sollen.

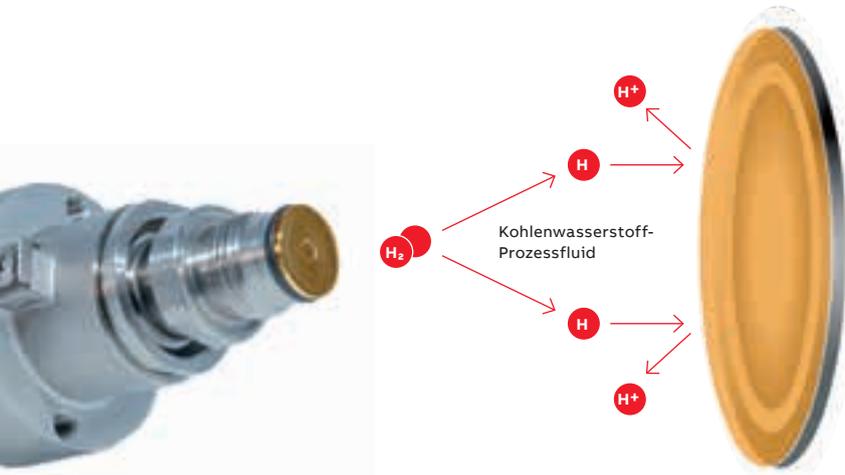
Elektrolyseure benötigen empfindliche Gasanalysatoren, um einen sicheren Betrieb zu gewährleisten. Einfach gesagt, entsteht in einem Elektrolyseur an der Anode Sauerstoff und an der Kathode Wasserstoff. Dies ist jedoch eine starke Vereinfachung eines äußerst komplexen elektrochemischen Vorgangs. Viele der Reaktionen, die in einem Elektrolyseur stattfinden, können zur

—  
**Elektrolyseure benötigen Gasanalysatoren, um einen sicheren Betrieb zu gewährleisten.**

Bildung kleiner Sauerstoffkonzentrationen im Wasserstoffstrom und umgekehrt führen. Außerdem kann es innerhalb des Zellenstapels (Stack) eines Elektrolyseurs zu Gasleckagen von einer Zellen- zur anderen kommen, was erhebliche Sicherheitsrisiken mit sich bringt →03.

### Produktion

Die Prozesssteuerung eines Wasserstoff-Elektrolyseurs muss verschiedene Aufgaben erfüllen: einen sicheren Betrieb gewährleisten, für eine effiziente Umwandlung von Strom in Wasserstoff sorgen und die Reinheit des Wasserstoffs



04

und Sauerstoffs sicherstellen. Die Norm ISO 22734:2019 definiert eine Vielzahl von Parametern, die gemessen werden müssen, um einen sicheren und zuverlässigen Betrieb von Wasserstoff-Elektrolyseuren zu gewährleisten [5].

Während viele der zu messenden Parameter (z. B. die Temperatur im Stack zur Verhinderung einer Überhitzung, Gasverunreinigungen usw.) für alle Elektrolyseure gleich sind, gelten andere speziell für die im ersten Abschnitt dieses Artikels beschriebenen Elektrolyseurtechnologien. So ist die Erkennung von gefährlichen Flüssigkeitsleckagen beim Umgang mit hoch konzentrierten Kaliumhydroxidlösungen in einem AEC-Elektrolyseur relevanter als bei der Verwendung von reinem Wasser in einem PEM-System, bei dem es eher auf die Reinheit des Wassers ankommt. Die SOE-Technologie stellt wiederum besondere Messanforderungen im Hinblick auf die Dampfversorgung und die damit verbundenen hohen Temperaturen.

### Speicherung und Transport

Die Speicherung und Handhabung von Wasserstoff ist mit bestimmten Sicherheitsanforderungen verbunden, die verstanden und beherrscht werden müssen, um sichere Betriebsabläufe zu gewährleisten. Wasserstoff birgt einige potenzielle Gefahren, weil:

- zu seiner Zündung eine sehr geringe Zündenergie erforderlich ist (0,017 mJ gegenüber 0,25 mJ für Kohlenwasserstoffe). Leckagen aus Rohrleitungsflanschen sind besonders gefährlich, da die durch die Leckage selbst erzeugte Reibung schon als Zündquelle dienen kann. Hinzu kommt, dass Wasserstoff im Falle einer Zündung mit einer unsichtbaren Flamme und geringer Wärmeabstrahlung brennen kann, was ein Erkennen der Flamme erschwert.

- $H_2$  ein sehr kleines Molekül ist, das zu Ionen dissoziiert. Bei hohen Temperaturen kann es diffundieren und Metalle durchdringen, was zur Versprödung von Ausrüstungen und Rohrleitungen führt [6].

Eine genaue und zuverlässige Überwachung der Infrastruktur ist daher unerlässlich. Darüber hinaus gibt es noch viele ungelöste Probleme, z. B. bei der Überwachung langer und/oder unterirdisch verlaufender Pipelines [7]. Vor der Speicherung muss dem Wasserstoffgas in einer sogenannten Vortrocknung Feuchtigkeit entzogen werden, weshalb Speichereinrichtungen neben einer zuverlässigen Leckageerkennung auch Analysatoren zur Feststellung der Reinheit des Wasserstoffs benötigen.

### Endnutzung

Unterschiedliche Arten der Endnutzung sind mit unterschiedlichen Problemen verbunden. Im Bereich der Mobilität liegen die Hauptherausforderungen in der präzisen Durchflussmessung und in

— Die „H-Shield“-Option bietet ein hohes Maß an Schutz gegen das Eindringen von Wasserstoff.

der Messung sehr geringer Verunreinigungen (z. B. ein Gesamtschwefelgehalt in der Größenordnung von 4 nmol/mol) an jeder Tankstelle zum Schutz der Brennstoffzellen [8]. Am tiefsten hängen die Früchte wohl bei der Zumischung von Wasserstoff zu Erdgas-Verteilnetzen. Hier liegen die größten Messherausforderungen in folgenden Bereichen:

- Sicherstellung eines genauen und wirksamen Mischungsverhältnisses und Messung der  $H_2$ -Qualität
- Erweiterung und Anpassung von Verfahren für den eichpflichtigen Verkehr. Dies ist wichtig, weil der Heizwert pro Volumeneinheit von Wasserstoff geringer ist als der von Erdgas.
- Verhindern von wasserstoffinduzierter Rissbildung. Bei einigen Stahlsorten kann ein zu hoher Wasserstoffanteil insbesondere bei höheren Temperaturen zur Versprödung und zum Bruch führen.

### ABB-Lösungen und Erfolgsgeschichten

ABB hat eine Reihe von Instrumentierungs- und Analysatorlösungen für Wasserstoffanwendungen entwickelt. Zu den Produkten, die speziell auf die Herausforderungen im Zusammenhang mit grünem Wasserstoff ausgelegt sind, gehört die sogenannte „H-Shield“-Option für Druck-, Füllstand- und Durchflussmessprodukte, die ein hohes Maß an Schutz gegen das Eindringen von Wasserstoff bietet →04. Der H-Shield wird durch Aufdampfen

—  
04 Trennmembran mit ABB H-Shield-Beschichtung.

—  
05 ABB-Gaschromatograph mit Wärmeleitfähigkeitsdetektor.



05

aufgetragen und bildet eine Schutzschicht gleichmäßiger Dicke auf der Membranoberfläche. Dabei bleibt die Membran flexibel genug, um auf sich verändernde Druckverhältnisse zu reagieren [9].

Im Hinblick auf die Entwicklung von Fahrzeugen mit Brennstoffzellenantrieb bietet ABB mit dem Sensyflow FMT700-P einen kompakten thermischen Masse-Durchflussmesser, der die Palette der bewährten Produkte zur Messung der Motoransaugluft auf Prüfständen ergänzt. Das Gerät eignet sich ideal für die Feinabstimmung der Effizienz von Brennstoffzellen. Dank seiner konkurrenzlosen Ansprechzeit (25 ms) wird er von führenden Automobilherstellern auf der ganzen Welt zur Ansaugluftmessung in der Qualitätssicherung, in Prüfstandanwendungen und in der Forschung und Entwicklung eingesetzt [10].

Darüber hinaus trägt ABB mit ihren Analysegeräten zum sicheren Betrieb von Elektrolyseuren bei. Die Analysatoren ermöglichen die genaue Messung von Verunreinigungen in den O<sub>2</sub>- und H<sub>2</sub>-Flüssen in explosionsgefährdeten Bereichen. Ist eine semikontinuierliche Messung ausrei-

chend, können diese Messungen in einem Gerät kombiniert werden [11].

Wie schon erwähnt, stellt die Beimischung von Wasserstoff zum Erdgasnetz eine ausgereifte Möglichkeit zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Belastung dar. Hier eignet sich der PGC1000 von ABB ideal zur Überwachung der Zusammensetzung von Gasgemischen in Transport- und Verteilnetzen. Der PGC1000 ist ein schneller Prozessgas-Chromatograph mit einem Wärmeleitfähigkeitsdetektor. Zu den bewährten Anwendungen von Gasanalysatoren dieser Art gehören die Überwachung des Heizwerts von Erdgas in Brennersteuerungssystemen und die Sicherung der richtigen Verbrennungsstöchiometrie →05.

Die Erfahrungen, die ABB mit diesen Gasanalysatoren gemacht hat, lassen sich auf die Überwachung von Erdgasleitungen mit beigemischt Wasserstoff übertragen. Die Marktakzeptanz ist äußerst vielversprechend: Allein in Italien, wo Betreiber von Gastransport- und -verteilnetzen in ehrgeizige Programme zur H<sub>2</sub>-Beimischung investieren, wurden in den vergangenen Monaten mehr als 35 Analysatoren bereitgestellt. •

#### Literaturhinweise

[1] Hydrogen Council, McKinsey & Company: „Hydrogen for Net-Zero“. November 2021. Verfügbar unter: <https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2021/11/Hydrogen-for-Net-Zero.pdf> (abgerufen am 11.08.2022).

[2] McKinsey & Company: „The net-zero transition: what it would cost, what it would bring“. Januar 2022. Verfügbar unter: <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/the-net-zero-transition-what-it-would-cost-what-it-could-bring> (abgerufen am 11.08.2022).

[3] L. Collins: „EU aims to make green hydrogen cost-competitive within two years: leaked strategy document“. Recharge 19/6/2020. Verfügbar unter: <https://www.recharge-news.com/transition/eu-aims-to-make-green-hydrogen-cost-competitive-within-two-years-leaked-strategy-document/2-1-829768> (abgerufen am 11.08.2022).

[4] ABB: „Green Hydrogen, Instrumentation and analyzer solutions for a sustainable future“. ABB White Paper, 2021. Verfügbar unter: <https://campaign.abb.com/l/501021/2021-09-28/v9lq6p> (abgerufen am 11.08.2022).

[5] ISO 22734:2019: „Hydrogen generators using water electrolysis – Industrial, commercial, and residential applications“. September 2019. Verfügbar unter: <https://www.iso.org/standard/69212.html> (angerufen am 11.08.2022).

[6] ABB: „Hydrogen safety – Hydrogen handling and key process safety steps“. ABB White Paper, 2022. Verfügbar unter: <https://new.abb.com/process-automation/energy-industries/hydrogen/white-paper-process-safety-and-hydrogen> (abgerufen am 11.08.2022).

[7] S. Elaoud, E. Hadj-Taïeb: „Leak detection of hydrogen-natural gas

mixtures in pipes using the characteristics method of specified time intervals“. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, September 2010, S. 637–645.

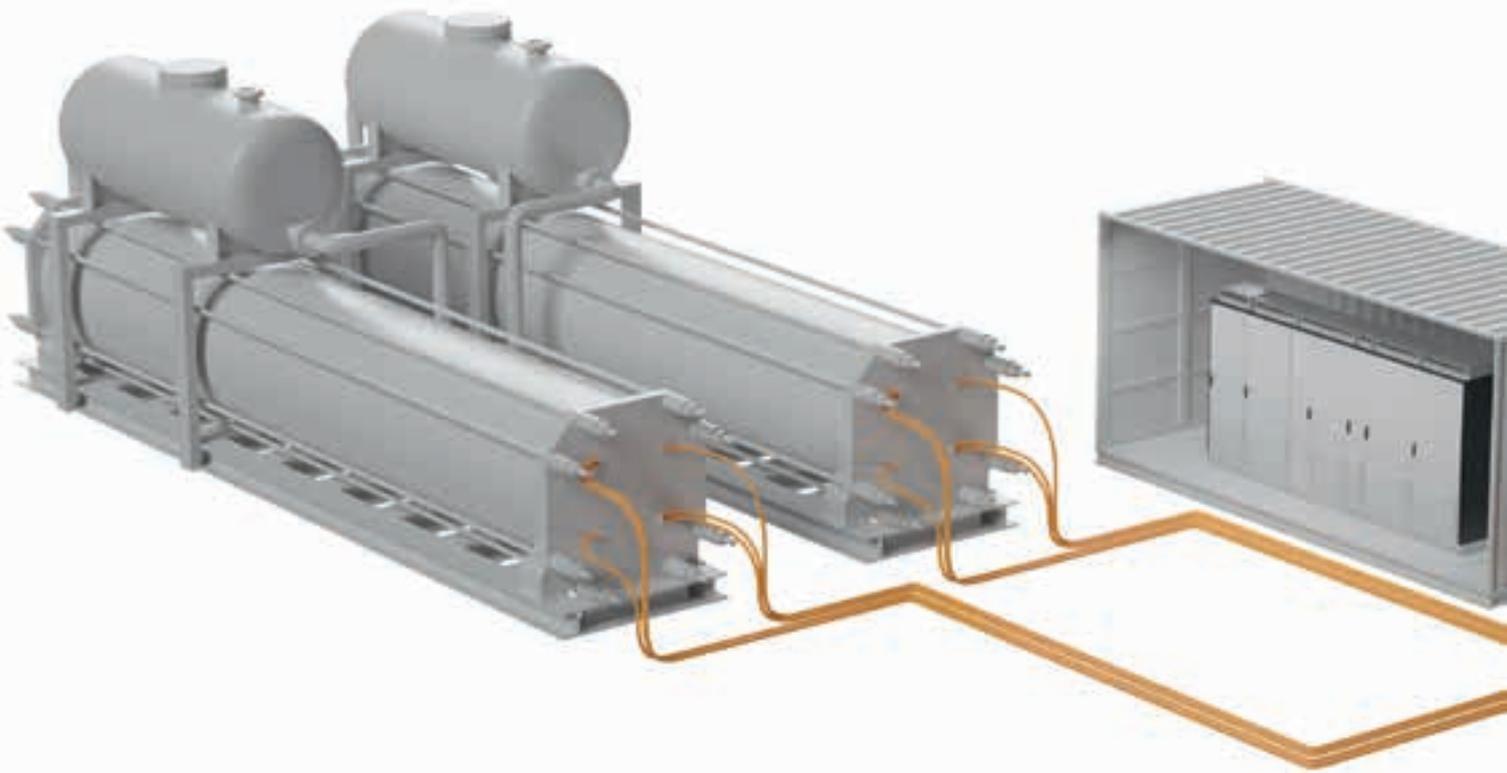
[8] National Physical Laboratory: „Energy transition: Measurement needs within the hydrogen industry“. NPL Report, Dezember 2017. Verfügbar unter: <https://www.npl.co.uk/getattachment/bebd3592-e413-43e7-9556-e4dc2c0533d7/energy-transition-measurement-needs.pdf?lang=en-GB&ext=.pdf> (abgerufen am 11.08.2022).

[9] ABB: „Tackling the issue of hydrogen

permeation in pressure transmitters“. ABB White Paper, 2021. Verfügbar unter: <https://campaign.abb.com/l/501021/2021-11-05/vpy3nk> (abgerufen am 11.08.2022).

[10] G. Weppner: „Finetuning für die Brennstoffzellenforschung“. *ABB Review* 04/2021, S. 48–49.

[11] S. Gibbons: „Gas analysis in the circular economy“. *Gasworld*, Juni 2021. Verfügbar unter: <https://www.gasworld.com/gas-analysis-in-the-circular-economy/2021176.article> (abgerufen am 11.08.2022).



—  
MODERNE STROMVERSORGUNGEN FÜR ELEKTROLYSEURE

# Wasserstoff- produktion

Wasserstoff gilt als sauberste Energiequelle der Welt und wird bei der Dekarbonisierung verschiedener Industrien zweifelsohne eine wichtige Rolle spielen. Entscheidend für diesen rasch voranschreitenden Prozess ist die Entwicklung von Stromversorgungslösungen für Elektrolyseure, die in der Lage sind, unregelmäßige niedrige Gleichspannungen bei Leistungen im Megawatt-Bereich zu bewältigen. Dieser Artikel bietet einen Überblick über den Stand der Technik und beleuchtet Vor- und Nachteile verschiedener Konfigurationen.

Die Dekarbonisierung energieintensiver Branchen ist eine der Prioritäten des Pariser Klimaabkommens von 2015 und des Klimaberichts 2022 des IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Die wohl vielversprechendste Strategie zur Bewältigung dieser Herausforderung ist die Implementierung von Technologien zur Herstellung von Wasserstoff. Diese gelten als geeignete Lösung für viele Bereiche, einschließlich solchen, in denen Emissionen schwer vermeidbar sind (engl. „hard-to-abate“) und Wasserstoff als Einsatzstoff oder direkt als Brennstoff genutzt werden kann [1].

Wasserstoff gilt als sauberste Energiequelle der Welt, und zurzeit werden rund 80 Millionen Tonnen Wasserstoff im Jahr produziert [2]. Man geht davon aus, dass die Jahresproduktion bis zum Jahr 2030 200 Millionen Tonnen und bis zum Jahr 2050 500 Millionen Tonnen übersteigen wird [3].

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, Wasserstoff herzustellen. Die Wasserelektrolyse, deren installierte Leistung zurzeit nur rund 0,3 GW beträgt, wird bis zum Jahr 2050 voraussichtlich über 60 % der weltweiten Produktion ausmachen [3]. Entsprechend wird ein Anstieg der weltweiten Elektrolyseurkapazität auf 850 GW bis 2030 und auf 3.600 GW bis 2050 erwartet →01.

Einer der vielen wichtigen Faktoren, die es bei der Steigerung der Leistungsfähigkeit von Elektrolyseuren und gleichzeitiger Senkung der Kosten zu berücksichtigen gilt, ist die Stromversorgung. Es sind verschiedene Stromversorgungsanordnungen möglich, wobei jede sowohl aus Sicht des Stromnetzes als auch des Elektrolyseurs mit Vor- und Nachteilen verbunden ist.

Um etwas Licht in die komplexen Zusammenhänge zu bringen, sollen im Folgenden die gängigsten Stromversorgungslösungen, die mit netzgekoppelten Elektrolysesystemen verwendet werden können, mit ihren Vor- und Nachteilen vorgestellt werden.

### Wasserelektrolysetechnologie

Elektrolyseure und Brennstoffzellen haben viel gemeinsam, aber es gibt auch einen grundlegenden Unterschied: Elektrolyseure nutzen elektrische Energie, um Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff zu spalten →02, während Brennstoffzellen Wasserstoff nutzen, um Strom zu erzeugen.

Es gibt verschiedene Arten von Elektrolyseuren, wobei alkalische, Protonen-Austausch-Membran- (PEM) und Festoxid-Systeme die am häufigsten verwendeten Technologien sind. Alkalische Elektrolyseure stellen gegenüber PEM-Systemen eine reifere Technologie dar und zeichnen sich durch niedrigere Investitionskosten aus. Zurzeit liegen PEM-Elektrolyseure aufgrund ihrer Abhängigkeit von Edelmetallen

in puncto Wirtschaftlichkeit hinter ihren alkalischen Pendanten zurück. Dies wird sich aber voraussichtlich in den nächsten Jahren ändern. Andererseits besitzen PEM-Elektrolyseure eine bessere Dynamik und eine höhere Leistungsdichte, d. h. sie benötigen 20–25 % weniger Platz als alkalische Systeme [1].

Im Vergleich zu alkalischen und PEM-Elektrolyseuren können Festoxid-Systeme höhere Wirkungsgrade erzielen. Zudem können sie in umgekehrter Weise als Brennstoffzellen betrieben werden, um

— Die Wasserelektrolyse wird bis 2050 voraussichtlich über 60 % der weltweiten H<sub>2</sub>-Produktion ausmachen.

aus Wasserstoff Strom zu erzeugen, wobei rund 25 % der Kapazität des Elektrolyseurs genutzt werden [1]. Allerdings arbeiten Festoxid-Elektrolyseure mit viel höheren Temperaturen als alkalische und PEM-Systeme, die noch im kW-Bereich liegen.

### Stromversorgungen für Elektrolyseure

Elektrolyseure gelten als Niederspannungsgeschichte. Eine typische 5-MW-Einheit weist z. B. am Ende ihrer Lebensdauer eine Gleichspannung von maximal 1 kV auf. Der Anschluss an ein Mittelspannungs-(MS-)Netz erfolgt daher üblicherweise über einen Abspanntransformator und einen AC/DC-Wandler. Beim Wandler kann es sich um eine einstufige Lösung handeln, die den Wechselstrom (AC) in einem einzigen Schritt in Gleichstrom (DC) mit der für den Elektrolyseur passenden Spannung umwandelt →03a.

Eine andere Möglichkeit ist eine zweistufige Lösung, die den Wechselstrom zunächst in einen Gleichstrom und diesen dann in einem zweiten Schritt in einen Gleichstrom mit der für den Elektrolyseur passenden Spannung umwandelt →03b.

Bei beiden Konfigurationen können verschiedene Stromrichter verwendet werden, wie die hier vorgestellten Möglichkeiten zeigen. Neben den erwähnten AC-gespeisten Systemen können Elektrolyseure auch an eine DC-Verteilung gekoppelt werden. In diesem Fall sind lediglich DC/DC-Wandler zur Anpassung des Spannungsniveaus erforderlich.

### Einstufige Stromversorgungen

Wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, wandeln einstufige Lösungen die an einem Transformator anliegende Wechselspannung in eine Gleichspannung



— 01 Die Herstellung von Wasserstoff durch Elektrolyse von Wasser wird aller Voraussicht nach deutlich zunehmen.

— **Ahmed Abdelhakim**  
ABB Corporate Research  
Västerås, Schweden

ahmed.abdelhakim@se.abb.com

**Tero Viitanen**  
ABB Motion System Drives  
Helsinki, Finnland  
tero.viitanen@fi.abb.com

**Francisco Canales**  
ABB Corporate Research  
Baden, Schweiz

francisco.canales@ch.abb.com

nung um, die die Anforderungen des Elektrolyseurs unter verschiedenen Betriebsbedingungen erfüllt.

Dazu können verschiedene Stromrichter verwendet werden, wobei die vier in →04 dargestellten Konfigurationen dem neuesten Stand der Technik entsprechen.

Die erste Möglichkeit ist ein Sechs-Puls-Thyristorgleichrichter →04a. Trotz seiner Einfachheit ist dieser mit einem höheren Oberschwingungsgehalt auf der Netzseite und einer hohen Stromwelligkeit auf der Elektrolyseurseite sowie hohen Blindleistungsanforderungen verbunden. Der Oberschwingungsgehalt kann mithilfe eines 12-Puls-Thyristorgleichrichters →04b reduziert werden. Dieser ermöglicht durch den parallelen Betrieb von zwei Sechs-Puls-Gleichrichtern zudem eine höhere Leistung, erfordert aber einen komplexeren Transformator.

Eine weitere Möglichkeit sind vollständig geregelte Lösungen, bei denen z. B. aktive Zwei- oder Dreipunkt-Gleichrichter mit Spannungszwischenkreis zum Einsatz kommen →04c-d. Beide liefern einen

glatteren Elektrolyseurstrom, wobei ersterer eine niederfrequente Komponente im Elektrolyseurstrom aufweist. Darüber hinaus bieten beide Optionen eine erheblich bessere netzseitige Performance im Hinblick auf Blindleistung und Stromoberschwingungen. Allerdings dürfte der Wirkungsgrad bei diesen Lösungen aufgrund der höheren Halbleiterverluste niedriger ausfallen. Hinzu kommt, dass beide aktiven Lösungen aufgrund der verstärkenden Eigenschaft dieser Topologien mit einer höheren Strombelastung verbunden sind.

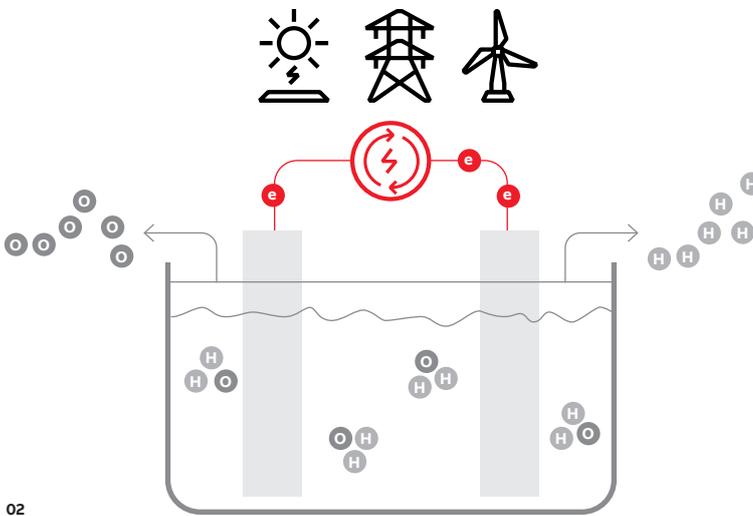
### Die zweistufige Lösung nutzt einen zusätzlichen DC/DC-Wandler zur Steigerung der Systemleistung.

#### Zweistufige Stromversorgungen

Anders als die genannten einstufigen Lösungen wandeln die zweistufigen Systeme den Wechselstrom vom Transformator mithilfe eines AC/DC-Wandlers in einen Gleichstrom und anschließend in einen Gleichstrom mit einem anderen, zu den Anforderungen des Elektrolyseurs passenden Spannungsniveau um →05.

Die erste in →05a dargestellte Option basiert auf einem 12-Puls-Diodengleichrichter, der als unregelter AC/DC-Wandler fungiert, gefolgt von einem phasenversetzt arbeitenden DC/DC-Abwärts-wandler. Diese Lösung verbessert den Blindleistungsanteil auf der Netzseite im Vergleich zu einem 12-Puls-Thyristorgleichrichter und stellt somit eine geeignete, wenn auch leicht weniger effiziente Lösung zur Versorgung des Elektrolyseurs dar.

Trotz dieser positiven Eigenschaften bleiben die Stromoberschwingungen eine Herausforderung, sodass insbesondere in schwachen Netzen zusätzliche Oberschwingungsfilter erforderlich sind. Zur Bewältigung der Blindleistungs- und Oberschwingungsproblematik kann der 12-Puls-Diodengleichrichter durch einen aktiven Zweipunkt-Gleichrichter mit Spannungszwischenkreis ersetzt werden →05b. Im Vergleich zur oben genannten verstärkenden einstufigen Lösung mit einem Zweipunkt-Gleichrichter mit Spannungszwischenkreis verhindert diese Lösung die erhöhten Strombelastungen in der AC/DC-Wandlerstufe. Mit anderen Worten, der einstufige aktive Zweipunkt-Gleichrichter benötigt eine niedrigere Spannung auf der AC-Seite als die in →05b dargestellte zweistufige Lösung. Darüber hinaus ist die zweistufige Lösung mit einer zusätzlichen Strombelastung der DC-Kondensa-



02



03a



03b

—  
02 Prinzip der Wasserelektrolyse.

—  
03 Allgemeine Einteilung von Stromversorgungen für Elektrolyseure.

03a Einstufige Lösung.

03b Zweistufige Lösung.

—  
04 Einstufige Stromversorgungs-lösungen für Elektrolyseure.

04a Sechs-Puls-Thyristorgleichrichter.

04b 12-Puls-Thyristorgleichrichter.

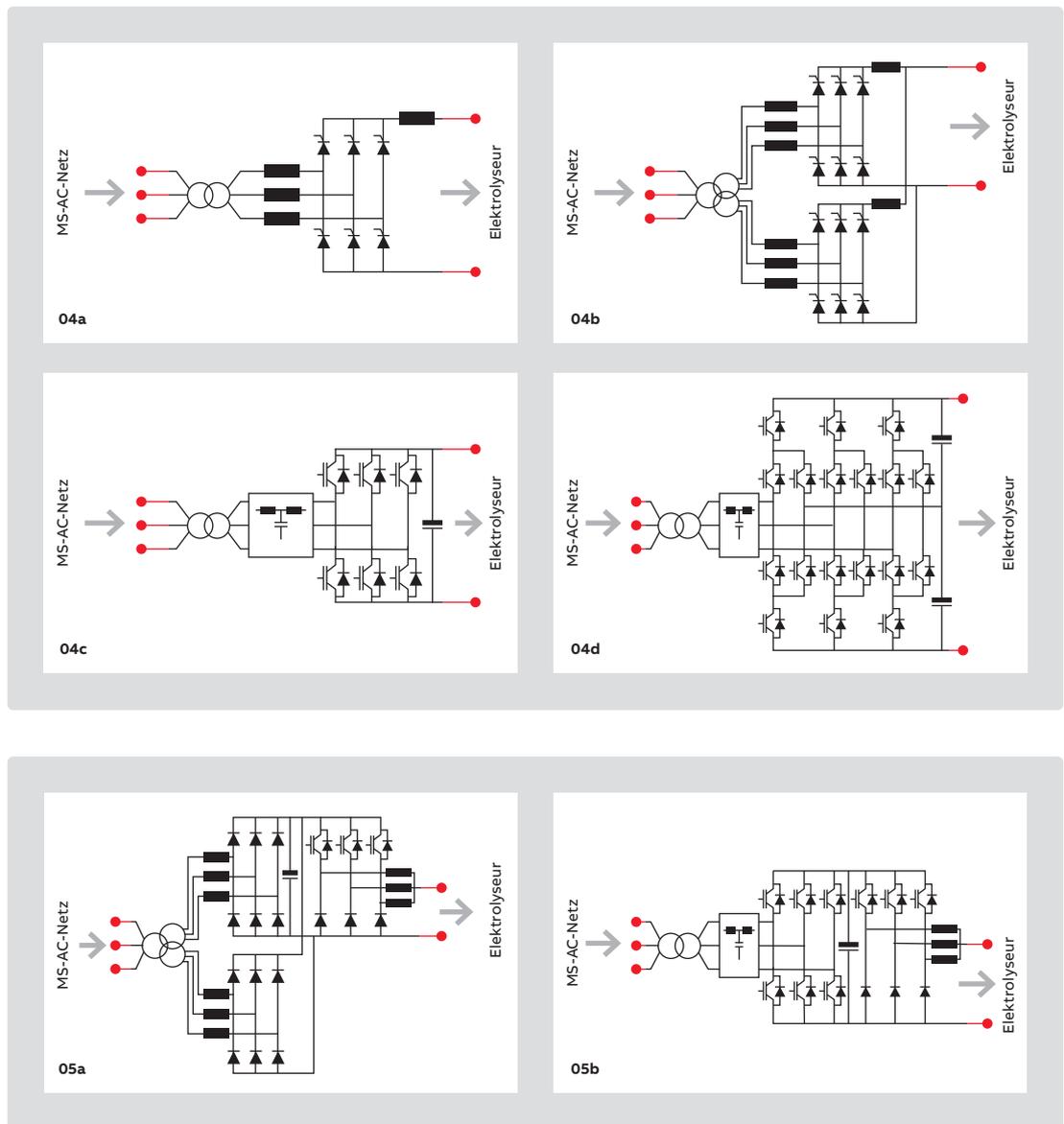
04c Zweipunkt-Gleichrichter mit Spannungszwischenkreis.

04d Aktiver Dreipunkt-Gleichrichter mit Spannungszwischenkreis und Neutralpunkt-klemmung.

—  
05 Zweistufige Stromversorgungs-lösungen für Elektrolyseure.

05a 12-Puls-Diodengleichrichter und phasenversetzt arbeitender Abwärtswandler.

05b Zweipunkt-Gleichrichter mit Spannungszwischenkreis und phasenversetzt arbeitender Abwärtswandler.



#### Literaturhinweise

[1] International Renewable Energy Agency (IRENA): „Green hydrogen supply – a guide to policy making“ (Mai 2021), S. 39.

[2] IEA: „The Future of Hydrogen – Seizing today's opportunities“. Juni 2019. Verfügbar unter: [https://iea.blob.core.windows.net/assets/9e3a3493-b9a6-4b7d-b499-7ca48e357561/The\\_Future\\_of\\_Hydrogen.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/9e3a3493-b9a6-4b7d-b499-7ca48e357561/The_Future_of_Hydrogen.pdf) (abgerufen 11.08.2022).

[3] IEA: „Net Zero by 2050 – A Roadmap for the Global Energy Sector“. Oktober 2021. Verfügbar unter: [https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9d0c-10b13d840027/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector\\_CORR.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9d0c-10b13d840027/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf) (abgerufen 11.08.2022).

toren verbunden, da sich die AC/DC- und DC/DC-Stufen den DC-Zwischenkreis teilen.

#### Fazit

Leistungselektronik wird bei der Umsetzung aktueller und zukünftiger Pläne eine wichtige Rolle spielen.

Leistungselektronik wird bei der Umsetzung und Beschleunigung aktueller und zukünftiger Pläne zur Herstellung von Wasserstoff eine wichtige Rolle spielen. Auch wenn die hier vorgestellten Stromversorgungsarchitekturen neuester Technik

in der Lage sind, das dynamische Verhalten eines Elektrolyseurs zu bewältigen, werden Lösungen mit höherer Leistungsdichte und Effizienz, die sich außerdem durch ein geringeres Gewicht und niedrigere Kosten auszeichnen, von grundlegender Bedeutung sein.

Besonderes Augenmerk sollte auf Anwendungen gelegt werden, die erneuerbare Energien zur Herstellung von Wasserstoff nutzen. Aufgrund der naturgemäßen Schwankungen dieser Energiequellen werden auch neue elektrische Konfigurationen erforderlich sein. Innovative Steuerungsmethoden in Kombination mit neuen Halbleiterwerkstoffen wie Siliziumkarbid und neuartigen Stromrichtern können Lösungen ermöglichen, die sowohl für das Stromnetz als auch den Elektrolyseur günstig sind und gleichzeitig die Komplexität reduzieren. •

## HERSTELLUNG VON GRÜNEM WASSERSTOFF IN DEN USA

# Das H<sub>2</sub>-Netzwerk

Die Nachfrage nach Wasserstoff hat sich seit 1975 mehr als verdreifacht, Tendenz steigend. Doch während grüner, also ohne fossile Brennstoffe hergestellter Wasserstoff nur den kleinsten Teil der heutigen Wasserstoffproduktion ausmacht, erfährt er laut der Internationalen Energieagentur einen nie dagewesenen Aufschwung [1]. Zwei neue Produktionszentren für grünen Wasserstoff, die unter Verwendung verschiedener ABB-Systeme zurzeit in den USA entstehen, unterstreichen dies.

Dank stetig sinkender Kosten für erneuerbare Energien wird grüner Wasserstoff wahrscheinlich eine entscheidende Rolle beim Erreichen weltweiter Treibhausgas-Emissionsziele spielen. Tatsächlich ließe sich durch Ausbau der Produktion in vielen Teilen der Welt bis 2030 ein Vergleichspreis von 2 USD/kg und bis 2050 ein Preis von 1 USD/kg erreichen [2], was Wasserstoff gegenüber Erdgas konkurrenzfähig machen würde. In der Zwischenzeit ist davon auszugehen, dass das

Durch Ausbau der Produktion ließe sich bis 2030 ein Vergleichspreis von 2 USD/kg erreichen.

exponentielle Wachstum in der Wasserstoffwirtschaft weiter Fahrt aufnimmt und die Produktion bis zum Jahr 2050 auf 500 bis 800 Millionen Tonnen im Jahr ansteigt [3], was etwa 20 % des weltweiten Energiebedarfs entspricht.

Angesichts dieser Trends hat der führende Anbieter von schlüsselfertigen Wasserstoff-Brennstoffzellenlösungen Plug Power das erste Versorgungsnetz für grünen Wasserstoff in Nordamerika gegründet. Dieses Netzwerk

soll nun durch zwei neue Produktionsanlagen erweitert werden, die zusammen täglich 60 t grünen Wasserstoff produzieren sollen, um rund 170 t fossiler Brennstoffe im Logistik- und Verkehrssektor zu ersetzen.

Als größter Käufer von flüssigem Wasserstoff hat Plug Power bereits mehr Wasserstoff-Tankstellen gebaut als irgendein anderes Unternehmen auf der Welt. Nun möchte das Unternehmen Kunden, die bestimmte Nachhaltigkeitsziele erreichen wollen, grünen Wasserstoff anbieten, der kostenmäßig mit fossilen Energieträgern konkurrieren kann. Die neuen Produktionsstätten für grünen Wasserstoff – eine in Alabama im Staat New York und eine in Peachtree im Staat Georgia – sollen dabei helfen, diesen strategischen Plan umzusetzen.

Die Anlage in New York, die die größte Produktionsanlage für grünen Wasserstoff in Nordamerika sein wird, entsteht im Western New York Science, Technology and Advanced Manufacturing Park (STAMP) in Alabama und wird über ein eigenes Umspannwerk verfügen. In der Anlage kommen modernste Protonen-Austausch-Membran-(PEM-)Elektrolyseure von Plug Power mit einer Gesamtleistung von 120 MW zum Einsatz, die mithilfe von sauberem Strom aus Wasserkraft in einem elektrochemischen Verfahren Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff aufspalten. Insgesamt sollen täglich 45 t grüner Flüssigwasserstoff – das Äquivalent



**Scott McKay**  
ABB Energy  
Industries  
Houston, TX, USA

scott.mckay@  
us.abb.com



zu 126 t Benzin – für den Nordosten der USA hergestellt werden.

Die Produktionsstätte soll die Dekarbonisierung des Güterverkehrs und der Logistik in New York federführend vorantreiben und damit das Ziel des Staates unterstützen, bis zum Jahr 2050 die CO<sub>2</sub>-Neutralität zu erreichen.

Die zweite Anlage in Camden County, Georgia, soll täglich 15 t grünen Flüssigwasserstoff für Kunden im Südosten der USA produzieren.

Die Anlagen in New York und Georgia ergänzen weitere im Bau befindliche Anlagen im Süden und Westen der USA sowie das Plug Power Innovationszentrum für PEM-Stacks und -Elektrolyseure in Rochester, New York. Ziel des Netzwerks ist es, bis zum Jahr 2025 pro Tag 500 t und bis zum Jahr 2028 pro Tag 1.000 t grünen Wasserstoff

#### Literaturhinweise

[1] IEA: „The future of hydrogen. Seizing today's opportunities“. Juni 2019. Verfügbar unter: <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen> (abgerufen am 11.08.2022).

[2] BloombergNEF: „Hydrogen Economy Outlook – Key messages“. 30.03.2020. Verfügbar unter: <https://data.bloomberglp.com/professional/sites/24/BNEF-Hydrogen-Economy-Outlook-Key-Messages-30-Mar-2020.pdf> (abgerufen am 11.08.2022).

[3] Reuters: „\$15 trillion global hydrogen investment needed to 2050-research“. Verfügbar unter: <https://www.reuters.com/business/energy/15-trillion-global-hydrogen-investment-needed-2050-research-2021-04-26/> (abgerufen am 11.08.2022).

**Ziel des Netzwerks ist es, bis zum Jahr 2025 pro Tag 500 t grünen Wasserstoff bereitzustellen.**

bereitzustellen. Nach dem vollständigen Ausbau des Netzwerks will Plug Power seinen Treibstoffkunden Wasserstoff zu Preisen anbieten, die mit denen von Diesel konkurrieren können.

#### Skalierung

Um Plug Power dabei zu helfen, seine Technologien zu skalieren und gleichzeitig die Gesamtproduktionskosten zu senken, liefert ABB für die Anlage in Alabama ein komplettes elektrisches System in

einer eHouse-Lösung. Hierbei handelt es sich um eine vorgefertigte, begehbare, modulare Station für die Stromverteilung, in der verschiedene elektrische und automatisierungstechnische Systeme sowie Nebeneinrichtungen zur Bereitstellung von Bau- und Prozessstrom untergebracht sind. Die vorgeprüften eHouses sind darauf ausgelegt, die für die Installation und die Inbetriebnahme erforderliche Zeit und die damit verbundenen Kosten zu reduzieren.

Darüber hinaus wird ABB gas- und luftisolierte Schaltanlagen, Niederspannungs-Motor-Control-Center sowie einen drehzahlregelmäßigten Niederspannungsantrieb für Hilfsanwendungen bereitstellen. Außerdem ist ein drehzahl geregelter Mittelspannungsantrieb vorgesehen, der mehrere Motoren im Sync-Bypass-Mode speist. Der als Kompressorstarter verwendete Antrieb ermöglicht eine reibungslose Steuerung des Prozesses und reduziert die Belastung von Betriebsmitteln und des Netzes durch Begrenzung des Einschaltstroms und der notwendigen Leistung beim Anfahren des Prozesses.

Die Anlage in Georgia wird einen ähnlichen Leistungsumfang haben. Wie bei der Anlage in New York soll der produzierte Wasserstoff dabei helfen, fossile Kraftstoffe im Logistik- und Verkehrssektor zu ersetzen.

Beide Projekte spielen eine wichtige Rolle in den Plänen von Plug Power zum Bau weiterer Anlagen rund um die USA, um grünen Wasserstoff zu konkurrenzfähigen Preisen anbieten zu können.

ABB ihrerseits arbeitet mit Kunden und Partnern rund um den Globus zusammen, um Technologien zu entwickeln und zu integrieren, die Wasserstoff zu einer zugänglichen und erschwinglichen Komponente des weltweiten kohlenstoffarmen Energiemix machen. •

## ERGEBNISSE DER LESERUMFRAGE 2022

# Lesertrends

Die ABB erscheint ohne Unterbrechung seit 1914 und gehört mit bisher 899 Ausgaben zu den wohl ältesten technischen Unternehmenszeitschriften der Welt. Im Laufe der Jahre hat die Zeitschrift zahlreiche Veränderungen erfahren. Um ihre Entwicklung voranzutreiben und die Erwartungen unserer Leserschaft besser erfüllen zu können, haben wir in Ausgabe 2/2022 eine Leserumfrage gestartet.



**Andreas Moglestue**  
ABB Review  
Zürich, Schweiz

andreas.moglestue@  
ch.abb.com

Bei der Umfrage ging es um die allgemeine Zufriedenheit mit dem Inhalt der ABB Review, um die Sprachen, in denen die Zeitschrift erscheinen soll, und das Verhältnis zwischen der Druckausgabe und digitalen Formaten. Da die Teilnahme an der Umfrage nur online möglich war, kann es sein, dass die Ergebnisse leicht zugunsten der digitalen Leserschaft verzerrt sind.

### Sprachen

Die ABB Review erscheint zurzeit in fünf Sprachen (Englisch, Chinesisch, Deutsch, Spanisch und Französisch). Alle Sprachen – außer Chinesisch, das nur digital verfügbar ist – werden als Druckausgabe und im digitalen Format angeboten.

Laut Umfrage möchte mehr als ein Drittel der Leserschaft die ABB Review in Englisch lesen →01. Trotz der Verfügbarkeit in fünf Sprachen äußerten einige Leserinnen und Leser ihr Interesse an einer Veröffentlichung in anderen Sprachen. Genannt wurden (in Reihenfolge der Anzahl) Italienisch, Schwedisch, Finnisch, Niederländisch, Türkisch, Griechisch, Japanisch, Russisch, Urdu, Singhalesisch, Kroatisch, Arabisch, Norwegisch, brasilianisches Portugiesisch, Dänisch, Polnisch, Ungarisch, Rumänisch, Litauisch, Persisch, Hindi und Marathi – was zeigt, wie global und divers die Leserschaft unserer Zeitschrift ist.

### Inhalt

77 % der Leserinnen und Leser nutzen die ABB Review, um die Technologien von ABB besser zu verstehen →02. Dabei ist eine große Mehrheit zufrieden mit der Länge der Artikel →03, dem technischen Inhalt →04 und der Erscheinungsweise der Zeitschrift →05.

### Digital vs. Druck

Der größte Teil der gedruckten Auflage erreicht die Leser nach wie vor über ein persönliches Abonnement →06–09. Laut Umfrage lesen mehr Personen die digitale Ausgabe, obwohl dieses Ergebnis durch die Tatsache verzerrt sein kann, dass die Umfrage online stattgefunden hat. Auf jeden Fall gibt es eine große Leserschaft, die sowohl die gedruckte als auch die digitale Ausgabe nutzt.

Ein weiteres Thema der Umfrage war ein „neues, interaktiveres Angebot“ der digitalen Version →10. Hier hatten die Teilnehmenden die Möglichkeit, ihre Vorstellungen eines solchen Angebots anzugeben. Am häufigsten gewählt wurden aktualisierte Artikel, gefolgt von speziellen Themenschwerpunkten und Video-Inhalten →11.

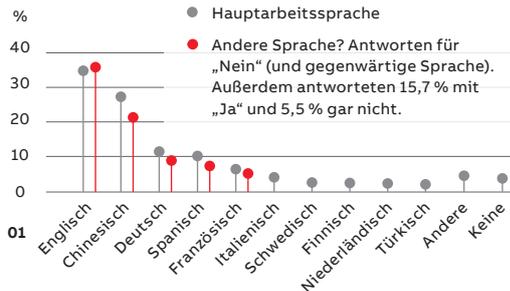
### Ihre Meinung zählt

Das Team der ABB Review bedankt sich bei allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern der Umfrage dafür, dass sie sich die Zeit genommen haben, uns ihre Meinung mitzuteilen.

Die Ergebnisse der Umfrage fließen in den redaktionellen Prozess ein, und erste Veränderungen werden im nächsten Jahr umgesetzt. Dazu gehören vermehrte digitale Inhalte sowie eine Komprimierung des Sprachenangebots. Aufgrund der sehr geringen Absatzzahlen in einigen Sprachen (die tatsächlich viel niedriger sind, als es laut Umfrage scheint) werden wir zu unserem größten Bedauern die französische und spanische Ausgabe einstellen. Ab der Ausgabe 1/2023 wird die ABB Review ausschließlich in Englisch, Deutsch und Chinesisch erscheinen. Wir hoffen dennoch, dass möglichst viele Leser die ABB Review weiterhin lesen und unterstützen werden. •

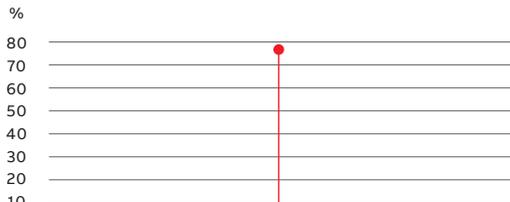
**01** „Was ist Ihre Hauptarbeitsprache?“

„Hätten Sie gern Zugang zur ABB Review in anderen Sprachen?“  
(Zurzeit angeboten werden Englisch, Chinesisch, Deutsch, Französisch und Spanisch)



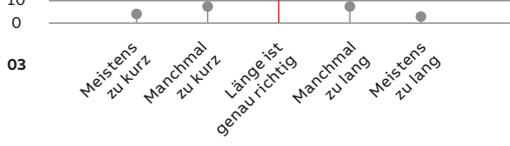
**02** „Was sind die Hauptzwecke der ABB Review für Sie?“

(Mehrere Antworten möglich)



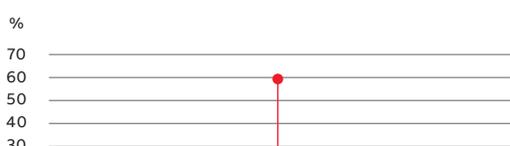
**03** „Wie zufrieden sind Sie mit der typischen Länge der Artikel?“

(Mehrere Antworten möglich)



**04** „Wie zufrieden sind Sie mit dem technischen Inhalt der Artikel?“

(Mehrere Antworten möglich)



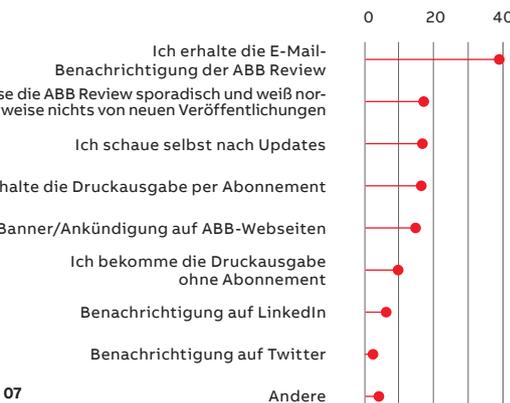
**05** „Sind Sie zufrieden mit der derzeitigen Erscheinungsweise (vier Ausgaben im Jahr) oder hätten Sie lieber ...?“

(Mehrere Antworten möglich)



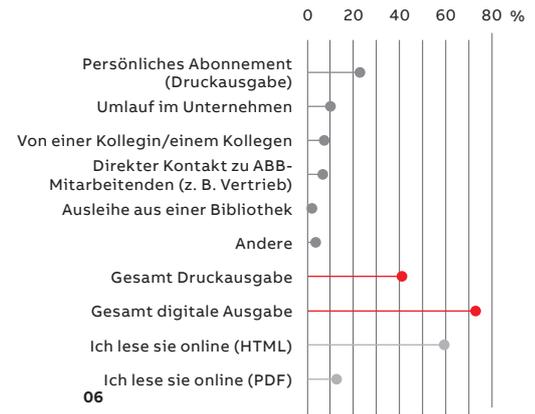
**06** „Wie erhalten Sie Ihr Exemplar der ABB Review?“

(Mehrere Antworten möglich)



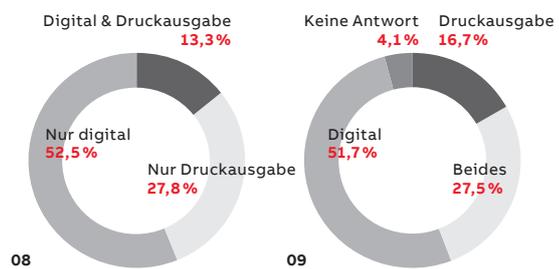
**08** „Wie erhalten Sie die ABB Review?“

(Mehrere Antworten möglich)



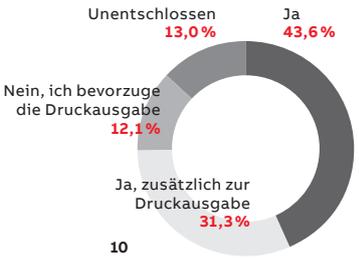
**09** „Wie möchten Sie die ABB Review vorzugsweise erhalten?“

(Mehrere Antworten möglich)



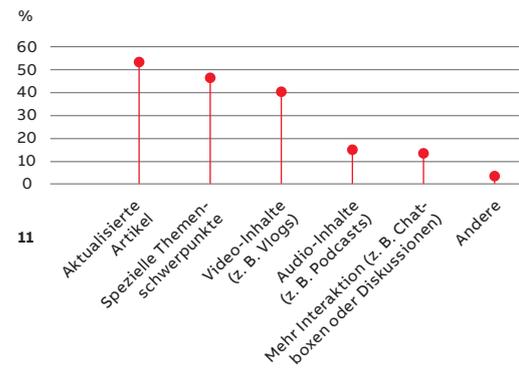
**10** „Neues Online-Angebot: Wären Sie interessiert an einem neuen, interaktiveren Angebot der ABB Review?“

(Mehrere Antworten möglich)



**11** „Neues Online-Angebot: Welche Online-Inhalte und -Formate würden Sie besonders interessieren?“

(Mehrere Antworten möglich)





## BUZZWORDS ENTSCHLÜSSELT

# 6G

Der Ausbau des öffentlichen 5G-Netzes ist in vollem Gange, und der Nutzen von 5G für die Industrie ist wohlbekannt. Doch wie sieht es mit 6G aus? Welche Rolle wird 6G bei der Digitalisierung der Industrie und der Konvergenz von IT und OT spielen?



**Dirk Schulz**  
ABB Corporate Research  
Ladenburg, Deutschland

dirk.schulz@de.abb.com

5G verändert die Welt mit bahnbrechender Konnektivität und neuen Möglichkeiten zum Datenaustausch. Ultrazuverlässige Kommunikation mit niedriger Latenz und hoher Bandbreite, Universalität, Skalierbarkeit, Determinismus und eine hohe Gerätedichte sind nur einige Eigenschaften von 5G, die Technologieunternehmen wie ABB zu nutzen suchen.

Während die weitere Standardisierung, Entwicklung und der Ausbau von 5G noch einige Jahre in Anspruch nehmen werden, hat man in der Telekommunikationsbranche und in der Forschung bereits mit der Arbeit an 6G begonnen. Welche neuen Horizonte könnte 6G in der digitalen Welt eröffnen?

Kurz gesagt stellt 5G eine universelle Infrastruktur zur Vernetzung und Datenverarbeitung („Connect & Compute“) bereit, deren Leistungsfähigkeit die von 4G um ein Vielfaches übersteigt. Im Vergleich dazu könnte man 6G als Ökosystem beschreiben, das das „Wahrnehmen, Lokalisieren und Verstehen“ mithilfe künstlicher Intelligenz (KI) und innovativer Funktechnik ermöglicht, dabei aber nicht auf zellulare Technologien beschränkt ist. Das Ziel ist eine allgegenwärtige und grenzenlose Konnektivität und Datenver-

arbeitung, bei der mehr denn je die Nutzererfahrung im Mittelpunkt steht.

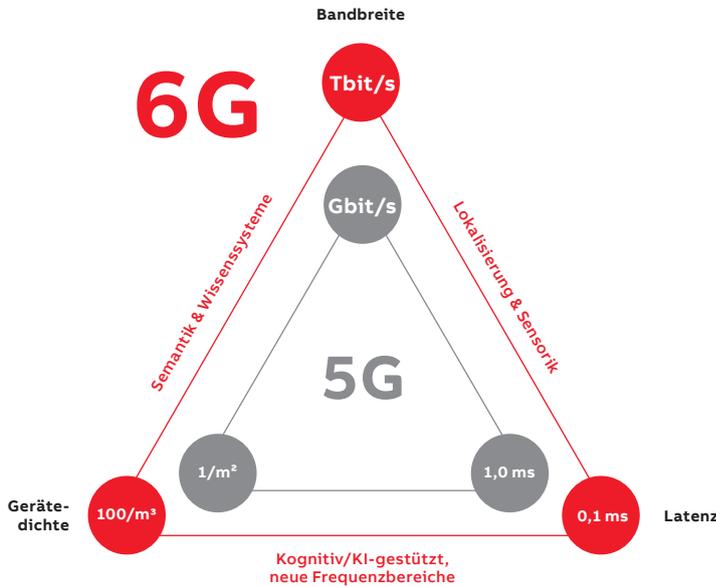
Technisch zielt 6G darauf ab, das Versprechen von 5G fortzuführen und zu skalieren: Integration von (Echtzeit-)Kommunikation und (Edge-) Computing; virtualisierte, softwaredefinierte Vernetzung; Netzwerk-Sharing zwischen Betreibern und Nutzern; Integration von drahtlosen und (externen) drahtgebundenen Netzwerken; Lokalisierung und Maschine-zu-Maschine-Kommuni-

6G soll verwertbares Wissen statt einfacher Datenübertragung bieten.

kation. Darüber hinaus soll 6G die nicht-zellulare Kommunikation unterstützen und verwertbares Wissen statt einfacher Datenübertragung bieten.

6G zielt insbesondere darauf ab, die folgenden Technologien und Merkmale weiterzuentwickeln und das in →01 dargestellte „5G-Dreieck“ zu erweitern:

- Terahertz-Funk und neue Frequenzbereiche, was eine größere Bandbreite (100 Gbit/s bis 1 Tbit/s) und niedrige Latenzen (0,1 ms) ermöglicht
- Extrem hohe Zuverlässigkeit (noch zu quantifizieren)
- Ultrahohe Gerätedichte (100 pro m<sup>3</sup>)
- Hochauflösende Lokalisierung (10 cm im Innenbereich) und Sensorik
- KI-gestütztes Co-Design von Kommunikation und Datenverarbeitung
- Semantische Kommunikation und Wissens-



01

01 Evolution und Revolution des Mobilfunks mit 6G.

systeme, die Intelligenz und nicht nur Daten bereitstellen

- Nicht-zellulare Kommunikation (WiFi 6, Satelliten, funkrelektierende Oberflächen usw.)

6G befindet sich noch in der Konzeptionsphase, und man geht davon aus, dass im Jahr 2025 mit der Standardisierung begonnen werden kann. Eine kommerzielle Verfügbarkeit ist frühestens zum Ende des Jahrzehnts zu erwarten.

Sollte 6G in Zukunft „allgegenwärtig“ sein, könnte dies dabei helfen, den Trend der IT/OT-Konvergenz zu vollenden und Automatisierungs- und Telekommunikationsinfrastrukturen miteinander zu verschmelzen. Wie schon bei 5G ist es für ABB daher wichtig, den Fortschritt der 6G-Stan-

**Eine kommerzielle Verfügbarkeit ist frühestens zum Ende des Jahrzehnts zu erwarten.**

standardisierung genau zu verfolgen und strategische Partnerschaften zu pflegen. Wurde der Nutzen der Mobilfunktechnologie identifiziert, besteht der nächste Schritt darin, die Fähigkeiten und den Nutzen von 5G in Pilotanwendungen mit Kunden zu verifizieren. Dies muss der Ausgangspunkt für die kontinuierliche Integration von Mobilfunktechnologie – ganz gleich ob 5G oder 6G – in das Lösungsangebot von ABB sein. •

**ABONNEMENT**

**ABB Review abonnieren**  
Wenn Sie an einem kostenlosen Abonnement interessiert sind, wenden Sie sich bitte an die nächste ABB-Vertretung, oder bestellen Sie die Zeitschrift online unter [www.abb.com/abbreview](http://www.abb.com/abbreview).

Die ABB Review erscheint seit 1914; aktuell viermal pro Jahr in Englisch, Französisch, Deutsch, Spanisch und Chinesisch und wird kostenlos an Personen abgegeben, die an der Technologie und den Zielsetzungen von ABB interessiert sind.

**Bleiben Sie auf dem Laufenden ...**  
Haben Sie eine ABB Review verpasst? Melden Sie sich unter [abb.com/abbreview](http://abb.com/abbreview) für unseren E-Mail-Benachrichtigungsservice an und verpassen Sie nie wieder eine Ausgabe.



Nach der Anmeldung erhalten Sie per E-Mail einen Bestätigungslink, über den Sie Ihre Anmeldung bestätigen müssen.

**IMPRESSUM**

**Editorial Board**

**Bernhard Eschermann**  
Chief Technology Officer, ABB Process Automation

**Amina Hamidi**  
Global Product Group Manager, Division Measurement & Analytics, ABB Process Automation

**Daniel Smith**  
Head of Media Relations

**Adrienne Williams**  
Senior Sustainability Advisor

**Reiner Schönrock**  
Technology and Innovation

**Andreas Moglestue**  
Chief Editor, ABB Review  
[andreas.moglestue@ch.abb.com](mailto:andreas.moglestue@ch.abb.com)

**Herausgeber**  
Die ABB Review wird herausgegeben von ABB Switzerland Ltd.

ABB Ltd.  
ABB Review  
Affolternstrasse 44  
CH-8050 Zürich, Schweiz  
[abb.review@ch.abb.com](mailto:abb.review@ch.abb.com)

Der auszugsweise Nachdruck von Beiträgen ist bei vollständiger Quellenangabe gestattet. Ungekürzte Nachdrucke erfordern die schriftliche Zustimmung des Herausgebers.

Herausgeber und Copyright ©2022 ABB Ltd.  
Zürich, Schweiz

**Druck**

Vorarlberger  
Verlagsanstalt GmbH  
Dornbirn, Österreich

**Layout**

Publik. Agentur für Kommunikation GmbH  
Ludwigshafen  
Deutschland

**Satz**

Indicia Worldwide  
London, Großbritannien

**Übersetzung**

Thore Speck  
Flensburg, Deutschland

**Haftungsausschluss**

Die in dieser Publikation enthaltenen Informationen geben die Sicht der Autoren wieder und dienen ausschließlich zu Informationszwecken. Die wiedergegebenen Informationen können nicht Grundlage für eine praktische Nutzung derselben sein, da in jedem Fall eine professionelle Beratung zu empfehlen ist. Wir weisen darauf hin, dass eine technische oder professionelle Beratung vorliegend nicht beabsichtigt ist.

Die Unternehmen der ABB-Gruppe übernehmen weder ausdrücklich noch stillschweigend eine Haftung oder Garantie für die Inhalte oder die Richtigkeit der in dieser Publikation enthaltenen Informationen.

4/2022 ist die 899. Ausgabe der ABB Review.

ISSN: 1013-3119

[abb.com/abbreview](http://abb.com/abbreview)





01|2022

Technologie als Inspiration



02|2022

ABB Ability™

### Innovations-Highlights 2022

- 06 **Ausgewählte Innovationen in Kürze**
- 08 Maßgeschneiderte Lösung für mehr Effizienz in der Automatisierung
- 09 ACOPOS 6D läutet eine neue Ära der Produktivität ein
- 10 Halbleiterbasierter Leistungsschalter für hohe Ströme
- 11 Sicherer, schneller und einfacher – Kollaboration mit GoFa™ CRB 15000
- 12 Mehr Sicherheit für Bergbau-Förderanlagen
- 13 Autonomer und ferngesteuerter Schiffsbetrieb mit ABB Ability™ Marine Pilot
- 14 ABB Ability™ Genix Datalyzer™ für die kontinuierliche Emissionsüberwachung
- 15 Neue Möglichkeiten der Datennutzung für die Wasserwirtschaft
- 16 Die Zukunft der kundenspezifischen Fahrzeuglackierung
- 17 Effizientes Engineering von Leitsystemen
- 18 Kommunikativer Durchflussmesser
- 19 Golden-Batch-Analysen sichern höchste Qualität
- 20 Intelligente Alarmlisten
- 21 Energiespeichersystem für den Massentransport

### Inspirierte Lösungen

- 24 **Zur rechten Zeit**  
Time-Sensitive Networking aus der Sicht von ABB
- 30 **Vereinte Kräfte**  
Kombinierte Simulationen zur Lebensdauerabschätzung von Leistungsschalterkomponenten
- 36 **Energiesparen auf Knopfdruck**  
Bestimmung optimaler Energieeffizienzmaßnahmen
- 42 **Die Zukunft formen**  
Magnetische Formgedächtnislegierungen in einem Leitungsschutzschalter
- 48 **Eine helfende Hand**  
GoFa™ CRB 15000
- 54 **Mehr als Emissionsüberwachung**  
ABB Ability™ Genix Datalyzer™
- 62 **Alles im Fluss**  
Multiphysikalisches Modell für Wirbel-Durchflussmesser
- 68 **Einfach digital**  
Motorstarter einfach digitalisieren mit ABB Novolink™

### Buzzwords Entschlüsselt

- 74 **ABB Ability™**

### ABB Ability™

- 08 **ABB Ability™**  
Milliarden bessere Entscheidungen mit ABB Ability™
- 10 **Auf Zukunftskurs**  
Bessere Entscheidungen beim Schiffsbetrieb mit ABB Ability™ Marine Pilot
- 18 **Elektrisches Zugpferd**  
Bessere Entscheidungen bei der Elektrifizierung von Schiffen
- 24 **Insiderwissen**  
Bessere Entscheidungen für smarte Gebäude
- 28 **Optimiertes Wassermanagement**  
Ein Expertensystem ebnet den Weg zu besseren Entscheidungen
- 32 **Zementierung der Edge**  
Bessere Entscheidungen bei der Vorhersage der Zementfestigkeit
- 38 **Jetzt digitalisieren**  
Bessere Entscheidungen beim Umstieg auf digitale Schaltanlagen
- 44 **Mit Sicherheit**  
Bessere Entscheidungen beim Transport von Bergleuten und Material
- 50 **Asset Performance Management**  
Bessere Entscheidungen mit der ABB Ability™ Genix APM Suite
- 56 **Batterieproduktion der Zukunft**  
Bessere Entscheidungen bei der Automatisierung für die E-Mobilität
- 62 **Smartes Energiemanagement**  
Bessere Entscheidungen mit ABB Ability™ Energy Manager
- 66 **Klar Schiff**  
Bessere Entscheidungen mit OCTOPUS
- 69 **Integrierte Infrastrukturen**  
Bessere Entscheidungen für Smart Cities

### 70 Effiziente Rechner

- Bessere Entscheidungen für energieeffizientere Rechenzentren
- 71 **Geniales Gebäude**  
Auf dem Weg zur Energie-neutralität

### Starke Verbindungen

- 74 **Die richtige Verbindung**  
Lug Link sichert erfolgreiches Generatorenprojekt
- 75 **Wie angegossen**  
Schnell installierbare Schaltanlagen
- 76 **Sicheres Arbeiten mit Maschinen**  
Sicherheit und Produktivität mit SPS und Antrieben von ABB

### Buzzwords entschlüsselt

- 82 **Zirkularität**



03|2022

## Bessere Entscheidungen

### Bessere Entscheidungen

- 08 **RobotStudio® AR Viewer App**  
Augmented Reality zur Planung von Roboterinstallationen
- 12 **Bestens informiert**  
Intelligente Alarmlisten
- 18 **Zuverlässige Hilfe**  
Augmented Operator sorgt für Effizienz und Konsistenz
- 24 **Das Bausteinprinzip**  
Pilotanlagen für die modulare Prozessautomation

### Energie

- 34 **Qualitätssicherung**  
Power Quality für die Lebensmittel- und Getränkeproduktion
- 40 **Effizienz von Rechenzentren**  
Auf die Messgenauigkeit kommt es an
- 46 **Bessere Entscheidungsfindung**  
Digitale Lösungen für rotierende elektrische Maschinen
- 52 **Tiefbohrer**  
Automatisierte Meeresboden-Bohrtechnik für extreme Bedingungen

### Transportwesen

- 60 **Verschleißspuren**  
Untersuchung der Radabnutzung bei Eisenbahnen
- 66 **Volle Ladung**  
Auf dem Weg zu einem neuen Ladeerlebnis
- 70 **Gute Fahrt!**  
ABB-Technologien lassen Schiffe nie allein

### Buzzwords entschlüsselt

- 74 **Edge- vs. Cloud-Computing**



04|2022

## Verbindungen

### Versorgung & Schutz

- 08 **Bescheinigte Nachhaltigkeit**  
ABB-Produkte erhalten PEP ecopassport®
- 14 **Der erste einer Art**  
SACE Infnitus für die Stromverteilung der Zukunft
- 20 **Dichtungen für die Zukunft**  
Das Dichtungssystem des Azipod®-Antriebs unter der Lupe
- 28 **Temperaturen im Blick**  
Intelligentes Temperaturüberwachungsrelais

### Lebensmittel & Getränke

- 36 **Die Energie-Diät**  
Intelligente Verbrauchsmessung und Überwachung
- 42 **Auf der sicheren Seite**  
Intelligente Sicherheit für die Lebensmittel- und Getränkeindustrie

### Wasserstoff

- 48 **Dekarbonisierung der Zukunft**  
ABB-Lösungen zur Optimierung von Wasserstoffanwendungen
- 54 **Ein besonderes Molekül**  
Sensortechnologien für die H<sub>2</sub>-Wertschöpfungskette
- 60 **Wasserstoffproduktion**  
Moderne Stromversorgungen für Elektrolyseure
- 64 **Das H<sub>2</sub>-Netzwerk**  
Herstellung von grünem Wasserstoff in den USA

### Lesertrends

- 66 **Ergebnisse der Leserumfrage 2022**

### Buzzwords entschlüsselt

- 68 **6G**



---

# Willkommen in der Kreislaufwirtschaft.

Die Ressourcen unseres Planeten sind begrenzt.  
Unser Potenzial ist es nicht.  
Sehen Sie warum unter [go.abb/progress](https://go.abb/progress)

**ABB**