

## Netzinfrastruktur

# SF<sub>6</sub>-freie gasisolierte Schaltanlagen

Am 11. März 2024 trat die aktualisierte F-Gase-Verordnung in Kraft. Zu diesem Thema richtete die FGH-Akademie vom 15. bis 16. Mai den Workshop »SF<sub>6</sub>-freie gasisolierte Schaltanlagen« aus. Hersteller SF<sub>6</sub>-freier gasisolierter Schaltanlagen sowie Netz- und Anlagenbetreiber stellten ihre Strategien sowie Erfahrungen beim Einsatz von alternativen Gasen in diesen Anlagen vor. Die Teilnehmenden konnten sich ein umfassendes Bild über Lösungen und Umsetzungen machen sowie wesentliche Aspekte diskutieren. Die Autoren fassen die wichtigsten Erkenntnisse des Workshops zusammen.

Am 11. März 2024 ist die überarbeitete EU-F-Gase-Verordnung 2024/573 [1] in Kraft getreten. Diese hat das Ziel, Treibhausgasemissionen zu vermeiden oder soweit möglich zu beschränken. Sie regelt unter anderem

- Verwendung, Rückgewinnung, Recycling, Aufarbeitung und Zerstörung von F-Gasen
- Produktion, Einfuhr und Ausfuhr, das Inverkehrbringen von F-Gasen oder (neu) die Inbetriebnahme von Einrichtungen
- Ausbildung und Zertifizierung.

Im Rahmen des Workshops wurden die Inhalte und Auswirkungen des Artikels 13 zur Inbetriebnahme neuer Schaltanlagen detailliert erläutert. In Abhängigkeit von der Spannungsebene sind in Artikel 13 (10) verschiedene Verbote beginnend ab dem 1. Januar 2026 festgelegt. Durch die Artikel 13 (11) bis 13 (13) werden aber Ausnahmen ermöglicht, wenn keine oder zu wenige Angebote vorliegen, die die Bedingungen nach Artikel 13 (10) erfüllen.

Das Umweltbundesamt (UBA) hat bereits eine erste FAQ zu Schaltanlagen mit fluorierten Treibhausgasen [2] veröffentlicht. Die wichtigsten Regelungen der neuen F-Gase-Verordnung für elektrische Schaltanlagen werden darin kurz vorgestellt. Allerdings sind aktuell noch viele Praxisfragen zur Umsetzung von Artikel 13 offen.

VDE FNN hat bereits im Frühjahr 2023 einen FNN-Hinweis zu SF<sub>6</sub>-freien Alternativen in der Energietechnik [3] veröffentlicht. Der Hinweis gibt einen Überblick über die verfügbaren SF<sub>6</sub>-freien Technologien und über sich bereits im Einsatz befindende Pilotanlagen. Er unterstützt Anwender bei der Einführung SF<sub>6</sub>-freier Schaltanlagen und Betriebsmittel.

### SF<sub>6</sub>-freie Schaltanlagen und Betriebsmittel – Lösungen von Herstellern (Fokus Mittelspannung)

In den vergangenen Jahren wurde von den Herstellern von Mittelspannungsschaltanlagen an verschiedenen, umweltschonenden Alternativen zu SF<sub>6</sub> gearbeitet:

- Feststoffisolierungen
- Fluornitrile (C4-FN) und Fluorketone (C5-FK)
- natürliche Gase (O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> und deren Gemische) gemäß IEC 62271-4:2022
- Luft.

Dabei ergaben sich dielektrische, thermische und mechanische Herausforderungen sowie Schwierigkeiten bei der Erkennung von Leckagen.

Basierend auf der finalen Fassung der EU-Verordnung, die nicht nur die Verwendung von SF<sub>6</sub>, sondern von F-Gasen verbietet (Mittelspannung) beziehungsweise einschränkt, ist eine deutliche Tendenz zur Verwendung verschiedener Arten von Gemischen aus trockener Luft und/oder natürlichen Gasen erkennbar. Fast alle anderen Entwicklungen wurden gestoppt.

SF<sub>6</sub> isoliert rund dreimal besser als trockene Luft. Um die kompakte Bauweise beizubehalten, werden daher in der Regel Designs mit höherem Druck verwendet. Ab 150 kPa (abs.) Fülldruck sind gemäß IEC-Standard Stückprüfungen erforderlich und es ergeben sich durch die Druckdifferenz zwischen Gasraum und Umgebungsluft mechanische Herausforderungen an die Kapselung, aber auch für die Antriebe der Leistungs-, Dreistellungs- und Erdungsschalter.

Die molekulare Masse von SF<sub>6</sub>, die fünfmal größer ist als die von Luft, erweist sich als deutlich überlegen in Bezug auf den Wärmetransport. Diese Lücke muss

durch Designoptimierungen geschlossen werden. Am effizientesten ist es, die Entstehung von Verlustwärme zu vermeiden. Falls dies nicht ausreichend gelingt, müssen zusätzliche Kühlmaßnahmen ergriffen werden.

Ein großer Vorteil der Alternativen ohne F-Gase sind die verringerten Aufwände am Ende der Lebensdauer. Das Gas kann einfach, gegebenenfalls gefiltert, in die Umgebungsluft entlassen werden und muss nicht aufwändig rückgewonnen und einer chemischen Wiederaufbereitung zugeführt werden.

Um den beschriebenen technischen Herausforderungen zu begegnen, haben die Hersteller viel Forschungs- und Entwicklungsarbeit geleistet – mit dem Ergebnis, dass fast alle bekannten Hersteller inzwischen Sekundär- und Primärschaltanlagen bis 24 kV, einige auch bis 40,5 kV, vorgestellt haben. Die Verfügbarkeit einzelner Feldvarianten oder -ratings kann jedoch noch begrenzt sein, wird aber in Zukunft vervollständigt.

### Siemens AG

Die gasisolierte Schaltanlage 8DJH 24 blue GIS verbindet höchste Effizienz mit hervorragender Umweltverträglichkeit. Die neue Ringkabelschaltanlage setzt auf das von der EU geforderte F-Gas-freie Isoliermedium Clean Air und erfüllt alle Anforderungen an Funktionalität, Personensicherheit, Gesundheits- und Umweltschutz, Langlebigkeit, Wartungsfreiheit, kompakte Größe, Wiederverwertbarkeit und Wirtschaftlichkeit über den gesamten Lebenszyklus hinweg. Sie steht den Kunden damit bereits zwei Jahre vor dem EU-Verbots-Datum zur Verfügung.

Der Siemens Blue Switch ist ein Dreistellungs-Lasttrennschalter kombiniert mit bewährter Vakuumtechnologie. Der Löschvorgang des Ausschaltlichtbogens erfolgt durch eine im Nebenstrompfad

Quelle: Siemens AG



Bild 1. Die Serienfertigung der Schaltanlagen 8DJH24 in Clean Air für die sekundäre Netzebene hat bereits begonnen.

angeordnete Vakuumröhre, die speziell für diese Schaltaufgabe entwickelt wurde. Zum Schutz der Transformatoren vor Überlast oder Kurzschlussströmen kommt der Siemens Blue Switch in Kombination mit HH-Sicherungen zum Einsatz.

Aufgrund fast gleicher Dimensionen und gleicher Bedienphilosophie wie im bisherigen Portfolio sind die Anlagen einfach in bestehende Betriebskonzepte integrierbar.

Das blue-GIS-Portfolio von Siemens ist bereits in Serienproduktion für alle Spannungsebenen  $\leq 24$  kV für die primäre und sekundäre Verteilenebene (8DJH 24, 8DAB 24, NXPLUS C 24) sowie in großer Breite in vielen europäischen Ländern im Einsatz. Um die steigende Nachfrage an F-Gas-freien Schaltanlagen bedienen zu können, wird das Schaltanlagenwerk Frankfurt am Main aktuell erweitert. Portfolioergänzungen für einzelne Funktionen bis hin zu den höheren Spannungsebenen werden kontinuierlich vorangetrieben (Bild 1).

**Schneider Electric**

Stellvertretend für die neuesten technischen Entwicklungen moderner und klimaneutraler Mittelspannungsschaltanlagen steht die Ringkabelschaltanlage RM AirSeT von Schneider Electric (Bild 2).

Mit der GM AirSeT sowie der GM AirSeT Performance sind bereits erste primäre SF<sub>6</sub>-freie Schaltanlagen verfügbar und das Portfolio wird kontinuierlich ausgebaut. Schon heute sind SF<sub>6</sub>-freie Mittelspannungsschaltanlagen von Schneider Electric in Ortsnetzstationen in Deutschland und in der Schweiz im Einsatz – im Schwarzwald wird sogar ein ganzes Umspannwerk mit dieser Technologie betrieben.

Am Beispiel der AirSeT-Baureihe lassen sich die Vorteile einer modernen, klimaneutralen Schaltanlagentechnologie gut illustrieren:

- umweltschonend, da SF<sub>6</sub>-frei; nur komprimierte reine Luft wird eingesetzt
- keine toxischen Nebenprodukte beim Schalten, dadurch Sicherheit für den Menschen
- einfacher Betrieb, kein Umlernen von Schaltfolgen erforderlich
- dieselben oder ähnliche Abmessungen wie bei SF<sub>6</sub>-Lösungen
- keine Gasrückgewinnung am Ende der Lebensdauer notwendig
- lange Lebensdauer unter normalen Betriebsbedingungen.

Quelle: Schneider Electric



Bild 2. RM AirSeT Ringkabelschaltanlage von Schneider Electric

Quelle: ABB



Bild 3. PrimeGear ZX2 von ABB

**ABB**

ABB ergänzt seine bewährte ZX-Produktfamilie um PrimeGear. Die neuen Designs basieren auf F-Gas-freien Isoliergasen natürlichen Ursprungs. Dabei ist PrimeGear ZX0 ein sehr kompaktes dreiphasig gekapseltes Schaltanlagendesign mit feststoffisolierter Sammelschiene für Anwendungen mit begrenztem Platzbedarf, wie Windenergieanlagen oder mobile Umspannwerke. PrimeGear ZX2 ist ein anwenderfreundliches dreiphasig gekapseltes Schaltanlagendesign mit gasisolierter Sammelschiene für Anwendungen mit hohen Anforderungen an Sicherheit und Verfügbarkeit (**Bild 3**).

**Nuventura**

Die Nuventura GmbH hat sich seit Firmengründung im Jahr 2017 auf den Ersatz von SF<sub>6</sub> in Mittelspannungsschaltanlagen fokussiert. Die Mittelspannungsschaltanlage »nu1« ist in zwei Varianten (24 kV, 36 kV) bis zu 1.250 A verfügbar, eine 2.000-A-Variante befindet sich in der Typprüfung und wird Anfang 2025 zur Verfügung stehen. Die Anlage nutzt trockene Luft als Isoliergas und bietet kompakte Abmessungen, eine feststoffisolierte Sammelschiene und verschiedene Optionen hinsichtlich Konfiguration. Sie wird seit 2021 weltweit ausgeliefert und ist bereits in verschiedenen Ländern sowohl im primären Energieverteilungssystem als auch in Industrie- und Spezialanwendungen im Einsatz (**Bild 4**).

Technische Alternativen zu SF<sub>6</sub> sind also heute schon verfügbar. Allerdings ist ein erhöhter Materialeinsatz für den Ausgleich der geringeren dielektrischen und thermischen Leistungsfähigkeit notwendig, der in erhöhten Preisen resultiert.

### SF<sub>6</sub>-freie Schaltanlagen und Betriebsmittel – Lösungen von Herstellern (Fokus Hochspannung)

**Siemens Energy**

Seit 2010 sind im Bereich Hochspannung erste Produkte in Europa erfolgreich im Einsatz, die gänzlich ohne Fluoranteile wie SF<sub>6</sub> oder PFAS-F-Gase wie C4-FN oder C5-FK auskommen. In Deutschland sind solche 110-kV-Schaltanlagen seit 2018 im Betrieb [4]. Als Isoliermedium kommt ein Treibhausgas-freies Gemisch aus Gasen natürlichen Ursprungs zur Anwendung. Clean Air, also trockene synthetische Luft bestehend aus 80 % Stickstoff und 20 % Sauerstoff, ist gänzlich umweltverträglich, kann neu eingeatmet und daher aus dem Normalbetrieb bedenkenlos über einen Filter an die Umwelt abgegeben werden. Clean Air als

Isoliergas in Kombination mit der seit mehr als 40 Jahren bewährten Vakuumschalttechnik mit GWP = 0 bedeutet null Treibhausgasemissionen im Betrieb und ist für die anvisierte klimaneutrale Zukunft und Kreislaufwirtschaft zur Minimierung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks unerlässlich. Vor dem Hintergrund der verabschiedeten EU-F-Gase-Verordnung und dem Vorschlag zur Einschränkung der Nutzung von PFAS ist Clean Air außerdem in Europa und weltweit zukunftsicher. Clean Air ist von verschiedenen Gasherstellern aus Europa und weltweit beziehbar und wird auch von anderen Geräteherstellern als SF<sub>6</sub>-Alternative verwendet. Das F-Gas-freie Portfolio bei Siemens Energy umfasst bereits AIS- und GIS-Produkte im Bereich 72,5 kV und 145 kV. Darüber hinaus sind gasisolierte Ausleitungen (GIB) bei 420 kV bereits erfolgreich im Betrieb. Die Clean-Air-Portfoliolücken für den europäischen Markt werden bis 2028 geschlossen. Weitere Informationen zum aktuellen Entwicklungs- und Erfahrungsstand sind auf der Unternehmenswebseite verfügbar [5] (**Bild 5**).

**Hitachi Energy**

Die EconiQ-Hochspannungsprodukte von Hitachi Energy liefern einen wichtigen Beitrag für eine nachhaltige Zukunft.

Die Dringlichkeit der Technologietransformation hin zu SF<sub>6</sub>-freien Alternativen ist gegeben durch die notwendige Verstärkung der Verteil- und Übertragungsnetze sowie durch die Einschränkungen für die Verwendung von SF<sub>6</sub> im Rahmen der EU-F-Gase-Verordnung.

Innerhalb der EconiQ-Hochspannungsschaltgeräte besticht die Funktionalität aus der etablierten SF<sub>6</sub>-Technologie zusammen mit den grundlegenden Vorteilen der Gas-isolierten HV-Schalter-Technologie. Dies sind hierbei:

- Zuverlässigkeit und Skalierbarkeit von der Hoch- in die Höchstspannungsebene durch die Weiterentwicklung der etablierten Gasleistungsschaltechnologie zur Verwendung des SF<sub>6</sub>-freien Gases.
- Kompaktheit. Bei GIS-Anlagen überzeugt diese sowohl durch die technologiebedingten guten Resultate der Lebenszyklus-Analyse (LCA) als auch im Einsatz bei ressourcenschonenden On- und Offshore-Anlagen.

Am 11. Juni 2024 konnte die weltweit erste SF<sub>6</sub>-freie 420-kV-GIS-Anlage symbolisch an Tennet übergeben werden (**Bild 6**). Dies stellt ein Meilenstein in der SF<sub>6</sub>-freien EconiQ-Technologie dar.

**GE Vernova**

Auf Basis der 2014 von GE Vernova auf der Cigre vorgestellten Lösung eines Gemischs aus C4-FN und natürlichen Gasen wurden SF<sub>6</sub>-freie Produkte entwickelt, die bei gleichen Abmessungen und gleichen elektrischen Kennwerten eine Reduktion des GWP des eingesetzten Gases um rund 99 % sicherstellen. Dabei ist die volle Skalierbarkeit der Lösung über den gesamten Spannungs- und Strombereich in der Hochspannung mit einem unveränderten Betriebskonzept gegeben.

Die ersten Produkte sind bereits seit 2017 im 420-kV-Netz erfolgreich im Einsatz. Die daraus resultierenden umfangreichen Betriebserfahrungen und die Verfügbarkeit der notwendigen Geräte zum Gashandling, der Diagnose und des Betriebs bestätigen das Konzept, die Zuverlässigkeit und die breite Anwendbarkeit. Eine Reihe von Herstellern in Europa und weltweit haben ebenfalls Produkte mit diesem Gasgemisch entwickelt, die heute verfügbar sind.

Die heute bei GE Vernova zur Verfügung stehenden Produkte für gasisolierte Schaltanlagen im Bereich zwischen 72,5 kV und 420 kV, die nach EcoDesign-Richtlinien entwickelt wurden und für die ausgezeichnete Ergebnisse bei Life-Cycle-Analysen (LCA) vorliegen, sind erfolgreich am Markt eingeführt.

### Einsatz von alternativen Gasen – Strategien und Erfahrungsberichte von Netz- und Anlagenbetreibern

**Transnet BW**

Die am 11. März 2024 in Kraft getretene F-Gase-Verordnung [1] zeichnet schrittweise den Weg zum SF<sub>6</sub>-Ausstieg. Es besteht nun Klarheit, welche SF<sub>6</sub>-Alternativen erlaubt sind, und welche davon nur ausnahmsweise verwendet werden dürfen. TransnetBW sucht seit Jahren nach SF<sub>6</sub>-Alternativen, und die ersten klimaschonenden Anlagen sind bereits in Betrieb [7]. Von Anfang an wurden Alternativtechnologien bevorzugt, die ein GWP <1 aufweisen. Darüber hinaus sieht die Strategie der TransnetBW nun vor, dass ausschließlich Gase natürlichen Ursprungs als SF<sub>6</sub>-Alternativen eingesetzt werden dürfen (**Bild 7**).

**Currenta**

Currenta als Betreiber des Chempark (Standorte Leverkusen, Dormagen, Krefeld-Uerdingen) hat das Ziel, einen nachhaltigen Chemiepark zu betreiben. Dies wird mit einem Netzausbau einhergehen. Zusammen mit dem anstehenden



Quelle: Nuventura

Bild 4. Mittelspannungsschaltanlage nu1 von Nuventura für die Primärverteilung



Quelle: Siemens Energy

Bild 5. Beispielinstallation einer Blue Clean Air GIS bei 145 kV [6]



Quelle: Hitachi Energy

Bild 6. Hochspannungsschaltanlage EconiQ ELK-3 420 kV von Hitachi Energy

Verbot von neuen SF<sub>6</sub>-Schaltanlagen wird der Bedarf für Alternativgasanlagen mit den gegebenen hohen Anforderungen an Kurzschlussleistung und Verfügbarkeit (Primärverteilung, Doppelsammelschiene, Kurzschlussströme bis 40 kA) künftig zunehmen. Eine ausreichende Marktverfügbarkeit von 36-kV-Anlagen ist aus Sicht von Currenta bisher noch nicht gegeben.

#### RNG

Die Rheinische Netzgesellschaft mbH (RNG) ist ein Verteilnetzbetreiber in der rheinischen Region und betreibt zum Beispiel in der Stadt Köln das Hoch-, Mittel- und Niederspannungsnetz. Im Werterahmen des Assetmanagements der RNG ist der Umweltschutz eine wesentliche Zielgröße. RNG hat sich daher schon vor vier Jahren entschieden, künftig keine neuen SF<sub>6</sub>-Schaltanlagen zu vergeben. Dieser Entscheidung gingen eine ausführliche Analyse beziehungs-

weise Pilotprojekte im Netz voraus. Die Betriebserfahrungen mit den ersten SF<sub>6</sub>-freien Leistungsschalteranlagen sind durchweg positiv.

#### Westnetz GmbH

Die Westnetz GmbH hat sich als großer Flächenverteilnetzbetreiber bereits seit geraumer Zeit intensiv mit der Pilotierung neuer SF<sub>6</sub>-freier Produkte in Mittel- und Hochspannungsnetzen beschäftigt. Im Rahmen der Pilotprojekte, die gemeinsam mit den Technologieherstellern in der realistischen Umgebung der Netze durchgeführt wurden, konnten so wichtige Informationen für Transport-, Installations- und erste Betriebsphasen gewonnen werden. So wurden beispielsweise durch den Einsatz neuartiger Diagnose- und Analyseverfahren das Verhalten der neuartigen Isoliergase im Betrieb untersucht. Auch die dielektrische und thermische Performance der neuen Produkte wurden zum Beispiel

durch Monitoringsysteme und begleitende Untersuchungen intensiv geprüft.

#### DB Energie GmbH

Die DB Energie GmbH, Netzbetreiber der Deutschen Bahn, betreibt bundesweit Netze in allen Spannungs- und Frequenzebenen und ist somit durch die F-Gase-Verordnung in vielen Bereichen besonders betroffen.

Während im 50-Hz-Bereich auf eine breite Auswahl an Komponenten zurückgegriffen werden kann, gibt es aktuell für den Einsatz im 110-kV/16,7-Hz-Netz noch kein zugelassenes Produkt.

Aktuell entwickelt die DB Energie gemeinsam mit anderen Eisenbahninfrastrukturunternehmen, der Schweizer Bundesbahn und der Österreichischen Bundesbahn, mit dem Hersteller Siemens Energy einen Leistungsschalter für den Einsatz im 110-kV/16,7-Hz-Netz. Eine Pilotanlage in Dead-Tank-Ausführung soll im Sommer 2025 im Umspannwerk Aschaffenburg in Betrieb gehen und unter Realbedingungen getestet werden. Mit der Betriebserprobung der Pilotanlage und der anschließenden Zulassung des Produkts wäre ein wichtiger Meilenstein für die DB Energie in Richtung SF<sub>6</sub>-Freiheit erreicht.

#### BWE

Als Verband der Erneuerbare-Energien-Branche (EE-Branche) unterstützt der BWE das Bestreben, vollständig treibhausgasneutral zu werden. Dabei müssen auch die einzelnen Komponenten einer Windenergieanlage (WEA) und des Netzanschlusses berücksichtigt werden – vor allem angesichts der drei- bis vierfach höheren Ausbauzahlen und der damit verbundenen Potenzierung elektrischer Betriebsmittel. Eine besondere Herausforderung sind kompakte, SF<sub>6</sub>-freie Mittelspannungsschaltanlagen, die für den WEA-Turmfuß noch nicht überall verfügbar sind. Für 12 kV und 24 kV gibt es jedoch bereits erste SF<sub>6</sub>-freie Projekte, und die WEA-Hersteller berichten von einem wachsenden Angebot im laufenden Jahr. Die neuesten Produktvorstellungen zeigen, dass passende Lösungen bald verfügbar sein werden.

#### Exkurs PFAS-Regulierung

Der EU-PFAS-Beschränkungs-vorschlag fordert ein Verbot von bis zu 15 000 Fluor-Kohlenstoff-Verbindungen. Die Medien konzentrieren sich auf Konsumgüter, zum Beispiel Lebensmittelverpackungen, Kosmetik, Textilien oder Skiwachs. Aufgrund der einzigartigen

Quelle: TransnetBW

		Zeitraum 2023 - 2026	Zeitraum 2027 - 2030	Ab 2031
110 kV Netz	AIS-Messwandler und AIS-Leitungsschalter			
	GIS			
380 kV Netz	AIS-Messwandler und gasisolierte Leitungen			
	GIS und AIS-Leistungsschalter			
Projekte in der Ausführungsphase Bestandsanlagen		Nicht von der Strategie betroffen		

■ standardmäßiger Einsatz von Betriebsmitteln mit halogenfreien SF<sub>6</sub>-Alternativen
 ■ Erprobung von halogenfreien SF<sub>6</sub>-Alternativen im Rahmen von Pilotprojekten

Bild 7. TransnetBW-Strategie zum SF<sub>6</sub>-Ausstieg

Eigenschaften sind PFAS jedoch in technischen Produkten oft entscheidend, zum Beispiel bei Halbleitern, Dichtungen, Displays oder Batterien. Auch in den Bereichen E-Mobilität, Wasserstoffzeugung, Wärmepumpen und Stromübertragungsnetze werden PFAS benötigt. Im Konsultationsverfahren der ECHA gab es rund 5 600 Eingaben, die nun sektorenweise bewertet werden. Positionspapire fordern die Politik zu Augenmaß auf, vor allem um die klimapolitischen Ziele nicht zu gefährden und den Wirtschaftsstandort Europa zu sichern. Ein differenzierter Ansatz wäre notwendig, der Konsumgüter und Industriegüter getrennt bewertet.

### Erkenntnisse aus der Abschlussdiskussion und Ausblick

Ein wesentlicher Diskussionspunkt bei der Veranstaltung war die Frage der Definition des Begriffs »Putting into Operation« aus der EU-Verordnung. Verschiedene Definitionen wurden debattiert, vor allem vor dem Hintergrund der langen Laufzeiten zwischen Planung, Bestellung und vollständiger Inbetriebnahme einer Anlage. Zu intensiven Diskussionen führte auch der Vortrag zur PFAS-Thematik, die sicherlich in den nächsten Jahren eine wichtige Rolle für alle Marktpartner spielen wird. Diese Aspekte sowie die Weiterentwicklung der Produktportfolios der Hersteller und zusätzliche Erfahrungen der Netz- und Anlagenbetreiber beim Einsatz alternativer Gase in gasisolierten Schaltanlagen bieten genügend Themen für den auch im kommenden Jahr wieder angebotenen FGH-Workshop »SF<sub>6</sub>-freie gasisolierte Schaltanlagen«. Nähere Informationen dazu finden Sie in Kürze auf der

FGH-Website unter [www.fgh-ma.de/de/themen-expertise/akademie/veranstaltungsuebersicht](http://www.fgh-ma.de/de/themen-expertise/akademie/veranstaltungsuebersicht).

### Literatur

- [1] Verordnung (EU) 2024/573 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 7. Februar 2024 über fluorierte Treibhausgase, zur Änderung der Richtlinie (EU) 2019/1937 und zur Aufhebung der Verordnung (EU) Nr. 517/2014. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=OJ:L\\_202400573](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=OJ:L_202400573)
- [2] UBA-Leitfaden zur F-Gase Verordnung
- [3] FNN-Hinweis SF<sub>6</sub>-freie Alternativen in der Energietechnik
- [4] Engel, M. et al: Inbetriebnahme und Betriebserfahrung mit der ersten Schaltanlage ihrer Art, die digitale und treibhausgasfreie Komponenten für die Stromübertragung integriert. Stuttgarter Hochspannungssymposium, 11 bis 12 Juni 2024.
- [5] [www.siemens-energy.com/global/en/home/products-services/product-offerings/blue-high-voltage-products](http://www.siemens-energy.com/global/en/home/products-services/product-offerings/blue-high-voltage-products)
- [6] Averkamp, S.; Herzog, B.: Die erste 145-kV-Blue-GIS in der Schweiz. Bulletin Electrosuisse 5/2024
- [7] Badicu, L.V.; Wenger, P.; Kuznetsova, G.; Suttner, C.; Christian, J.; Jauch, B.: Strategy to select SF<sub>6</sub>-alternatives and to introduce new technology equipment in the transmission grid of TransnetBW. Paper 121, Cigre B3/A3 Colloquium 2023, Birmingham.

- >> **Thoralf Bohn**, VDE e.V., Forum Netztechnik/Netzbetrieb (FNN), Berlin
- Thomas Dürr**, Siemens AG, Erlangen
- Dr. Klaus Wersching**, Schneider Electric GmbH, Seligenstadt
- Christiane Müller**, ABB AG, Ratingen

- Gregor Stöcker**, Nuventura GmbH, Berlin
- Dr.-Ing. Mark Kuschel**, Siemens Energy Global GmbH & Co. KG, Berlin
- Dr.-Ing. René Kallweit**, Hitachi Energy Switzerland Ltd, Zürich
- Holger Brückner**, GE Grid GmbH, Berlin
- Dr.-Ing. Laurentiu-Viorel Badicu**, TransnetBW, Stuttgart
- Dr.-Ing. Christian Schröders**, CURRENTA GmbH & Co. OHG, Dormagen
- Martin Knapp**, Rheinische NETZGesellschaft mbH, Köln
- Bastian Wölke**, Westnetz GmbH, Wesel
- Kevin Hamann**, Bundesverband WindEnergie e. V.
- Dr.-Ing. Maik Hyrenbach**, ABB AG, Ratingen
- Dr.-Ing. Ulrich Groß**, Rheinische NETZGesellschaft mbH, Köln
- Andrea Schröder**, FGH e.V., Mannheim

- >> [thoralf.bohn@vde.com](mailto:thoralf.bohn@vde.com)
- [thomas.duerr@siemens.com](mailto:thomas.duerr@siemens.com)
- [klaus.wersching@se.com](mailto:klaus.wersching@se.com)
- [christiane.mueller@de.abb.com](mailto:christiane.mueller@de.abb.com)
- [gregor.stoecker@nuventura.com](mailto:gregor.stoecker@nuventura.com)
- [mark.kuschel@siemens-energy.com](mailto:mark.kuschel@siemens-energy.com)
- [rene.kallweit@hitachienergy.com](mailto:rene.kallweit@hitachienergy.com)
- [holger.brueckner@ge.com](mailto:holger.brueckner@ge.com)
- [l.badicu@transnetbw.de](mailto:l.badicu@transnetbw.de)
- [christian.schroeders@currenta.de](mailto:christian.schroeders@currenta.de)
- [m.knapp@rng.de](mailto:m.knapp@rng.de)
- [bastian.woelke@westnetz.de](mailto:bastian.woelke@westnetz.de)
- [k.hamann@wind-energie.de](mailto:k.hamann@wind-energie.de)
- [maik.hyrenbach@de.abb.com](mailto:maik.hyrenbach@de.abb.com)
- [u.gross@rng.de](mailto:u.gross@rng.de)
- [andrea.schroeder@fgh-ma.de](mailto:andrea.schroeder@fgh-ma.de)

- >> [www.fgh-ma.de](http://www.fgh-ma.de)