

Roadmap zur
**Reduktion der
SF₆-Emissionen
aus Schaltanlagen
und -geräten**



Inhalt

Kernbotschaften der ZVEI-Roadmap.....	1
1. Hintergrund und Vorgehen	1
2. Maßnahmen zur Reduktion der SF ₆ -Emissionen	3
3. SF ₆ -Alternativen und Zeitpläne	6
4. Emissionsreduktionsziele	7
5. Fazit	7

Kernbotschaften der ZVEI-Roadmap

- Kurz- und mittelfristig stellt der Austausch von Schaltanlagen und -geräten der ersten und ggf. zweiten Generation gegen Schaltanlagen und -geräte der neuesten Generation ein erhebliches SF₆-Emissionsreduktionspotential dar.
- Bei allen Betriebsmitteln in Übertragungs- und Verteilnetzen sollte grundsätzlich darauf geachtet werden, dass sie nicht über die in der Stromnetzentgeltverordnung (StromNEV) definierten betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauer betrieben werden.
- Die Schaffung von zielgerichteten Anreizsystemen könnte die Einführung von SF₆-freien Alternativen fördern und stärken.
- Die Verwendung von SF₆ muss über das Jahr 2030 hinaus zulässig bleiben.
- Nach Auffassung des ZVEI können die zulässigen Gesamtemissionen gemäß der freiwilligen Selbstverpflichtung (17 t p.a. für 2020) im Hinblick auf 2030 halbiert werden.

1. Hintergrund und Vorgehen

Schwefelhexafluorid (SF₆) ist ein Gas, das seit ca. 1960 in verschiedenen Anwendungen in elektrischen Betriebsmitteln der Energieübertragung und -verteilung im Spannungsbereich >1 kV aufgrund seiner besonderen physikalischen Eigenschaften zum Schalten und Isolieren verwendet wird. SF₆ ist ein inertes, nicht brennbares, ungiftiges, ozonunschädliches Isoliermedium mit hohem Treibhauspotential. Es ist heute in einigen Anwendungsfeldern, so auch in Schaltanlagen und -geräten, noch nicht gleichwertig zu ersetzen.

Die Mitgliedsunternehmen des ZVEI arbeiten intensiv an der weiteren Reduzierung der SF₆-Emissionen für sämtliche Anwendungsbereiche der Energieübertragung und -verteilung sowie an der Erforschung und Entwicklung von SF₆-Alternativen in elektrischen

Betriebsmitteln >1 kV. Als eine Konsequenz daraus wurde die vorliegende Roadmap erstellt. Sie stellt insbesondere Maßnahmen dar, die zu einer signifikanten Reduktion der SF₆-Emissionen im Zusammenhang mit elektrischen Betriebsmitteln >1 kV beitragen.

Geeignete Maßnahmen zur Reduktion von Emissionen und weitere Reduktionspotentiale sind teils recht unterschiedlich für die Mittel- und Hochspannung. Es bestehen systembedingte Unterschiede, die zu unterschiedlichen Emissionsraten führen können. Bei der Annahme einer vergleichbaren gesamt installierten Menge an SF₆ in der Mittel- und Hochspannung in Deutschland ist die Menge in der Mittelspannung auf viele einzelne Anlagen mit jeweils geringer Füllmenge verteilt. Schaltanlagen und -geräte in der Mittelspannung sind als hermetisch abgeschlossene, wartungsfreie Drucksysteme konzipiert, während sie in der Hochspannung als geschlossene Drucksysteme ausgeführt sind. Schaltanlagen und -geräte der ersten Generation sind teilweise noch als gesteuerte Drucksysteme vorhanden.

In einem ersten Schritt könnten nachstehende Maßnahmen in eine Erweiterung der freiwilligen deutschen Selbstverpflichtung der Verbände BDEW - Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V., VIK - Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e. V. und ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V. aus dem Jahr 2005 aufgenommen werden.

In einem zweiten Schritt könnten die Mitgliedsländer der Europäischen Union (EU) ähnliche freiwillige Selbstverpflichtungen implementieren. Freiwillige Vereinbarungen werden auch in anderen Bereichen von der EU als neuartiger Weg zur Konkretisierung von produktspezifischen bzw. technischen Anforderungen begrüßt (Artikel 17 der Ökodesignrichtlinie 2009/125/RG¹). Im Ergebnis könnten signifikante Verringerungen der SF₆-Emissionen erreicht werden, wie z.B. die Selbstverpflichtungen nicht nur in Deutschland, sondern auch in der Schweiz und Norwegen zeigen.

¹ Ökodesignrichtlinie: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:285:0010:0035:de:PDF>

2. Maßnahmen zur Reduktion der SF₆-Emissionen

Die Erweiterung der Maßnahmen aus der freiwilligen Selbstverpflichtung aus dem Jahr 2005 (Ziele wurden in 2005 bis zum Jahr 2020 festgelegt) muss den Fokus auf die zeitnahe Reduktion der Treibhausgasemissionen legen.

Neben den direkten Emissionen von SF₆ sind für die Treibhausgasemissionen in der Energieversorgung auch solche aus Anlagenbau, -installation und -entsorgung, der Energieerzeugung, sowie dem Betrieb des Stromnetzes zu betrachten. Konventionelle Alternativen zu SF₆, wie z.B. luftisolierte Anlagen, zeigen wegen des höheren Materialeinsatzes oft sogar ein höheres CO₂e² als eine kompakte SF₆-Anlage. Auch der erhöhte Flächenbedarf trägt hier weiter dazu bei^{3 4}.

Die Reduzierung des Treibhausgaseffekts im Zusammenhang mit dem SF₆-Einsatz in Schaltanlagen und -geräten kann grundsätzlich in 2 Schritten erfolgen. Kurzfristig durch einen Austausch von Schaltanlagen und -geräten der ersten und ggf. zweiten Generation gegen Schaltanlagen und -geräte der neuesten Generation mit praktisch nicht messbaren Emissionen, wobei es unerheblich ist, ob diese mit SF₆ oder Alternativgasen gefüllt sind, und mittelfristig durch die Verwendung von SF₆-Alternativgasen mit einem niedrigeren GWP⁵.

Zu unterscheiden sind dabei grundsätzlich Betriebsmittel in der Mittelspannung (Spannungsebenen von >1 kV bis 52 kV) und in der Hochspannung (>52 kV). Besonderes Potential für Maßnahmen zur Emissionsreduktion besteht durch den Austausch von Altanlagen in der Hochspannung, die weit höhere Emissionen von SF₆ aufweisen können als moderne Hochspannungsanlagen.

Bei allen Betriebsmitteln in Übertragungs- und Verteilnetzen sollte grundsätzlich darauf geachtet werden, dass sie nicht über die in der Stromnetzentgeltverordnung⁶ (Strom-NEV) definierten betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauer betrieben werden. In der Hochspannung wird hier von einer betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauer von 35-45 Jahren und in der Mittelspannung von 30-40 Jahren ausgegangen.

² CO₂e: CO₂-Äquivalent

³ Solvay Management Support: SF₆-GIS-Technologie in der Energieverteilung – Mittelspannung. Life Cycle Assessment study commissioned by ABB, AREVA T&D, EnBW Regional, e.on Hanse, RWE, Siemens and Solvay Fluor und Derivate. Solvay: Hannover/Germany
<http://www.tdeurope.eu/data/file/LCA-GIS-MV-Summary-1-2003.pdf>

⁴ Electrical Power Supply using SF₆ Technology – an Ecological Life Cycle Assessment; C3-102, CIGRE Session 2004

⁵ GWP: Global Warming Potential

⁶ Stromnetzentgeltverordnung: <http://www.gesetze-im-internet.de/stromnev/>

Um die SF₆-Emissionen wirkungsvoll zu reduzieren, schlägt der ZVEI folgende konkrete Maßnahmen vor:

1) Ersatz von Anlagen nach ihrer Emissionsrate in der Hochspannung

Um die größtmögliche Effizienz der Maßnahme zu gewährleisten, ist eine Katalogisierung der Hochspannungsanlagen notwendig. Im Rahmen dieser Aufarbeitung der Bestandsanlagen im Betrieb werden z.B. auf Basis der tatsächlichen jährlichen Emissionsrate die Altanlagen gelistet und in 4 Klassen eingeteilt

- gesteuerte Drucksysteme mit permanenten Nachfülleinrichtungen und geschlossene Systeme mit einer Emissionsrate >1%
- geschlossene Systeme mit einer Emissionsrate 0,5% bis <1%
- Systeme mit einer Emissionsrate von <0,5%
- Systeme mit einer Emissionsrate <0,1%.

Es ist zweckmäßig, die Katalogisierung der installierten Hochspannungsanlagen durch die Betreiber bis Ende 2018 durchzuführen.

Zur maximalen Emissionsreduktion sollte das Ersatzprogramm in den Klassen mit den höchsten Emissionsraten beginnen (i.d.R. gesteuerte Drucksysteme). Ein Ersatz ist durch moderne Anlagen mit praktisch nicht messbaren SF₆-Emissionsraten oder SF₆-freie Anlagen mit einem deutlich geringeren GWP als SF₆ zulässig.

IEC-Standards schreiben maximale Leckraten in der Hochspannung von <0,5% pro Jahr pro Gasraum vor. Moderne SF₆-Anlagen untertreffen diesen Wert deutlich.

Ein solches Ersatzprogramm führt damit zu einer signifikanten und nachhaltigen Emissionsreduktion (wie das Beispiel Schweiz zeigt: Emissionsrate Stand 2016: 0,07%⁷; Deutschland: 0,36%) und hält zudem einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung stand, denn aufgrund des Anlagenalters handelt es sich größtenteils um abgeschriebene Anlagen. Für Anlagen, die unter ein entsprechendes Ersatzprogramm fallen und deren betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer gemäß StromNEV noch nicht erreicht ist, kann eine Sonderabschreibung der Restbuchwerte zzgl. entgangener Kapitalverzinsung in den Katalog der dauerhaft nicht beeinflussbaren Kosten (§ 11 Anreizregulierungsverordnung) einen weiteren Anreiz für den Austausch zur nächst

⁷ SF₆-Bilanz 2016 - Swissmem: https://www.swissmem.ch/fileadmin/user_upload/Swissmem/Industrie___Politik/Energie_Umwelt/2017-04-28_DE_SF6-Bilanz_2016_Meldung_an_das_BAFU.pdf

niedrigeren Emissionsklasse bieten (entsprechend der oben aufgeführten Katalogisierung). Dadurch wird den Betreibern ein finanzieller Ausgleich für den Austausch von noch nicht abgeschriebenen Anlagen geboten.

2) Maßnahmen an Altanlagen in der Mittelspannung

Anlagen in der Mittelspannung müssen mit dem Ende der Nutzungsdauer ersetzt und verantwortungsvoll entsorgt werden. Bei abgeschriebenen Anlagen, die sich hinsichtlich Alterung und Dichtigkeit als auffällig zeigen, ist ein Ersatz wirtschaftlich vertretbar.

Die Rückgewinnung des Gases aus Altanlagen ist bereits obligatorisch durch die F-Gase-Verordnung (EU) Nr. 517/2014 (Artikel 8 - Rückgewinnung) geregelt.

3) Rückgewinnung von SF₆ im geschlossenen Kreislauf

Bei der Rückgewinnung von F-Gasen, insbesondere auch beim Nutzungsende der Geräte und Anlagen, ist auf einen nachhaltigen und emissionsfreien Prozess zu achten.

Um eine Rückgewinnung von SF₆ im Sinne der F-Gase-Verordnung zu gewährleisten, sollten europaweit verbindliche Mindeststrafen für nicht ordnungsgerecht entsorgtes Gas gelten (angelehnt an die deutsche Chemikalienklimaschutzverordnung⁸). Diese sollten die Entsorgungskosten deutlich überschreiten, um die fachgerechte Entsorgung wirtschaftlich zu favorisieren.

Hochspannungsanlagen sind in wenigen aber kontrolliert professionellen Umgebungen (Umspannwerke) eingesetzt, wo die Rückgewinnung des SF₆ sichergestellt ist. Mittelspannungsanlagen sind auch im privatwirtschaftlichen Sektor aufgestellt, wo die Rückgewinnung von SF₆ nicht überwacht wird. Hier kann über den ZVEI mehr Aufklärungsarbeit geleistet und auf die konkreten Möglichkeiten der Entsorgung von Mittelspannungsanlagen hingewiesen werden.

⁸ Chemikalienklimaschutzverordnung:
<https://www.gesetze-im-internet.de/chemklimaschutzv/BJNR113900008.html>

3. SF₆-Alternativen und Zeitpläne

SF₆-Alternativgase befinden sich bereits seit einigen Jahren in Tests, die jedoch sehr umfangreich und aufwendig sind und auch Langzeiterfahrungen abdecken müssen. Aspekte des Umwelt- und Gesundheitsschutzes, Langzeitbetriebserfahrungen und mögliche technische Risiken sind nur mit Pilotanlagen zu validieren und müssen begleitend zur technologischen Entwicklung bewertet werden. Zum Beispiel müssen chemische Umwandlungen der Alternativgase während der Produktlebensdauer und nach ihrer Emission in die Atmosphäre beurteilt werden, um eine Gefährdung von Personen oder der Umwelt nachhaltig auszuschließen und eine positive Gesamtumweltbilanz gegenüber SF₆ zu gewährleisten. Ein konkreter Zeitraum für einen breiten Einsatz dieser neuen Technologien in entsprechenden Produkten ist daher aktuell noch nicht beurteilbar. Es ist noch weiterer Entwicklungs- und Investitionsbedarf notwendig, um die Anwendungsgebiete von SF₆-Alternativen zu erweitern. Die Verwendung von SF₆ in Neuanlagen muss über das Jahr 2030 hinaus zulässig bleiben.

Heute angekündigte Einschränkungen für den Einsatz von SF₆ bei neuen Schaltanlagen und -geräten könnten einen erheblichen Wettbewerbsnachteil deutscher bzw. europäischer Hersteller auf dem Weltmarkt bedeuten und sind deswegen nicht zielführend. Darum sollte es effektive Anreize für die Einführung der Alternativen geben, so dass letztendlich sogar ein Vorteil auf dem globalen Markt entsteht.

Anreize können bestehen in:

- Markteinführungsprogrammen oder staatlichen Investitionszuschüssen, z.B. auch gestaffelt nach GWP der Alternative.
- „Abwrackprämie“ für ältere SF₆-Schaltanlagen, sowohl in der Hochspannung als auch in der Mittelspannung.
- Förderung der Entwicklungsprozesse von SF₆-freien Lösungen bei den Herstellern und zur Sammlung von Erfahrungen mittels Pilotanwendungen.
- Kürzeren Abschreibungszeiträumen für SF₆-freie Alternativen.
- Höhere Verzinsung für Kapitalkosten aus SF₆-freien Alternativen.

Bei Erarbeitung und Verfügbarkeit zielgerichteter Anreizsysteme in den kommenden 5 Jahren sollte das Ziel sein, ab 2030 für die gewöhnlichen Anwendungen SF₆-freie Alternativen anbieten zu können.

4. Emissionsreduktionsziele

Die in der aktuellen Selbstverpflichtung festgelegte Begrenzung der SF₆-Gesamtemissionen auf 17 t p.a. bis 2020 kann mit den in Kapitel 2 „Maßnahmen zur Reduktion der SF₆-Emissionen“ genannten Maßnahmen und implementierten Anreizsystemen deutlich ambitionierter ausfallen. Die bereits erzielten Ergebnisse in Deutschland sind vielversprechend und bestätigen, dass das Instrument der freiwilligen Selbstverpflichtung geeignet ist. Im Hinblick auf die Neudefinition der Ziele 2030 ist eine signifikante Reduktion der Betriebsemissionen für installierte Anlagen und Geräte in der Hochspannung denkbar. Das Reduktionspotential bei den Herstellern ist insbesondere auch bei den sonstigen Betriebsmitteln (z.B. Durchführungen, Messwandler, Kondensatoren, gasisolierte Leitungen (GIL)) vorhanden. Insgesamt sind bei den Herstellern weitere SF₆-Emissionsreduzierungen zu prüfen und neue Ziele, ggf. vom technischen Fortschritt abhängig, dynamisch zu formulieren.

Nach Auffassung des ZVEI können die zulässigen Gesamtemissionen gemäß der freiwilligen Selbstverpflichtung (17 t p.a. für 2020) im Hinblick auf 2030 halbiert werden.

5. Fazit

Unsere Branche arbeitet intensiv an der weiteren Reduzierung der SF₆-Emissionen neu zu installierender Schaltanlagen und -geräte. Da die erwartete Lebensdauer elektrischer Anlagen bis zu 40 Jahre (vgl. StromNEV) liegt, ist die frühzeitige Förderung und Stärkung von SF₆-freien Alternativen von besonderem Interesse.

Neue Gase und Gasgemische werden derzeit eingeführt und in Pilotanwendungen erprobt. Dabei sind vielversprechende Erfolge erzielt worden, die vor einigen Jahren noch nicht absehbar waren. Es wird aber noch weitere Jahre dauern, bis eine entsprechende Marktreife für das gesamte Portfolio von Schaltanlagen gewährleistet werden kann. Mögliche Anreizsysteme sind in Kapitel 3 „SF₆-Alternativen und Zeitpläne“ beschrieben und werden als geeignete Maßnahmen angesehen, die Verbreitung von SF₆-freien Alternativen nachhaltig zu fördern.

Kurzfristig kann eine erhebliche Reduktion der SF₆-Emissionen durch die Umsetzung der beschriebenen Maßnahmen in Kapitel 2 „Maßnahmen zur Reduktion der SF₆-Emissionen“ erreicht werden, insbesondere durch den Ersatz von Altanlagen in der Hochspannung (gemäß der Katalogisierung in Kapitel 2.1 „Ersatz von Anlagen gestaffelt nach Emissionsrate in der Hochspannung“).

Weitere Emissionsreduktionsmaßnahmen könnten durch die Branche selbst umgesetzt werden, indem die Ziele in der freiwilligen Selbstverpflichtung von 2005 entsprechend erweitert und fortgeschrieben werden.

Perspektivisch könnten die entsprechenden Maßnahmen auch auf europäischer Ebene verankert werden, wenn die Europäische Kommission 2020 eine Bewertung der F-Gase-Verordnung (EU 517/2014) vornimmt. Der Mechanismus der Selbstregulierung gemäß Artikel 17 der Ökodesignrichtlinie 2009/125/EG kann hierfür einen geeigneten Ansatzpunkt bieten und auch in der EU F-Gase-Verordnung Anwendung finden. Europäische Verbände, wie T&D Europe, können dabei helfen, gemeinsame Maßnahmen im Rahmen einer Selbstverpflichtung im europäischen Raum zu etablieren. Die herstellende Industrie (Anlagen- und Gashersteller) in Europa hat schon in der Vergangenheit die verschiedenen, teils zeitlich begrenzten Verpflichtungen unterstützt.

Ansprechpartner

Sven Borghardt
Referent Energietechnik
ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik-
und Elektronikindustrie e. V.
Charlottenstraße 35/36
10117 Berlin
Telefon: +49 30 306960-22
E-Mail: borghardt@zvei.org

Über den ZVEI

Der ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V. vertritt die gemeinsamen Interessen der Elektroindustrie und der zugehörigen Dienstleistungsunternehmen in Deutschland. Rund 1.600 Unternehmen haben sich für die Mitgliedschaft im ZVEI entschieden.

Die Branche beschäftigt knapp 849.000 Arbeitnehmer in Deutschland und weitere rund 677.000 weltweit. Im Jahr 2015 betrug ihr Umsatz 178,5 Milliarden Euro. Etwa ein Drittel davon entfallen auf neuartige Produkte und Systeme. Jährlich wendet die Branche 15,5 Milliarden Euro auf für F&E, 6,4 Milliarden Euro für Investitionen und zwei Milliarden Euro für Aus- und Weiterbildung. Jede dritte Neuerung im Verarbeitenden Gewerbe insgesamt erfährt ihren originären Anstoß aus der Elektroindustrie.