

# IMPLEMENTIERUNG DER NEUEN F-GASE-VERORDNUNG

DR.-ING.

**BARTOSZ RUSEK**

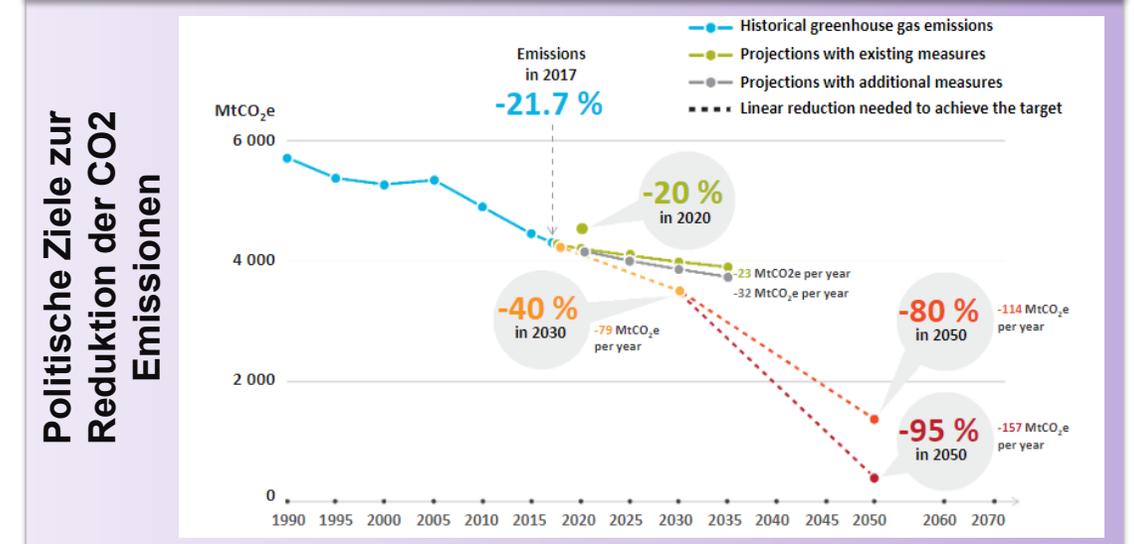
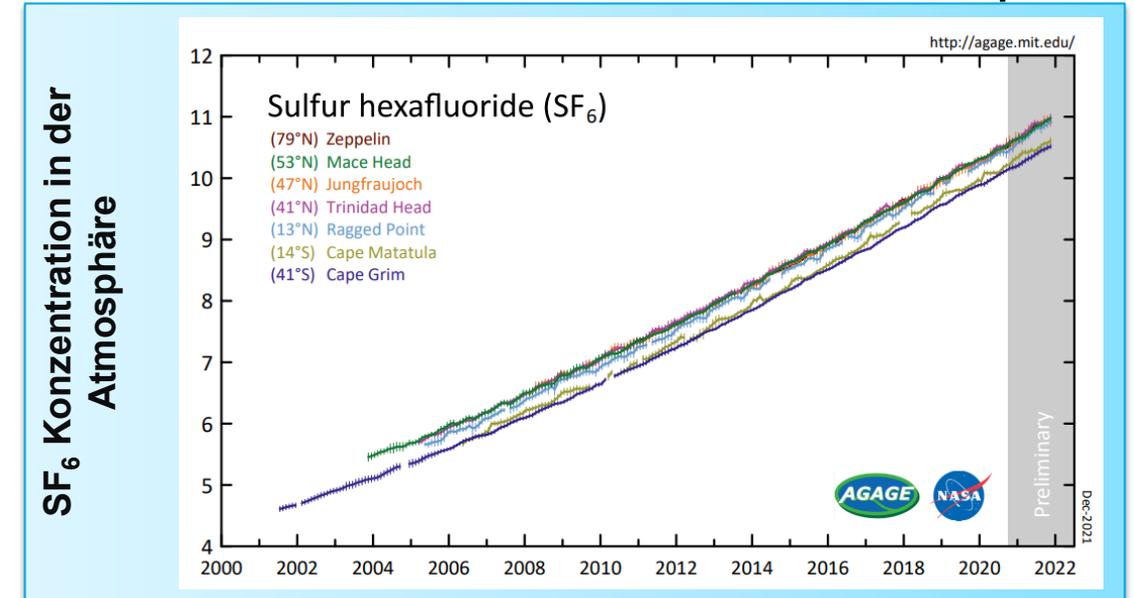
ASSET MANAGEMENT

Stuttgarter Hochspannungssymposium 12.06.2024



# HINTERGRUND ZUR F-GAS-VERORDNUNG

- F-Gas-Verordnung ist **erstmalig 2006** in Kraft getreten
- **2014** wurde die Verordnung **überarbeitet** mit dem Ziel, die Verwendung diverser F-Gase in der Industrie (Klimaanlagen, Verglasung, Kühlschränke, Schuhherstellung, ...) entweder deutlich zu reduzieren oder komplett zu verbieten.
  - Die Hochspannungsanwendungen wurden mangels Alternativen nicht weiter reglementiert.
  - Im Wesentlichen wurde die Notwendigkeit der Gasbehälterüberwachung und Druckwächter-Wartung festgeschrieben
- **2020** wurde die Notwendigkeit von weiterer Überarbeitung erkannt, da
  - ➔ die Konzentration von SF<sub>6</sub> weiterhin zunimmt.
  - ➔ die bedeutende Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen nur mit weiteren Maßnahmen möglich ist.



# 4 JAHRE INTENSIVER VERHANDLUNGEN

## F-GASE-VERORDNUNG (EU) (ALT 517/2014)

- **2019** erste Indikation zur Aktualisierung der F-Gas-Verordnung
  - März. 2020 Bericht der Ökorecherche zu SF<sub>6</sub> und Alternativen in elektrischen Schaltgeräten
  - Sep. 2020 Kommentierung der Roadmap der Europäischen Kommission (EC) zu F-Gasen
  - Dez. 2020 Umfrage zur Effizienz der aktuellen F-Gas-Verordnung
  - 2021 Diverse Positionspapiere und Diskussionen zum Entwurf der EC
    - ❖ **5. Apr. 2022** Einreichung eines Vorschlags zur Aktualisierung der F-Gas-Verordnung ein
    - ❖ Apr-Dez 2022 Diskussion des Vorschlags im europäischen Parlament
    - ❖ Dez 2022 Kommentierung des Entwurfs des Parlaments
      - **Ab Feb. 2023** Trilog zwischen europäischer Kommission, europäischem Parlament and europäischem Ministerrat
      - Mai. 2023 Kommentierung des Entwurfs von europäischem Ministerrat
        - **5.10.2023** Einigung im Trilog
        - **11.03.2024 Inkrafttreten der neuen F-Gase-Verordnung 2024/573**

## Nutzungsverbot der fluorierten Gase

Art. 13 (9) Inbetriebnahme von elektrischen Schaltanlage, deren Funktion auf fluorierten Gasen (...) beruht, ist verboten

(...)

(c) **ab 1 Januar 2028**, für HS-Schaltgeräte von 52 kV bis 145 kV und bis 50kA, mit GWP größer 1

(d) **ab 1 Januar 2032**, für HS-Schaltgeräte ab 145 kV und ab 50kA, mit GWP größer 1

## Ausnahmen

Art. 13(11 & 11b) **Inbetriebnahme der Schaltgeräte mit GWP <1000 ist erlaubt**, wenn die Schaltgeräte mit GWP <1 die technische Spezifikation nicht erfüllen und

- zwei Jahre nach dem Verbotsdatum (bis 2034 für U>145kV) weiterhin **nicht** oder **nur durch einen** Hersteller angeboten werden oder
- nach zwei Jahren ab Verbotsdatum (nach 2034 für U>145kV) weiterhin **nicht** angeboten werden

Art. 13(12) **Schaltgeräte mit GWP >1000 (SF<sub>6</sub>) können zum Einsatz kommen**, falls keine Angebote für Schaltgeräte <1000 erhalten wurden oder die technische Spezifikation nicht erfüllt wird

Art. 13(14) **Das Verbot** ist gültig für Schaltgeräte, die **nach dem Inkrafttreten der Regulierung ab 11.03.2024** bestellt wurden.

Art.13 (18): Das erstmalige Inverkehrbringen von Anlagenteilen für Reparatur, **Erweiterung** oder Service **ist erlaubt**, wenn keine Änderung des Typs des verwendeten fluorierten Treibhausgases erfolgt

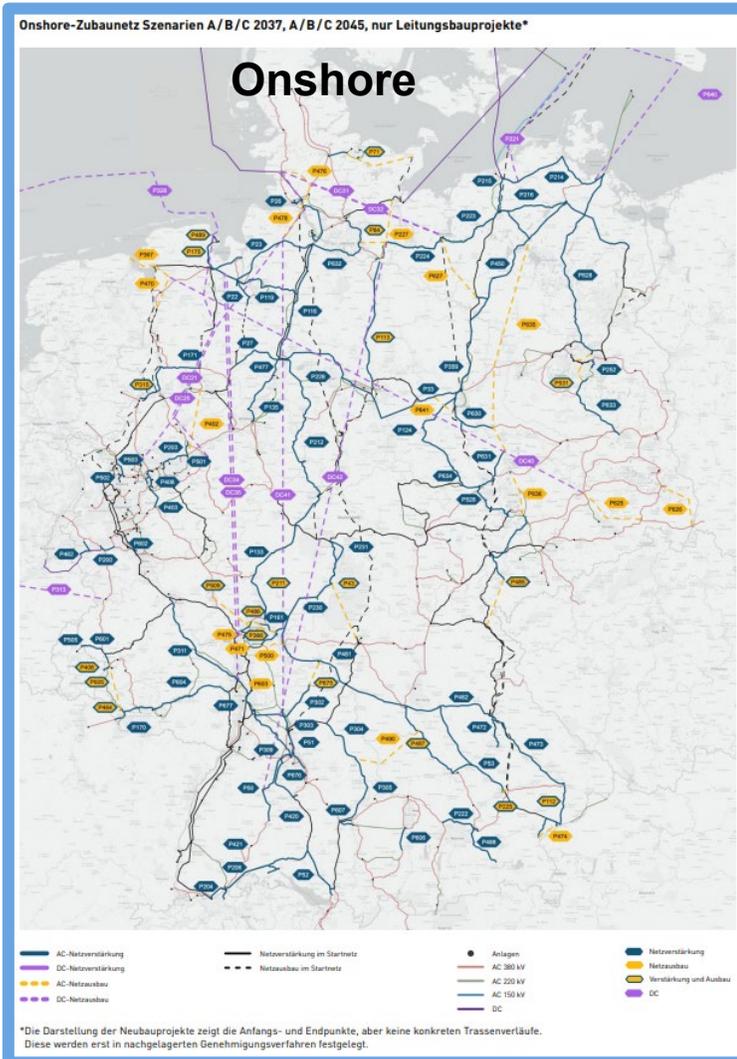
# F-GASE-VERORDNUNG 2024/573 (2)

Verordnungstext	Voraussichtliche Auswirkung auf ÜNB
<p>Art. 4 (1) Verpflichtung, unnötige Emissionen (ausgenommen technisch-bedingter) zu vermeiden (trifft auch fluorierte Alternativen zu)</p>	<p>Technisch-bedingte Emissionen aus elektr. Schaltanlagen sind/bleiben erlaubt und sind zu minimieren Aus der Selbstverpflichtung wurden die Prozesse zur Minimierung der Emissionen bereits eingeführt. Bisher wenig bzw. keine fluorierten Alternativen im Einsatz.</p>
<p>Art. 5 (1): Dichtheitskontrollen und Art. 6 (1): Leckage-Erkennungssysteme</p>	<p>Die bisherigen Kontrollen von SF<sub>6</sub>- und C<sub>4</sub>FN-Dichtewächter kann beibehalten werden.</p>
<p>Art. 8 (1): Rückgewinnung und Zerstörung (auch fluorierte Alternativen)</p>	<p>Die bisherigen Prozesse für SF<sub>6</sub> können beibehalten werden. Sollten die fluorierten Alternativgase zum Einsatz kommen, müssen die Prozesse für neue F-Gase entsprechend adaptiert werden.</p>
<p>Art. 10(1): Zertifizierung (auch fluorierte Alternativen)</p>	<p>Die Auffrischung des Zertifikats (alle 5 oder 7 Jahre je nach dem Personenkreis) wird einen zusätzlichen personellen Aufwand erfordern. Bestehende Zertifikate bleiben gültig. Deren Auffrischung ist bis spätestens 12.03.2029 obligatorisch.</p>
<p>Art. 13(13) Ausnahme für alle Geräte, welche unter Direktive 2009/125/EC fallen und einen besseren CO<sub>2</sub> Fußabdruck haben als in (5) betrachtete Geräte.</p>	<p>Die Direktive 2009/125/EC beschreibt Ökodesign und Energieeffizienz für Transformatoren. Nutzung für die Schaltanlagen ist nicht direkt möglich.</p>

# F-GASE-VERORDNUNG 2024/573 (3)

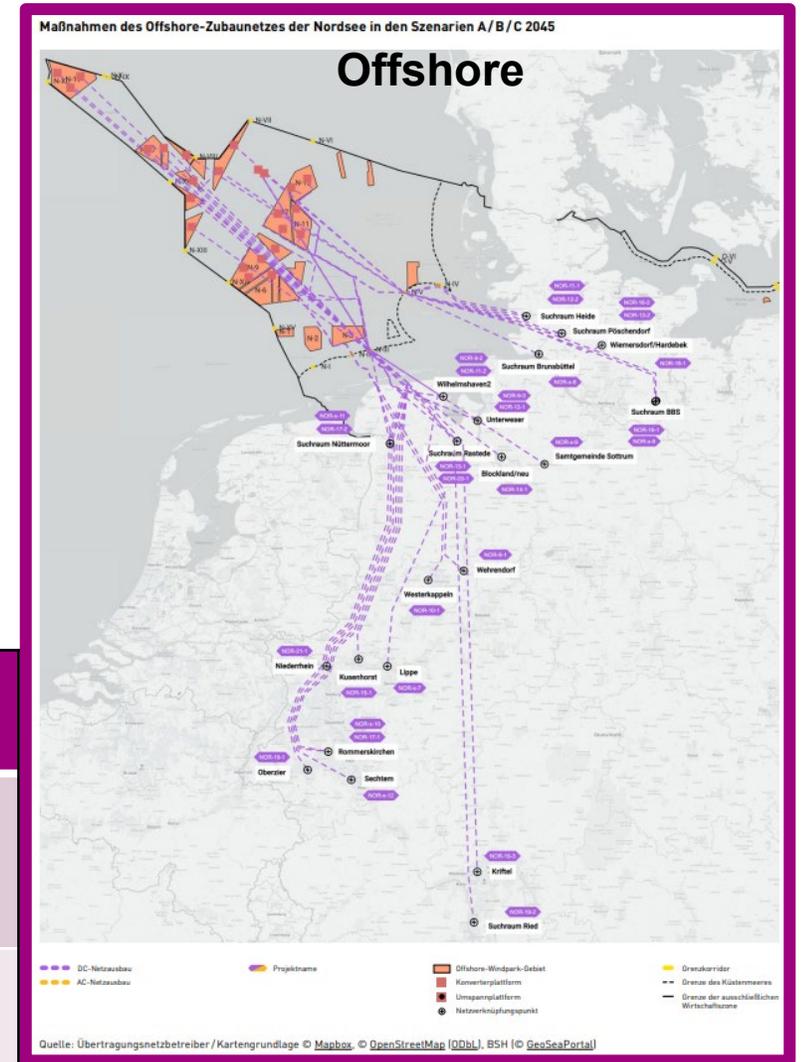
Verordnungstext	Voraussichtliche Auswirkung auf ÜNB
Art. 11(5): Möglichkeit der Ausnahme von den Verboten für max. 4 Jahre durch die KOM auf Antrag einer Mitgliedsstaatbehörde	Die ÜNB streben eine zügige Dekarbonisierung an. Die aktuellen Verbote fördern die Entwicklung der Alternativgase. Aus unserer Sicht sollte dieser Punkt nicht gezogen werden.
Art. 12(1): Kennzeichnung (auch fluorierter Alternativen)	Die Prozesse für fluorierter Alternativgase müssen ggf. neu aufgesetzt werden. Für SF <sub>6</sub> ist die Kennzeichnung bereits üblich und sinnvollerweise an jedem Gasanschluss.
Art.13 (7): ab 01.01.2035 nur noch aufgearbeitetes oder recyceltes SF <sub>6</sub> für Wartung und Reparatur	Aus der Erneuerung des Bestands kann voraussichtlich ausreichend SF <sub>6</sub> -Gas gewonnen werden. Voraussichtlich wird ein Markt für recyceltes Gas SF <sub>6</sub> erforderlich sein/entstehen. Nachweispflicht welches Gas verwendet wird.
Art 13 (16) Dokumentation der Betriebsmittelvergabe soll aufbewahrt werden. Die kompetente Behörde (Bundesland) soll über die Anwendung der Ausnahmen (10, 11, 12, 13, 14 und 15) informiert werden.	Zusätzlicher Dokumentationsaufwand Betreiber/ÜNB müssen eine rechtssichere Dokumentation durchführen, um Ausnahmen der Inbetriebnahme-Verbote in Anspruch zu nehmen

# NEP-VERSION 2023 FÜR JAHR 2045 ZEIGT EINEN DEUTLICH STEIGENDEN NETZAUSBAUBEDARF ONSHORE UND OFFSHORE

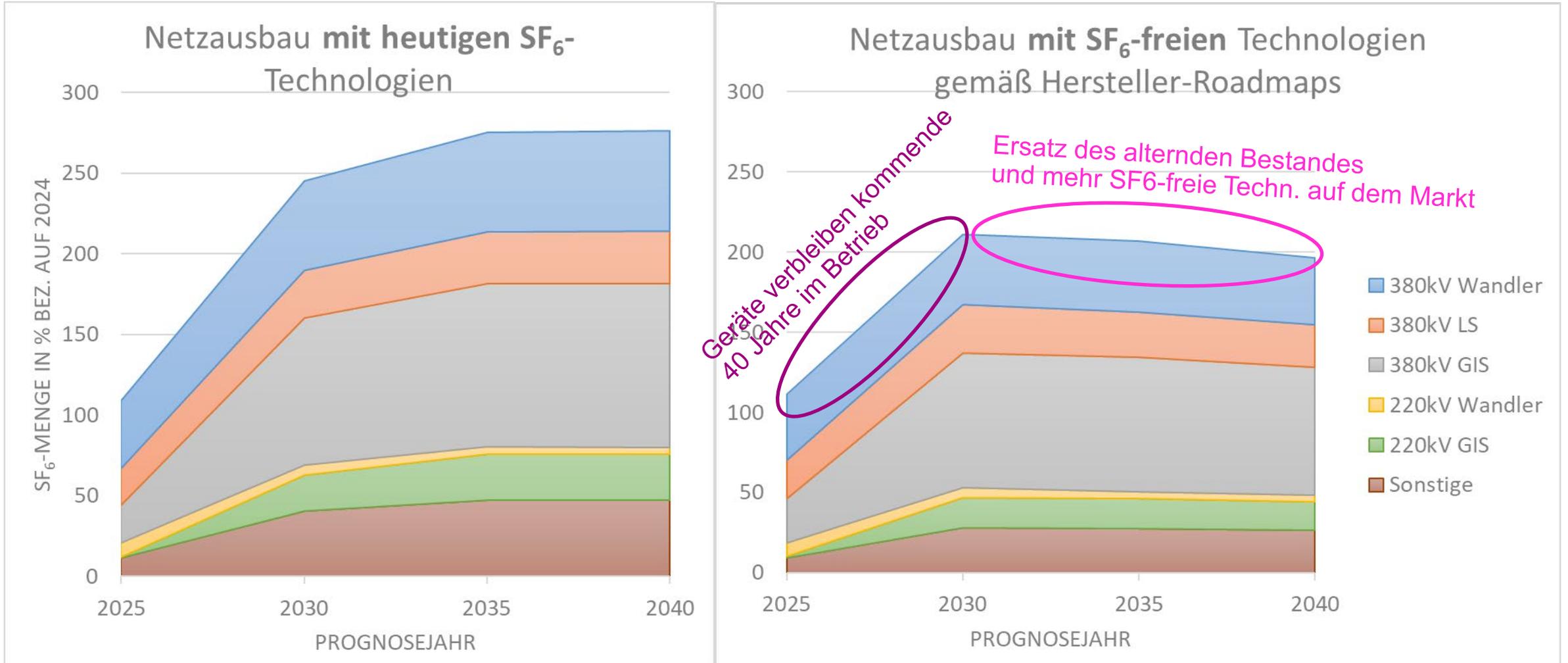


NEP 2037/2045 (2023)	Summe in km Onshore
Startnetz (aus bisherigen NEP's)	7.000
A 2037	12.400

NEP 2037/2045 (2023)	Summe in km Offshore
Startnetz (aus bisherigen NEP's)	8.455 (20 neue ONAS)
A 2045	13.300



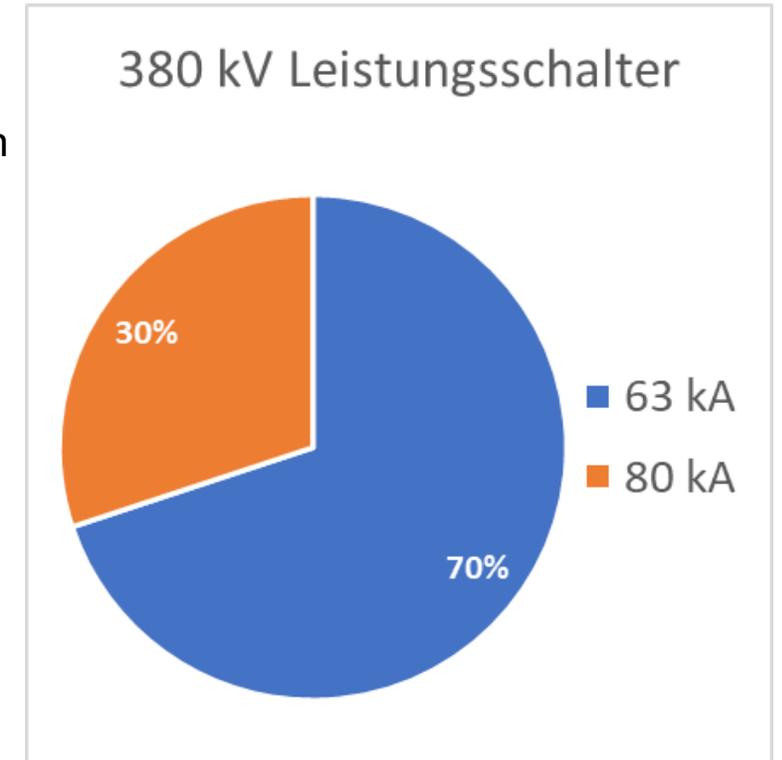
# DURCH EINSATZ SF6-FREIEN TECHNOLOGIEN KANN DIE ERFORDERLICHE SF6-MENGE REDUZIERT WERDEN



# NISCHEN KÖNNEN SICH DURCH DIE STEIGENDE NETZVERMASCHUNG ZUM STANDARD ENTWICKELN

- Die **steigende Kraftwerksleistung** erforderte ab ca. 70er/80er vermehrte Anschlüsse **an das 380-kV-Netz**. Aufgrund der Anzahl und der Nähe der Kraftwerke werden hier SF<sub>6</sub>-Leistungsschalter mit Kurzschlussausschaltstrom von **80-kA** benötigt, die im internationalen Kontext als **Nische** gelten.
- Ca. 30% (ca. 200 Felder) aller Amprion Leistungsschalter sind 80-kA-Leistungsschalter.
- Veränderung der Netzstruktur (Wegfall der konventionellen Erzeugung und lastferne erneuerbare Erzeugung) führt zur Steigerung des Vermaschungsgrades des 380-kV-Netzes. Einführung von mehreren Sammelschienen und **steigende Kurzschlussströme** sind die Folge. (Siehe NEP2045 (2023)).
- Im Zielnetz kann sich die **Anzahl der 80-kA-Felder** im Vergleich zu heute **verdoppeln!**

➔ **Folge: 380-kV-Leistungsschalter mit 80-kA-Kurzschluss-Ausschaltstrom werden weiterhin und sogar in größeren Mengen als bisher benötigt.**



# WESENTLICHE HANDLUNGSOPTIONEN FÜR 420 KV LEISTUNGSSCHALTER

	Option 1 (GWP<1)	Option 2 (GWP<1)	Option 3 (GWP<1000)	Option 4 (GWP >1000)
Isolier- und Schalt-Gas	O <sub>2</sub> + N <sub>2</sub> mit Vakuumschalter	CO <sub>2</sub> + O <sub>2</sub>	NOG <sup>1)</sup> + C <sub>4</sub> FN <sup>2)</sup>	SF <sub>6</sub>
Betriebsdruck				
Abmessungen		 GIS  AIS		
Robustheit des Schalters (über IEC)				
Entwicklungsstand	TRL 6: Labortests beim Hersteller	TRL 6: Labortests beim Hersteller	TRL 7: Erste Anwendung in Realumgebung	TRL 9: Höchste Reifestufe, hoher Standardisierungsgrad
Aktuelle Verfügbarkeit von Standard				
Voraussichtliche Verfügbarkeit von 80-kA bis 2030 / 35				

# OFFENE PUNKTE UND RISIKEN

- **Einsatz von SF6 weiterhin erforderlich**
  - Noch nicht alle SF6-freien Anwendungen auf dem Markt
  - Insbesondere für die Nischenanwendungen (z.B. 80-kA) gibt es keine Lösungen
- **Zuverlässigkeit der neuen Geräte**
  - Einsatz/Pilotierung der Produkte, die noch geringe Reife haben und/oder Betriebsprobleme verursachen können
  - Sollten die Geräte mit GWP<1 nicht vorhanden sein, müssen Geräte mit GWP<1000 eingesetzt werden, obwohl diese Technologie gem. F-Gas-VO-Stufenkonzepts nur mittelfristig/ausnahmsweise am Markt bestehen bleibt. Gerätetausch nach 2 Dekaden nicht ausgeschlossen.
- **Verzögerungen bei Netzausbauprojekten**
  - Unklare Bedeutung des Begriffes „Inbetriebnahme“ und Inbetriebnahme der bereits bestellten SF6/C4FN Anlagen (z.B. durch GU)
  - PFAS-haltige Gase können genehmigungsrelevant werden
  - Behandlung der Angebote für die Mischanlagen (sowohl 2 unterschiedliche Spannungslevel z.B. 145/170 als auch SF6-LS Rest SF6-frei) ist nicht klar
- **Kostensteigerung**
  - Durch Markteinschränkung oder nicht fertige Entwicklung kann es zu Preissteigerungen kommen

# ZUSAMMENFASSUNG

- Das Erreichen der klimatischen Ziele **erfordert Einsparungen von CO<sub>2</sub>-Emissionen** in jeglichen Wirkungsbereichen
- **Die F-Gase-Verordnung ist für ÜNB ambitioniert**, da (fast alle) neuen Technologien noch nicht beschaffen und pilotiert werden können.
- Allerdings lässt F-Gas-verordnung mit **diversen Ausnahmen ausreichend Spielraum**, falls die Technologieentwicklungen misslingen oder sich verzögern sollen.
- Trotzdem müssen **diverse Risiken** durch die Netzbetreiber mit geeigneten Maßnahmen behandelt werden
- **Bedeutender Netzausbau** ist für Energiewende und Reduktion der CO<sub>2eq</sub>-Emissionen **erforderlich**.
- Realisierung des Ausbaus mit heutiger **SF<sub>6</sub>-Technologie würde zur Verdreifachung der SF<sub>6</sub>-Menge** führen. Kommen die **Lösungen gemäß Hersteller-Roadmaps**, wird sich die SF<sub>6</sub>-Menge **verdoppeln**.
- Ein Grund dafür sind die steigenden Kurzschlussströme im Netz, die 80-kA-Technologie erfordern, die derzeit nicht entwickelt wird und in absehbarer Zeit nicht zur Verfügung stehen wird.
- Je schneller die SF<sub>6</sub>-freien Technologien verfügbar sind, desto mehr SF<sub>6</sub> kann eingespart werden.  
**Lösungen mit GWP<1 werden dringend benötigt!**

VIELEN DANK  
FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT

# ZUSAMMENFASSUNG

## IMPLEMENTIERUNG DER NEUEN F-GASE-VERORDNUNG, B. RUSEK



Die F-Gas-Verordnung reglementiert die zukünftige Anwendung eines bisher wichtigsten Gases für die Hochspannungstechnik – Sulfurhexafluoride ( $\text{SF}_6$ ), da die Konzentration des Gases in Atmosphäre weiterhin ansteigt und das Erreichen der Klimaziele weitere strengere Maßnahmen erfordert. Die Aktualisierung der F-Gase-Verordnung hat 4 Jahre in Anspruch unter Abwägung diverser Positionen genommen. Neue F-Gase-Verordnung 2024/573 verbietet die Anwendung von  $\text{SF}_6$  in elektrischen Schaltanlagen zu bestimmten Zeitpunkten und definiert außerdem diverse Ausnahmen zum Verbot. Im Weiteren werden Maßnahmen zur Reduktion der Erzeugung des neuen Gases und Reduktion der Emissionen ergriffen.

Amprion steht vor einem enormen Ausbau des Übertragungsnetzes (sowohl in AC als auch DC). Ohne neue  $\text{SF}_6$ -freie Produkte kann sich die Menge des  $\text{SF}_6$ -Gases verdreifachen. Sollten die  $\text{SF}_6$ -freien Produkte entsprechend der Hersteller Roadmaps zum Einsatz kommen, kann die  $\text{SF}_6$ -Menge deutlich auf ca. doppelte  $\text{SF}_6$ -Menge reduziert werden.

Derzeitige Alternativprodukte ersetzen  $\text{SF}_6$ -Gas nicht 1-1. Es muss mit diversen Einschränkungen in Robustheit und Dimensionen gerechnet werden. Insbesondere für die Nischen-Anwendungen gibt es derzeit noch keine Entwicklungen, obwohl auch diese aufgrund der Netzveränderung in großer Anzahl benötigt werden.

Der Einsatz von neuen Technologien ist immer mit diversen Risiken verbunden. Die Zuverlässigkeit der Geräte kann in ersten Betriebsjahren geringer ausfallen. Ein Austausch der gesamten unreifen Produktreihe ist denkbar. Schnelle Verfügbarkeit der  $\text{SF}_6$ -freien Produkte ist daher von hoher Relevanz sowohl um die gekauften  $\text{SF}_6$ -Mengen zu reduzieren als auch die neuen Produkte zu pilotieren. Projekt-Verzögerung können nicht völlig ausgeschlossen werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die F-Gas-Verordnung zur nachhaltigen Reduktion der  $\text{SF}_6$ -Emissionen beitragen wird. Besonders wichtig ist Verfügbarkeit der  $\text{SF}_6$ -freien Produkte auf dem Markt, um einen maximalen Beitrag in Anbetracht der anstehenden Ausbaubedarfe des Übertragungsnetzes zur Verringerung der  $\text{SF}_6$ -Mengen zu erreichen. Die F-Gase-Verordnung bietet viele Ausnahmen zum Einsatzverbot, die wiederum die Übergangsphase flexibilisieren.