



# Einsatz von alternativen Isoliergasen in Hochspannungsschaltanlagen

Konrad Priebe, Produktspezialist HS-Wandler

08.01.2016

**Imagination at work**

# Agenda

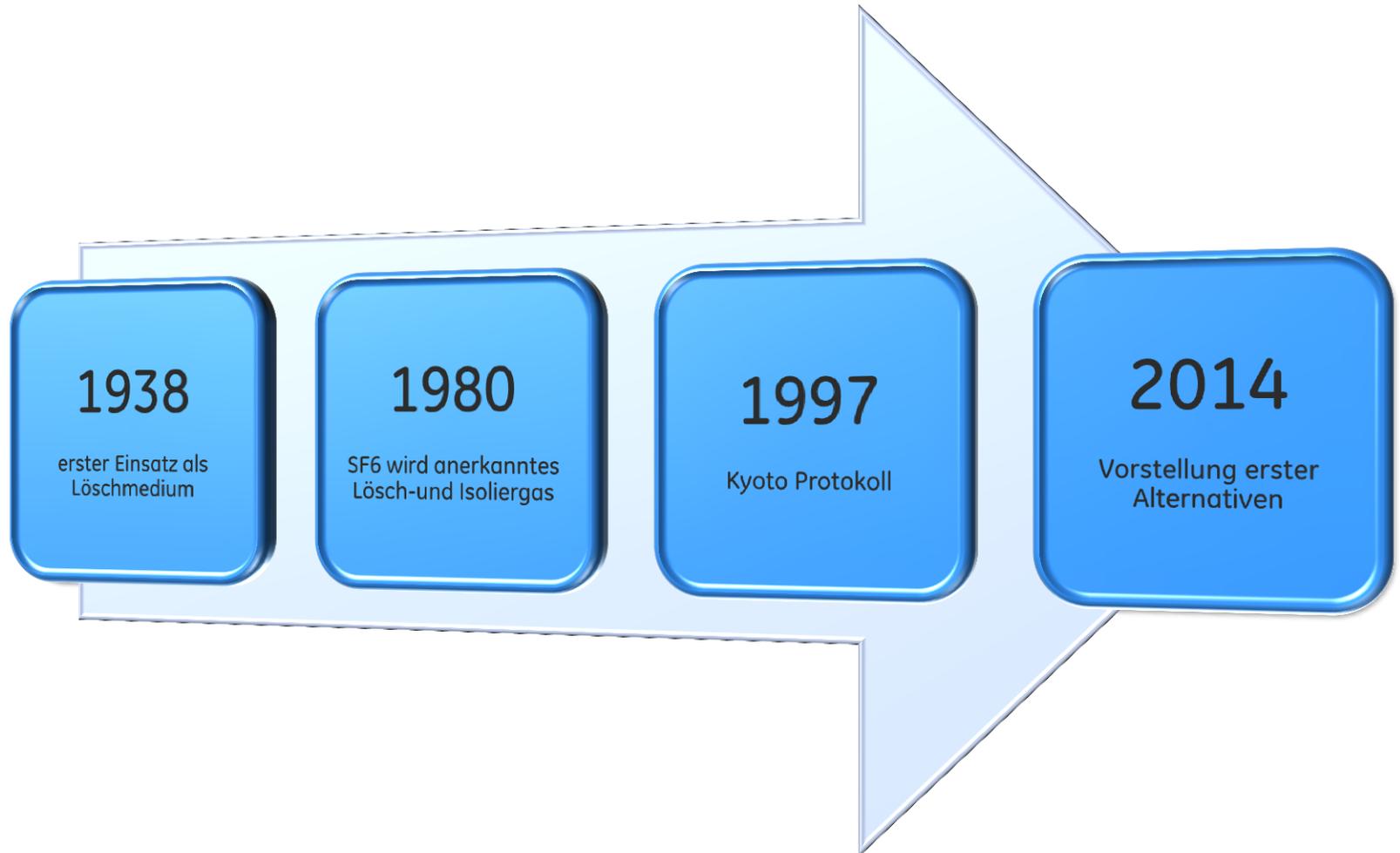
- SF6 in Hochspannungsschaltanlagen
- Untersuchte Alternativen zu SF6
- Lösung von GE: g<sup>3</sup> - green gas for grid
- g<sup>3</sup> - Eigenschaften
- Zusammenfassung & Ausblick



# SF6 in Hochspannungsschaltanlagen

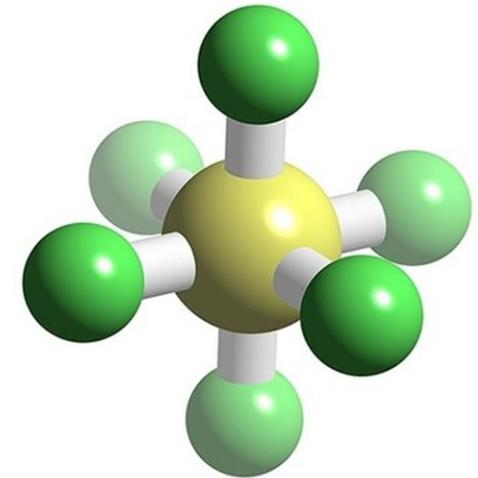


# SF6 in der Historie



# Einsatz von SF6 in der Energietechnik

- Schwefelhexafluorid (SF6) wird in Betriebsmitteln der elektrischen Energieversorgung (u.a. Leistungsschaltern, metallgekapselten Schaltanlagen, HS-Wandlern und Transformatoren) eingesetzt zur:
  - Spannungsisololation (Durchschlagsfestigkeit 3x höher als Luft)
  - Lichtbogenlöschung (100x schneller als Luft)
  - Wärmeleitung/-kapazität (ca. 3x besser als Luft)
- SF6 ist inert (reaktionsarm) und ca. 5x schwerer als Luft



Quelle: ZVEI SF6-Infotag 24.11.2015

# Weitere Einsatzbeispiele von SF6

## ➤ Füllgas für Autoreifen, Tennisbälle und Sportschuhe

- verboten seit 2007



## ➤ Schallschutz in Fenstern

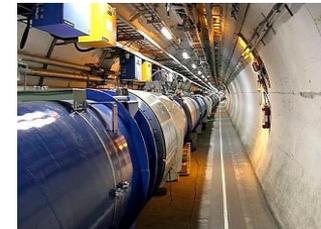
- verboten seit 2007



## ➤ Aluminium Gießereien



## ➤ Spannungsisolator in Teilchenbeschleunigern



Quelle: ZVEI SF6-Infotag 24.11.2015



# SF6 in Hochspannungsschaltanlagen



- SF<sub>6</sub> weist gegenüber CO<sub>2</sub> ein relatives Treibhauspotential von 23'500 auf
- Die elektrische Industrie ist der grösste Abnehmer und Emittent von SF<sub>6</sub>
- Heute werden jährlich 10.000t SF<sub>6</sub> in Hochspannungsschaltanlagen in Betrieb gesetzt
- Die Verwendung von SF<sub>6</sub> ist reguliert
  - Deklarierung der Verluste
  - Monitoring der Mengen (CSR)
  - Importzölle in einigen Ländern

**SF6 hat hervorragende Eigenschaften, stellt aber auch ein Kompromiss in Bezug zur Umwelt dar!**



# Spezifikation einer SF<sub>6</sub> – freien Lösung



Tiefes Treibhauspotential

- ≥ 95% Reduktion vs. SF<sub>6</sub>
- Kein Ozonabbau
- Chemisch stabil

- Geringe Toxizität (wie SF<sub>6</sub>)
- Niedrige Entflammbarkeit
- Kompatibel mit den verwendeten Materialien

- Verwendung als Isolationsmedium
- Verwendung als Schaltmedium
- Verwendung als Lichtbogenlöschmedium
- Diel. Festigkeit ≥ als Luft, N<sub>2</sub> oder CO<sub>2</sub> und möglichst nahe bei reinem SF<sub>6</sub> bei üblichen Fülldrücken und einem Anwendungsbereich -25°C (GIS) / -30°C (AIS)



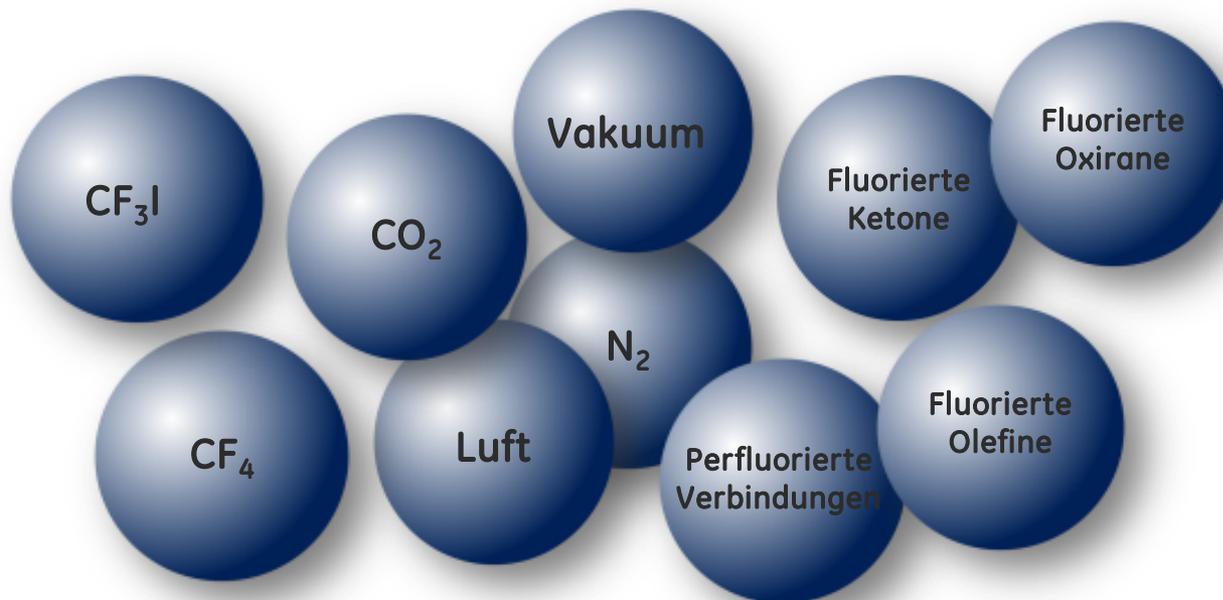
# Untersuchte Alternativen zu SF6



# Untersuchte Alternativen zu SF<sub>6</sub>

## Keine ökonomische "grüne" Alternative zu SF<sub>6</sub>

- Tiefe dielektrische Festigkeit
- Limitierung der Spannungsebene
- Hohes Treibhauspotential
- Hoher Siedepunkt
- Toxizität

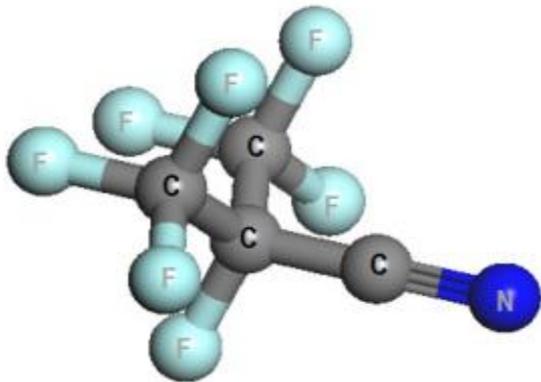


Lösung von GE: g<sup>3</sup>-green gas for grid



# R&D – Zusammenarbeit GE & 3M

Ziel der Entwicklung  
war ein Molekül mit  
dielektrischen  
Eigenschaften zu finden



**Fluorinated nitrile**  
2,3,3,3-tetrafluoro-2-(trifluoromethyl)  
propanenitrile  
heptafluoroisobutyronitrile  
CAS # 42532-60-5  
REACH registration number : 01-2120046668-46-0000

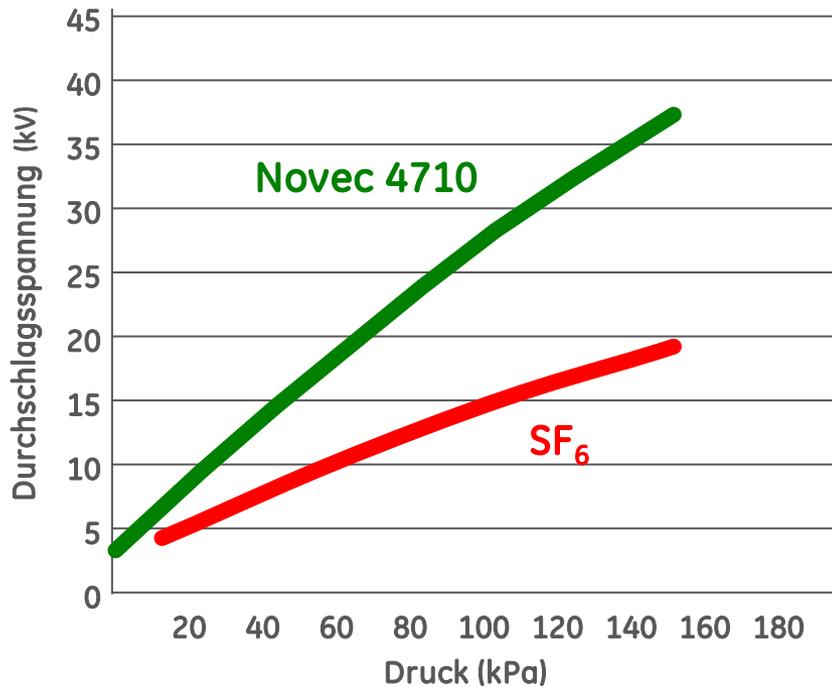
**3M's NOVEC 4710 reference**



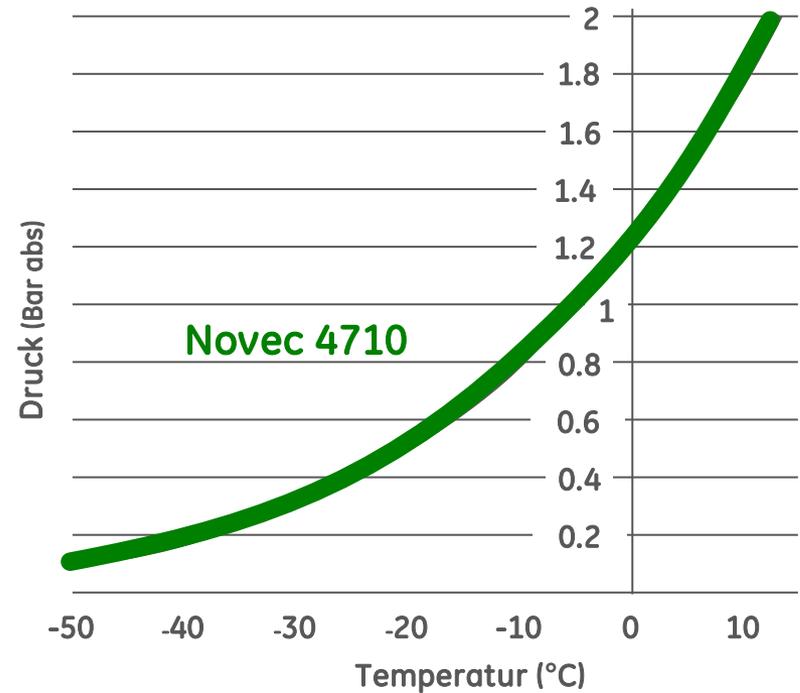
Ein Gasgemisch aus 3M™  
NOVEC™ Anteil und CO<sub>2</sub>



# Lösung von GE: g<sup>3</sup> - green gas for grid



Reines Novec 4710 hat die doppelte dielektrische Festigkeit von SF<sub>6</sub>

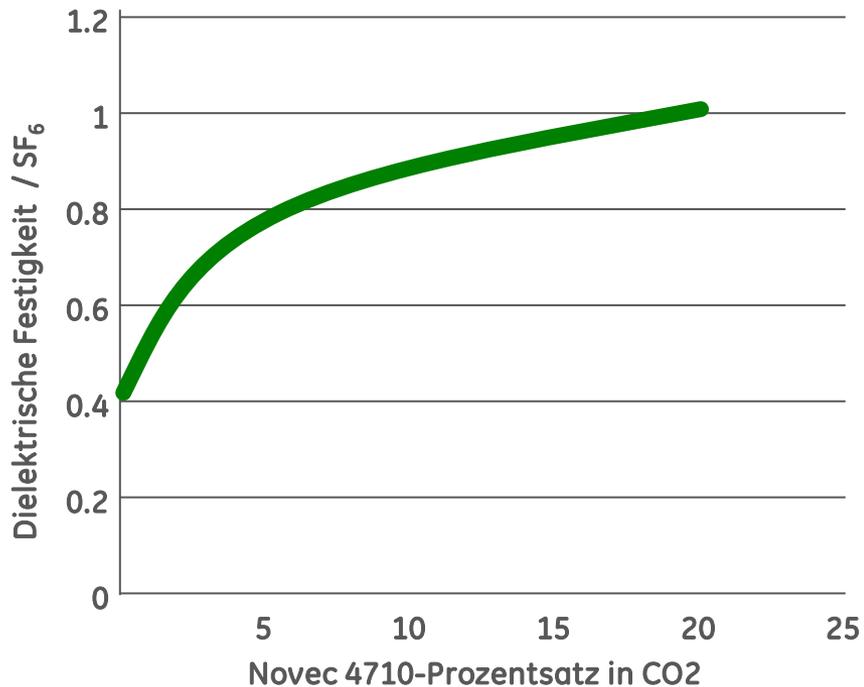


Reines Novec 4710 hat einen Siedepunkt von ca. -4,7°C



# Warum ein Mischgas?

Novec 4710 muss mit einem anderen Gas gemischt werden, damit tiefe Einsatztemperaturen bis  $-30^{\circ}\text{C}$  erreicht werden.



**Die Dielektrische Festigkeit von g<sup>3</sup> beträgt 70 bis 100 % von SF<sub>6</sub>**



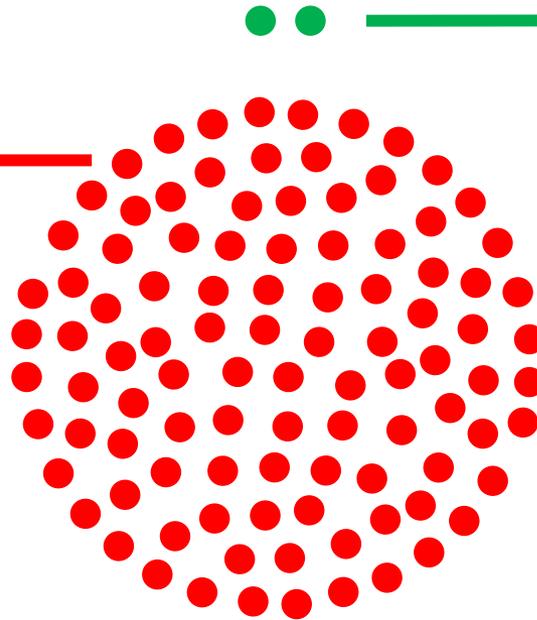
# $g^3$ - Eigenschaften



# Reduktion des Treibhauspotenzials

SF<sub>6</sub> Technologie  
23,500 kg Äq. CO<sub>2</sub>

GE's g<sup>3</sup> - Technologie  
380 kg Äq. CO<sub>2</sub>



Berechnungsmethode

- 100-yr ITH
- IPCC 2013

98% Reduktion des Treibhauspotentials gegenüber SF<sub>6</sub>



# Reduktion des Treibhauspotenzials

## 145 kV F35 GIS (Gas-Insulated Substation)

- $SF_6 = 60 \text{ kg} \Rightarrow$  äquivalent 1'400 Tonnen  $CO_2$
- Mit  $g^3 \Rightarrow$  äquivalent 27 Tonnen  $CO_2$



## 420 kV GIL (Gas-Insulated Line)

- $SF_6 = 70 \text{ T} \Rightarrow$  äquivalent 1'600'000 Tonnen  $CO_2$
- Mit  $g^3 \Rightarrow$  äquivalent 33'000 Tonnen  $CO_2$



ca. 98% Reduktion des Treibhauspotentials gegenüber  $SF_6$



# Reduktion des Treibhauspotenzials

Monteur Willi misst mit seinem SF6 Gasanalysegerät. Durch einen unabsichtlichen Fehler beim Lösen der Schnellkupplung vom Gasraumadapter emittiert Willi 10g reines SF6.

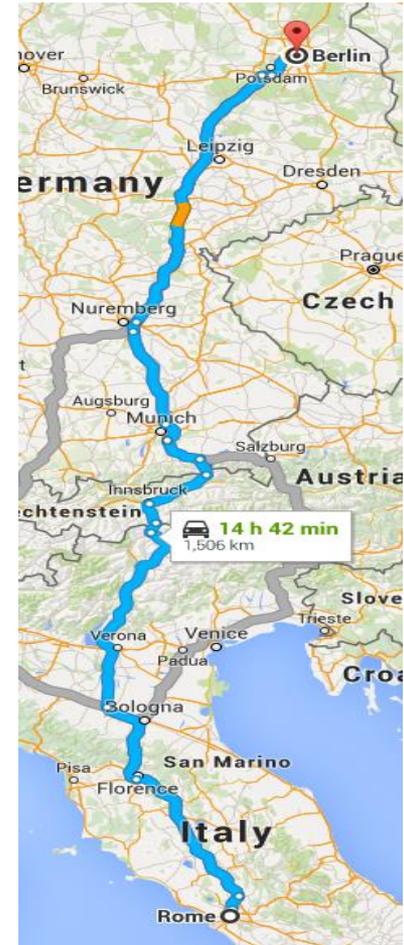
Willi ist zudem Besitzer eines BMW 335d xDrive mit einem angegebenen durchschnittlichen CO2-Ausstoß von 150g/km.

Folgender Umweltschaden ist daraus entstanden:

$$10g [SF6] \equiv 10g * [23.500 CO2_{\text{Äquivalent}}] = 235kg [CO2]$$

$$s = \frac{235kg}{150 g/km} = 1.566km$$

Für diese SF6 Emission hätte Willi mit seinem Auto von Berlin nach Rom fahren können, was vielleicht auch eine gute Idee wäre.



Quelle: Google Maps



# Zusammenfassung

**GE`s-Lösung als Ersatz von SF<sub>6</sub>**: g<sup>3</sup>, bestehend aus Novec 4710 und CO<sub>2</sub>

- Dielektrische Performance: **85% bis 100% der SF<sub>6</sub>-Performance**
  - Anwendungsbereich: **-25 Grad Celsius (GIS) und -30 Grad Celsius (AIS)**
  - Toxizität: **Dieselbe Klasse wie SF<sub>6</sub>**, für neues und gebrauchtes Gas
  - Materialverträglichkeit: **kompatibel**
  - Entflammbarkeit: **nicht entflammbar**
- 
- **Technische und ökonomische Performance** wie bisherige Produkte
  - **Platzbedarf** und Dimensionen wie bisherige Produkte
  - **98% Reduktion des relativen Treibhauspotenzials**



# Ausblick

Erste g<sup>3</sup>- isolierte Produkte und Pilotprojekte wurden bereits vorgestellt

- 420kV GIL
- 245kV AIS Stromwandler

Die Palette wird in den kommenden Jahren laufend erweitert.



# Fragen



**g<sup>3</sup>**: Trademark application owned by Alstom Grid SAS



