

UMWELTBILANZ ALS BEWERTUNGSKRITERIUM FÜR ELEKTRISCHE BETRIEBSMITTEL

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Uwe Schichler

Institut für Hochspannungstechnik und Systemmanagement

Technische Universität Graz

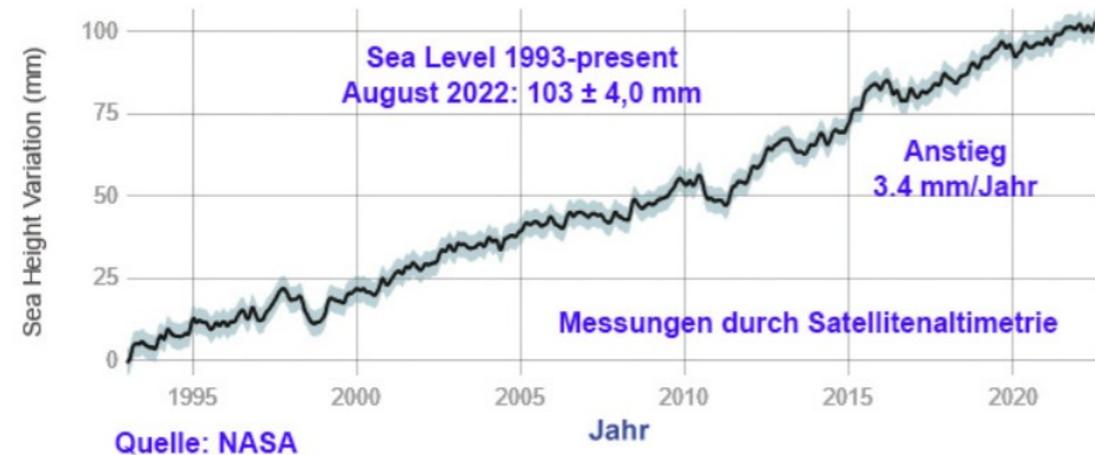
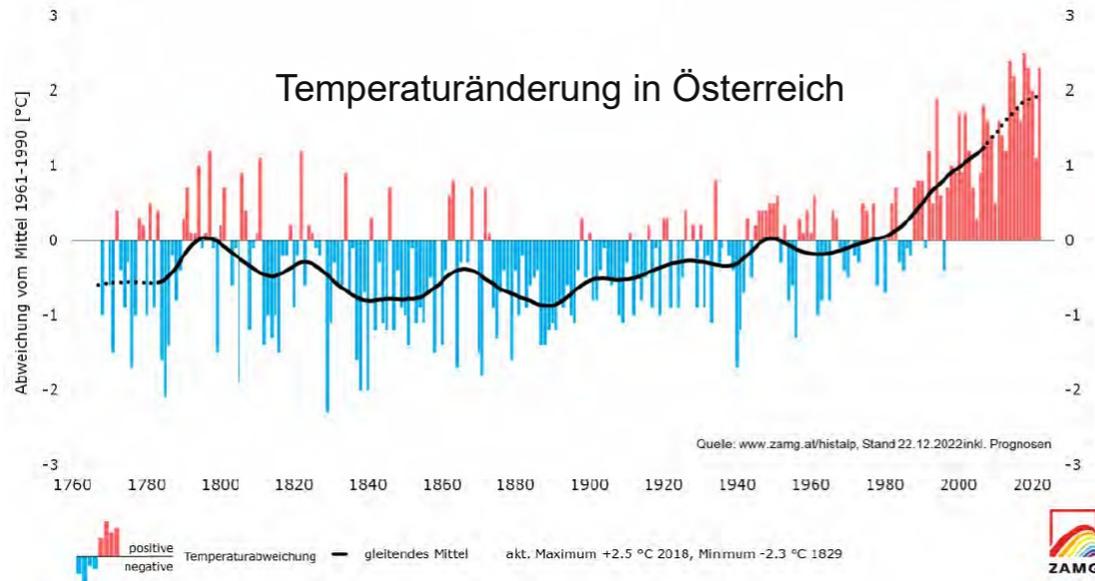
Österreich

Graz, 14.02.24

EnInnov2024

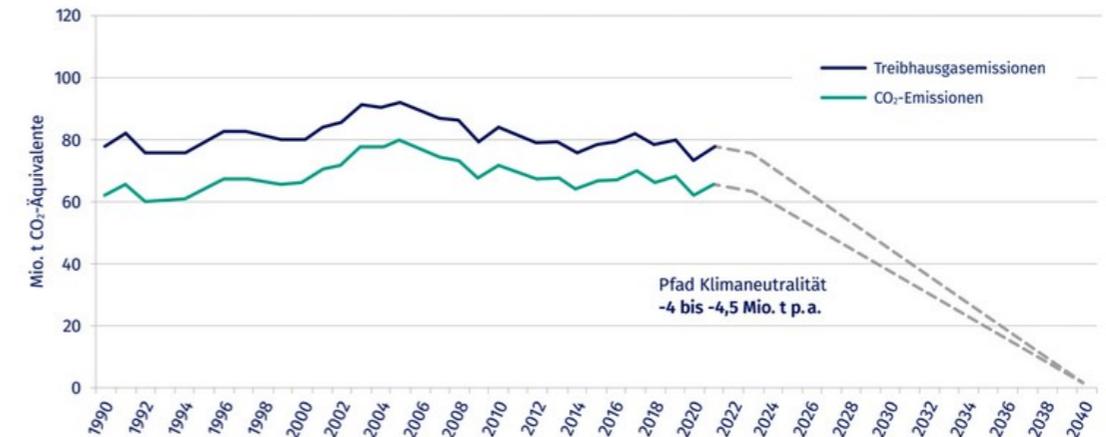
18. Symposium Energieinnovation | 14.02.-16.02.2024

Klimawandel und Klimaziele



Treibhausgasemissionen in Österreich

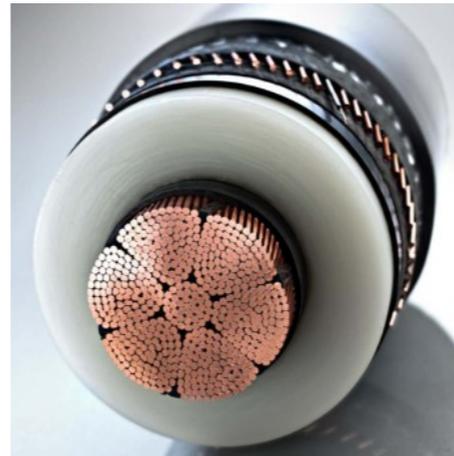
Entwicklung seit 1990 und Prognose für 2022



Betriebsmittel im Übertragungs- und Verteilnetz



Gasisolierte Schaltanlagen



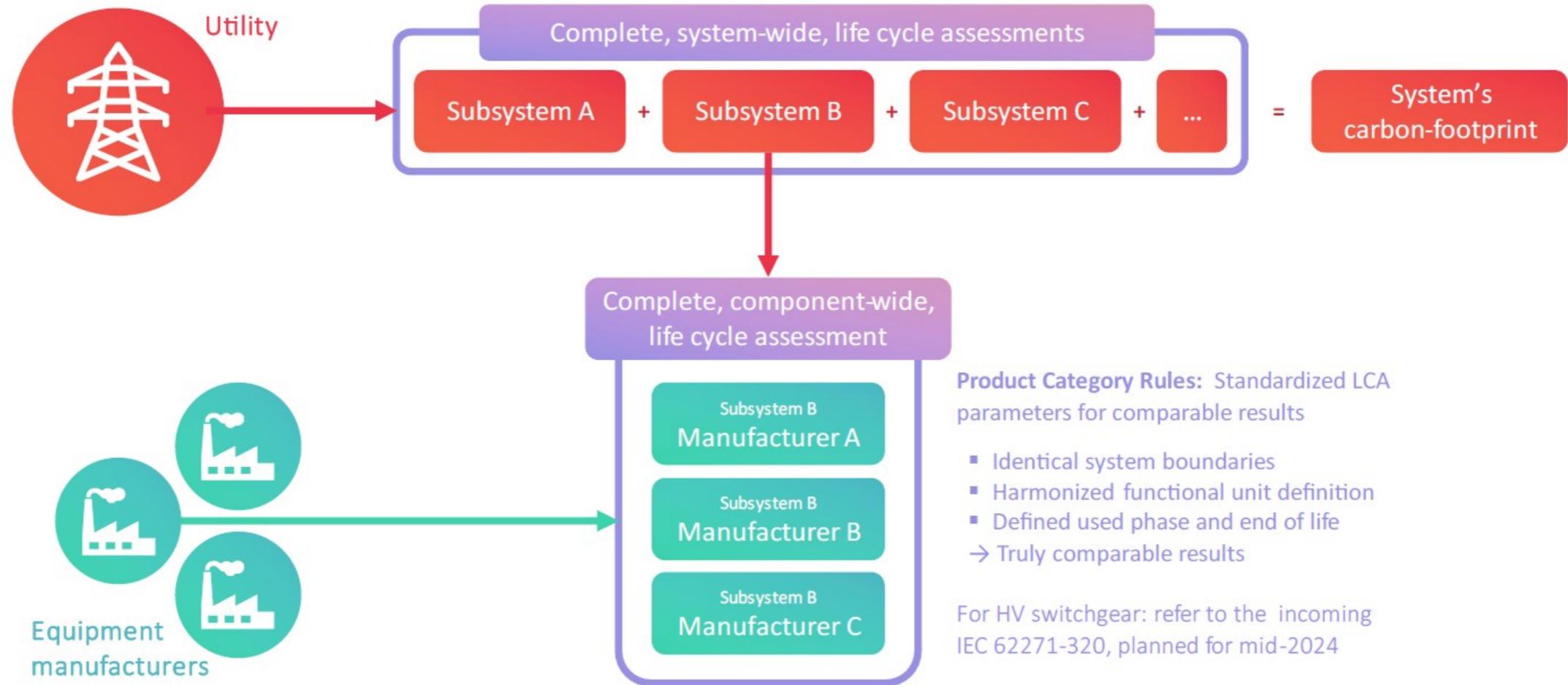
Kabel



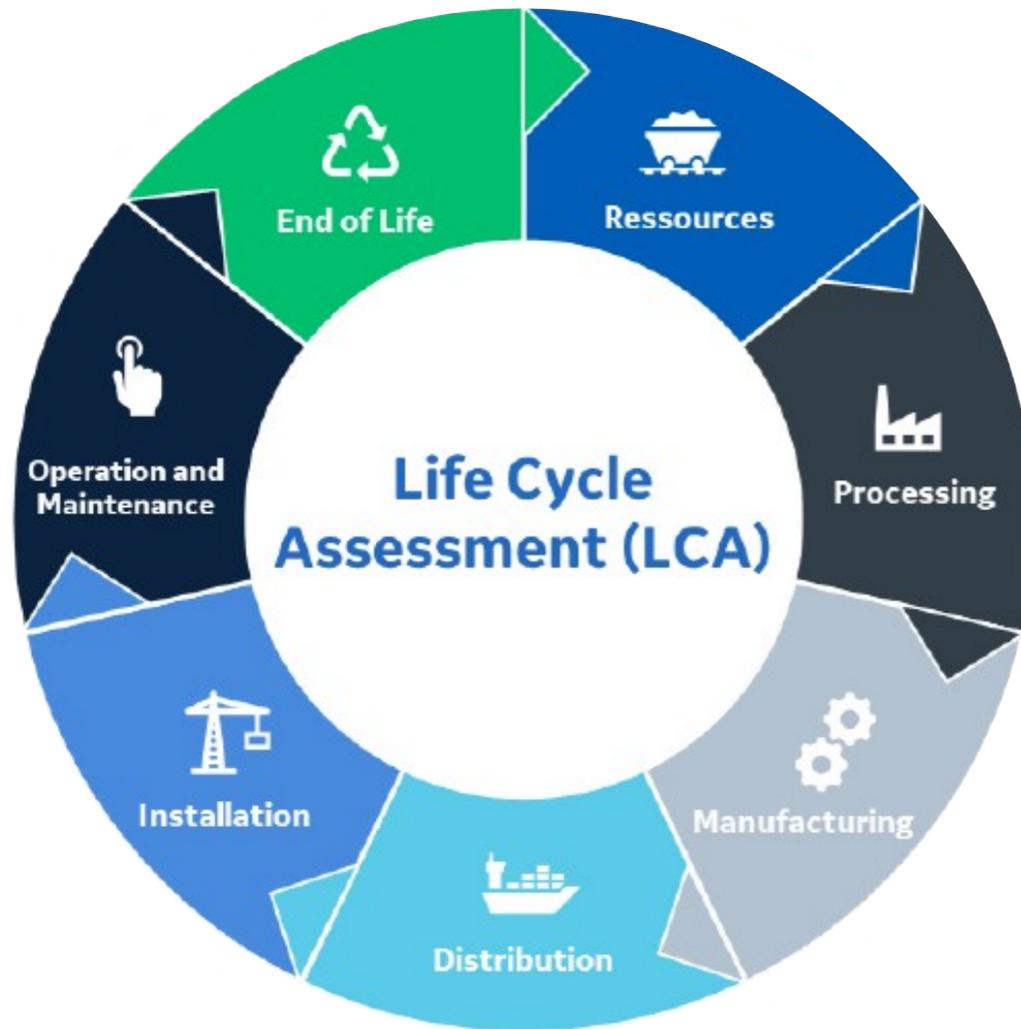
Transformatoren

Wie können elektrische Betriebsmittel zur CO₂-Reduktion beitragen und welche Bewertungskriterien sind zu verwenden?

Gesamtbetrachtung



Lebenszyklusbewertung ...von der Wiege bis zum Grab



LCA-Indikatoren

- Climate change = CO₂-Fußabdruck
- Ozone depletion
- Acidification
- Eutrophication, freshwater
- Eutrophication, marine
- Eutrophication, terrestrial
- Photochemical ozone formation
- Resource use, minerals and metals
- Resource use, fossils
- Water use
- Particulate matter
- Ionising radiation
- Ecotoxicity, freshwater
- Human toxicity, cancer
- Human toxicity, non-cancer
- Land use

Lebenszyklusbewertung ...von der Wiege bis zum Grab

DIN EN ISO 14040:2021-02

Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen (ISO 14040:2006 + Amd 1:2020); Deutsche Fassung EN ISO 14040:2006 + A1:2020

DIN EN ISO 14044:2021-02

Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen (ISO 14044:2006 + Amd 1:2017 + Amd 2:2020); Deutsche Fassung EN ISO 14044:2006 + A1:2018 + A2:2020

DIN EN ISO 14067:2019-02

Treibhausgase - Carbon Footprint von Produkten - Anforderungen an und Leitlinien für Quantifizierung (ISO 14067:2018); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 14067:2018

IEC TS 62271-320 ED1

High-voltage switchgear and controlgear - Part 320: Environmental aspects and life cycle assessment rules
...soll in 2024 erscheinen



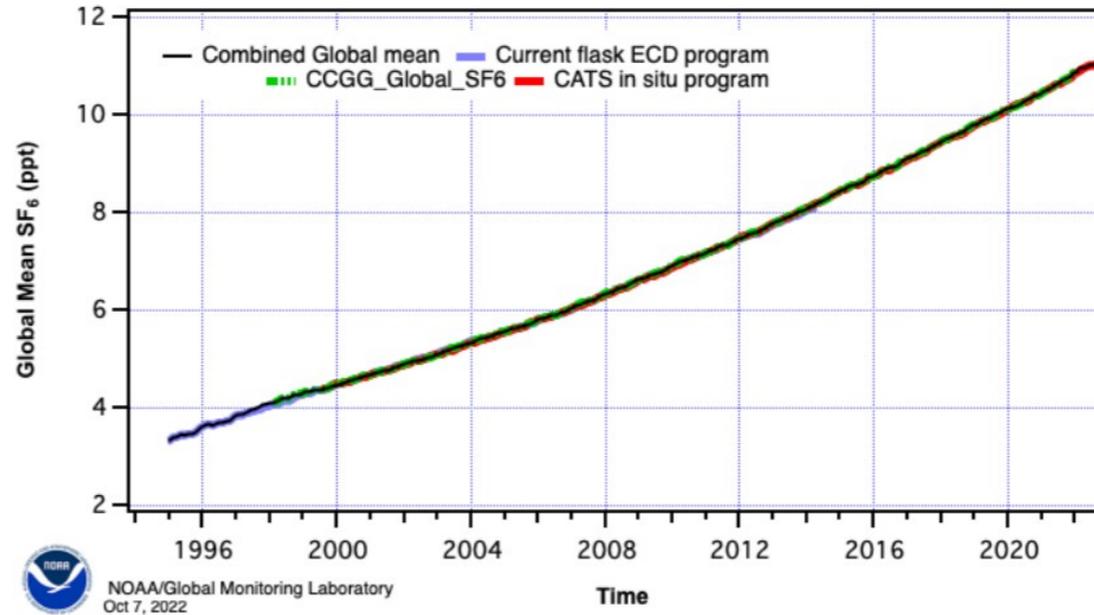
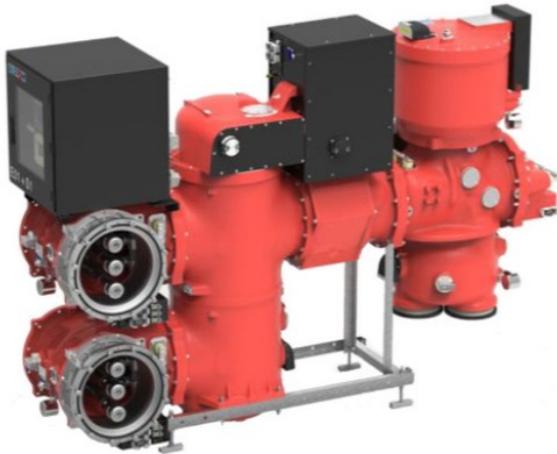
CIGRE Study Committee B3

PROPOSAL FOR THE CREATION OF A NEW WORKING GROUP

JWG B3/A2/A3/C3/D1.66	¹ N°	Name of Convenor: Akshaya Prabakar (Netherlands) E-mail address: akshaya.prabakar@tennet.eu
Strategic Directions # ² : 1, 2, 3		Sustainable Development Goal # ³ : 9, 12, 13
The WG applies to distribution networks: <input checked="" type="checkbox"/> Yes / <input type="checkbox"/> No		
Potential Benefit of WG work # ⁴ : 2, 3, 5		
Title of the Group: Guidelines for Life Cycle Assessment in Substations considering the carbon footprint evaluation		

Gemeinsame Arbeitsgruppe von 6 Studienkomitees, Start: 2024

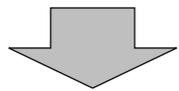
Gasisolierte Schaltanlagen (GIS) – Einsatz von SF₆-freien Gasen



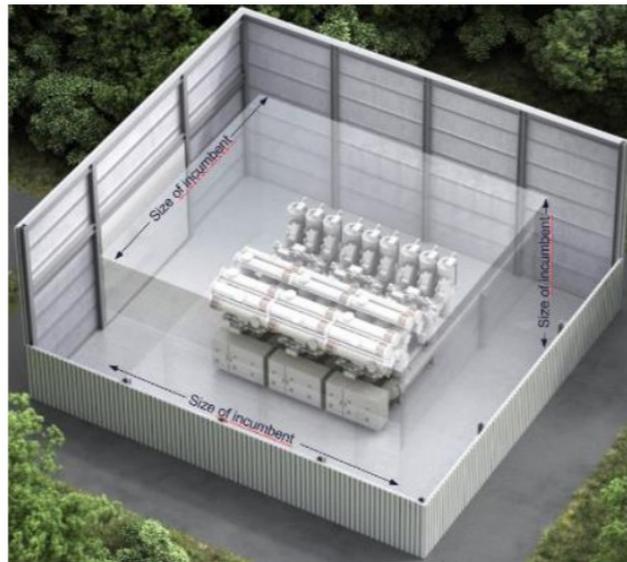
		Alternative Gase	
Common trade names	SF ₆	EconiQ™	CleanAir
Used gas mixtures	Pure SF ₆	C4: < 10 % with O ₂ /CO ₂	~ 20 % O ₂ in N ₂
Minimum operating temperature	Pure SF ₆ : < -30 °C	-30 °C - -5 °C	< -50 °C
Global warming potential	22800	≤ 500	0

Gasisolierte Schaltanlagen (GIS) – Einsatz von SF₆-freien Gasen

SF₆
g³ / EconiQ



gleiche
Abmessungen,
gleiches Gewicht

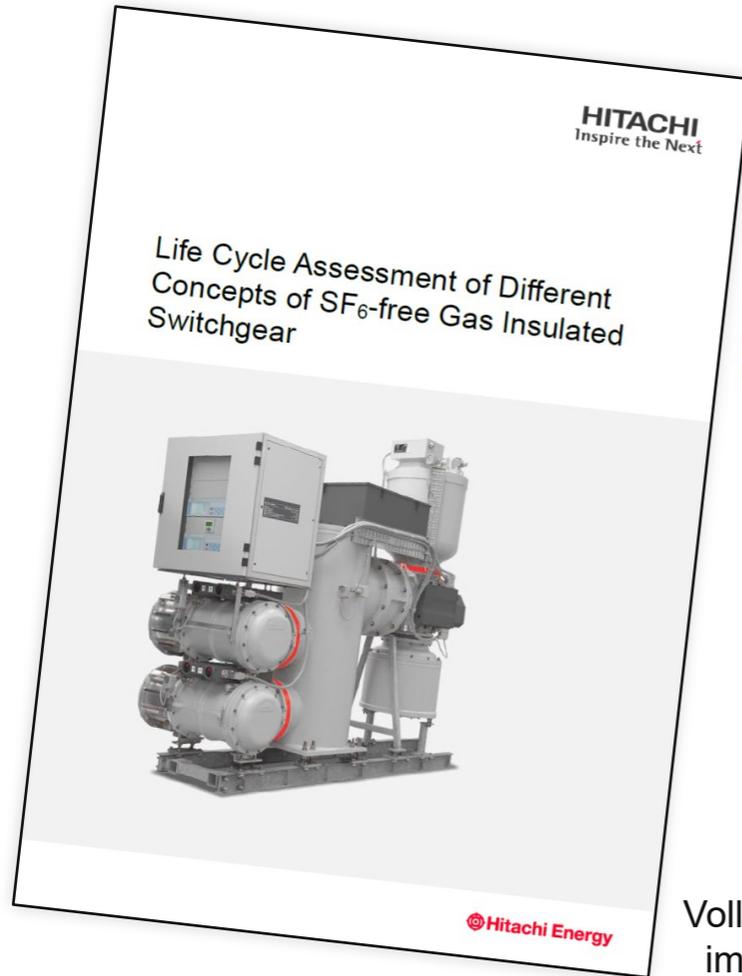


Gasisolierte Schaltanlagen (GIS) – Einsatz von SF₆-freien Gasen

GWP Gas	
22.800	GIS 145 kV SF ₆
410	GIS 145 kV C4-FN
0	GIS 145 kV Vacuum + Air

Betrachtung des GWP allein führt ggf. zu falschem Ergebnis bzgl. CO₂-Fußabdruck

Gasisolierte Schaltanlagen (GIS) – Einsatz von SF₆-freien Gasen



Diese LCA wurde begutachtet
und bestätigt durch



Vollständiger Bericht ist
im Internet verfügbar

Grundsätzliche Problematik

- Begutachtung/Bestätigung der Methodik
- Eingangsgrößen für LCA kommen vom Hersteller
 - z.B. Energiemix für Material und Fabrik Standorte: Polen – Deutschland – Frankreich
- „Electricity Maps“ zeigt aktuellen Energiemix
- Derzeit kein Standard verfügbar
- Keine Möglichkeit der objektiven Überprüfung

Abhilfe/Verbesserung

- Standardisierung (IEC TS 62271-320)
- Richtlinien (CIGRE)
- Spezifikation der Betreiber

Hinweis: EU F-Gas Verordnung, 29.01.24

Hochspannungskabel – Isoliermaterial

CIGRE TB 689, 2017
LCA of Underground Cables

Wechsel des Isoliermaterials von VPE zu PP (Polypropylen).

PP ist ein Thermoplast und erfordert keine Vernetzung, daher auch kein Abdampfen der Vernetzungsspaltprodukte.

Beispiel: 72,5-kV-Kabel, 630 mm², Massivleiter



Table 3 – CO₂ emissions reduction when switching between XLPE and HPTE. The values are valid for a 1.5km delivery length.

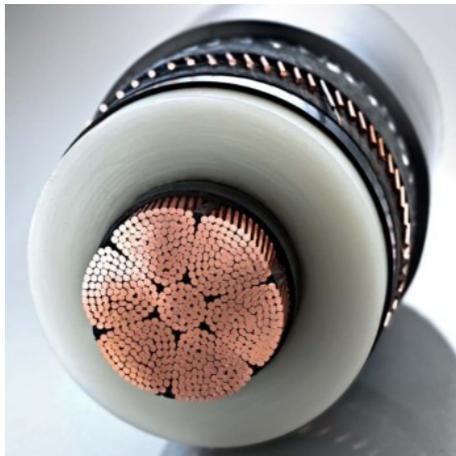
Parameter	XLPE	HPTE
Linear weight	1	~1
CO ₂ Metals	1	0.94
CO ₂ Materials	1	0.89
CO ₂ Process	1	0.42
CO ₂ Total	1	0.93

CO₂-Einsparung: 7 % (...von der Wiege bis zum Werkstor)

Hochspannungskabel – Transport

Transport vom Werk auf die Baustelle

Beispiel: 380-kV-VPE-Kabel, 2.500 mm²,
72 Kabeltrommeln á 1.200 m,
Gesamtgewicht: 3.600 t
Transport von Mannheim nach Wahle



Transport per LKW:
407 km,
CO₂eq = 109,4 t

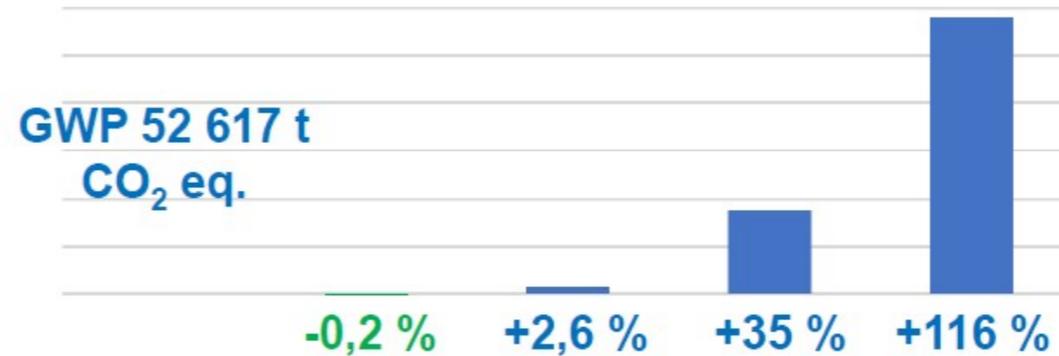
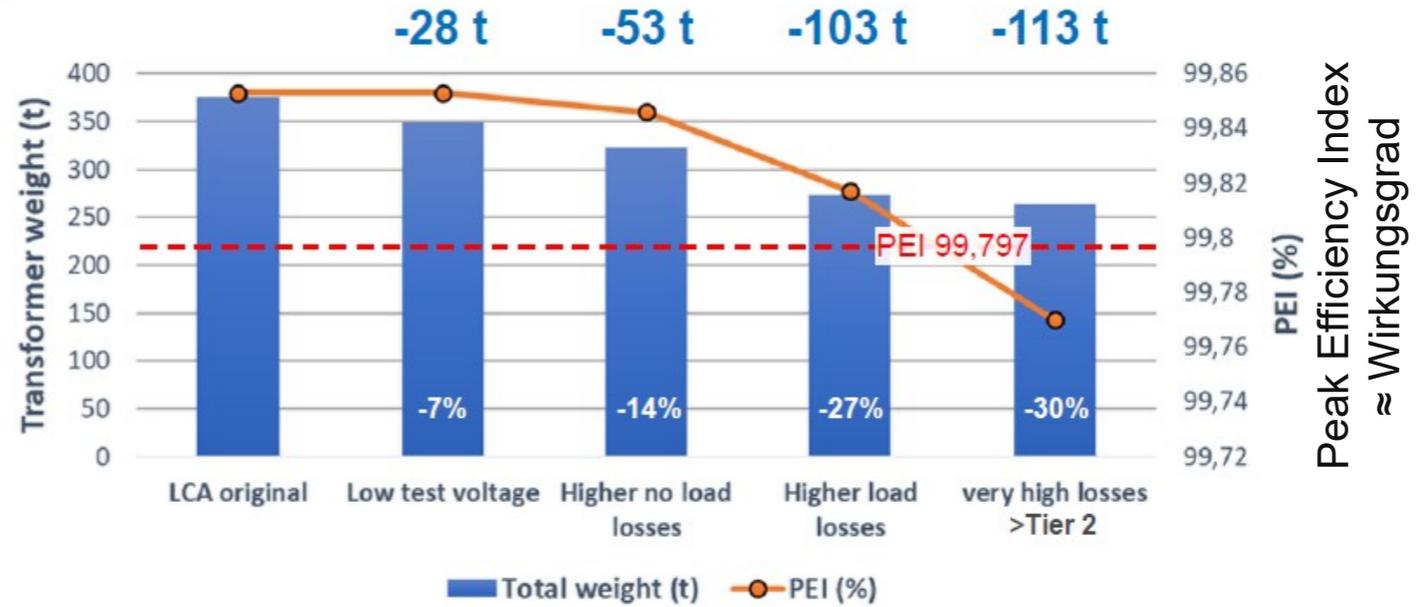
Transport per Binnenschiff/LKW:
736 km,
CO₂eq = 80,6 t



Transformatoren – Verluste



Beispiel: 300-MVA-Transformator, Einfluß der Verluste auf die LCA



Der Effizienzindex PEI (Peak Efficiency Index) bezeichnet den Wirkungsgrad eines Transformators nach der Berechnungsformel der Öko-Design Verordnung Nr. 548/2014 der EU. Die getroffene Aussage über die Einhaltung der Mindestwerte bezieht sich auf die genannte Stufe 2 der Richtlinie (gültig ab 01. Juli 2021).

VDE-Workshop: High Voltage goes Green, 2023, Vortrag Stirl

Zusammenfassung

LCA als Bewertungskriterium für elektrische Betriebsmittel

- geeignete Methode, aber komplexes Thema
- Standardisierung für Vergleichbarkeit notwendig
- Einflußgrößen, z.B. Energiemix für Material/Fabrik
- Spezifikation der Betreiber

Gasisolierte Schaltanlagen – Einsatz von SF₆-freien Gasen

- Betrachtung des Gas-GWP ist nicht ausreichend
- LCA-Thematik ist etabliert
- CO₂-Einsparung von ca. 60 % bei vollständiger LCA
- Standardisierung/Richtlinien: DIN EN ISO/IEC/CIGRE

Hochspannungskabel – Wechsel von VPE zu PP

- CO₂-Einsparung von 7 % bis zum Werkstor
- vollständige LCA bisher nicht bekannt

Transformatoren – Einfluß der Verluste

- CO₂-Erhöhung bei höheren Verlusten
- LCA-Thematik bekannt

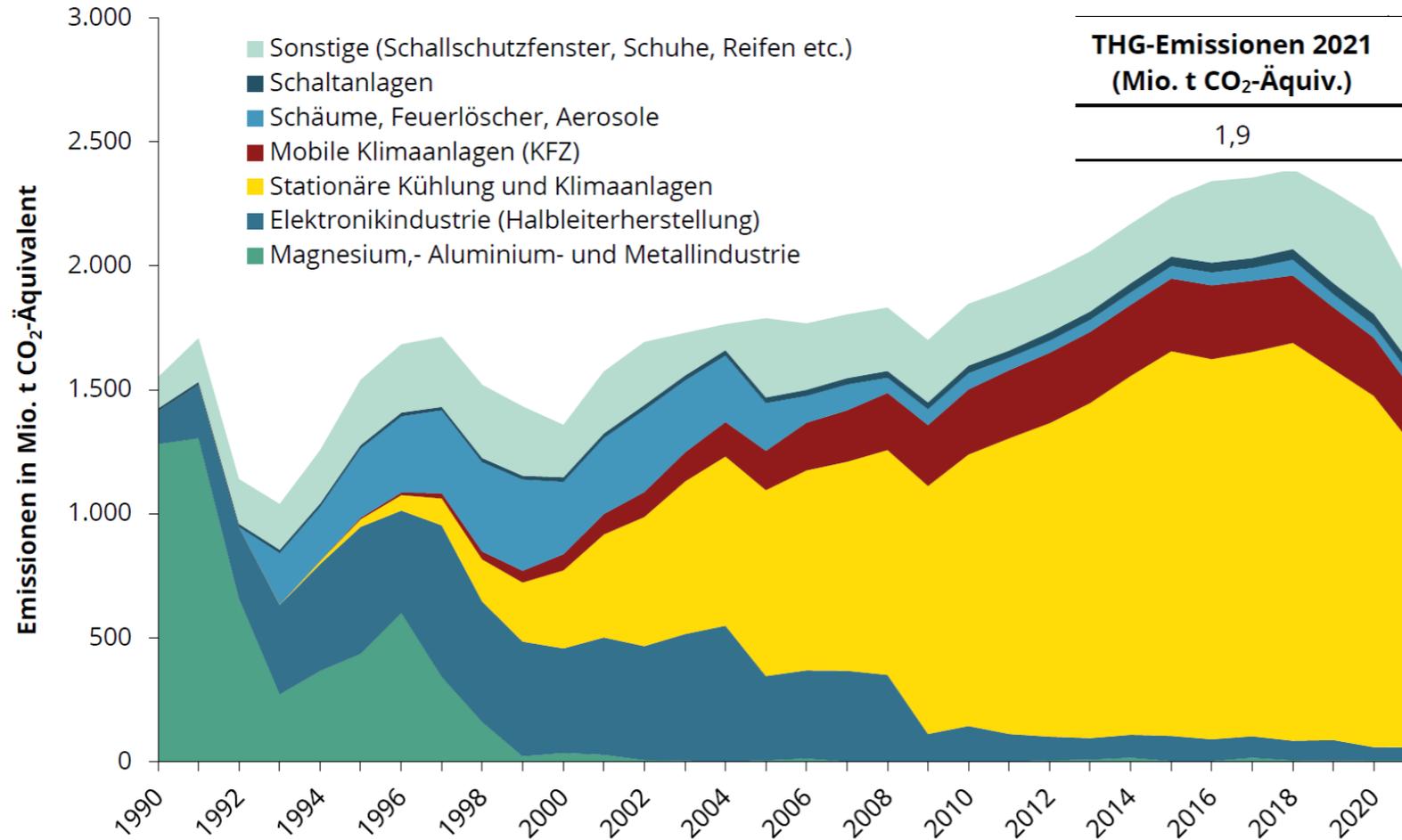


Race to Net Zero Emissions
...be a part of it!

Backup

THG-Emissionen 2021 in Österreich

Emissionstrend nach Quellen von F-Gasen



Sektor Fluorierte Gase

THG-Emissionen 2021 (Mio. t CO ₂ -Äquiv.)	Anteil an den nationalen THG-Emissionen	Veränderung zum Vorjahr 2020	Veränderung seit 1990
1,9	2,4 %	-13,9 %	+22,0 %

Schaltanlagen = 0,05 %
der nationalen THG-Emissionen

Quelle: Umweltbundesamt, 2023a.

umweltbundesamt[®]

ENTWURF DER F-GASE-VERORDNUNG (5.10.23) (1)



Nutzungsverbot der fluorierten Gase

Art. 13 (5) Inbetriebnahme von elektrischen Schaltgeräten, deren Funktion auf fluorierten Gasen (...) beruht, ist verboten

- (c) **vom 1 Januar 2028**, für Hochspannungsschaltgeräte von 52 kV bis 145 kV und bis 50kA, mit GWP größer 1
- (d) **vom 1 Januar 2032**, für Hochspannungsschaltgeräte ab 145 kV und ab 50kA, mit GWP größer 1

Ausnahmen

Art. 13 (5b) **Inbetriebnahmen 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 (5c) **Schaltgeräte mit GWP >1000 können zum Einsatz kommen**, falls keine Angebote für Schaltgeräte <1000 erhalten wurden oder die technische Spezifikation nicht erfüllt wird

Art. 13 (5e) **Das Verbot** ist gültig für die Schaltgeräte, die **nach dem Inkrafttreten der Regulierung** bestellt wurden.

Art.13 (5f): Das erstmalige Inverkehrbringen von Anlagenteilen für Reparatur, **Erweiterung** oder Service **ist erlaubt**, wenn keine Änderung des Typs des verwendeten fluorierten Treibhausgases erfolgt