



SALCOS

**Potenziale und Erfordernisse einer nachhaltigen
Dekarbonisierung der Primärstahlerzeugung im
industriellen Maßstab**

Hannover

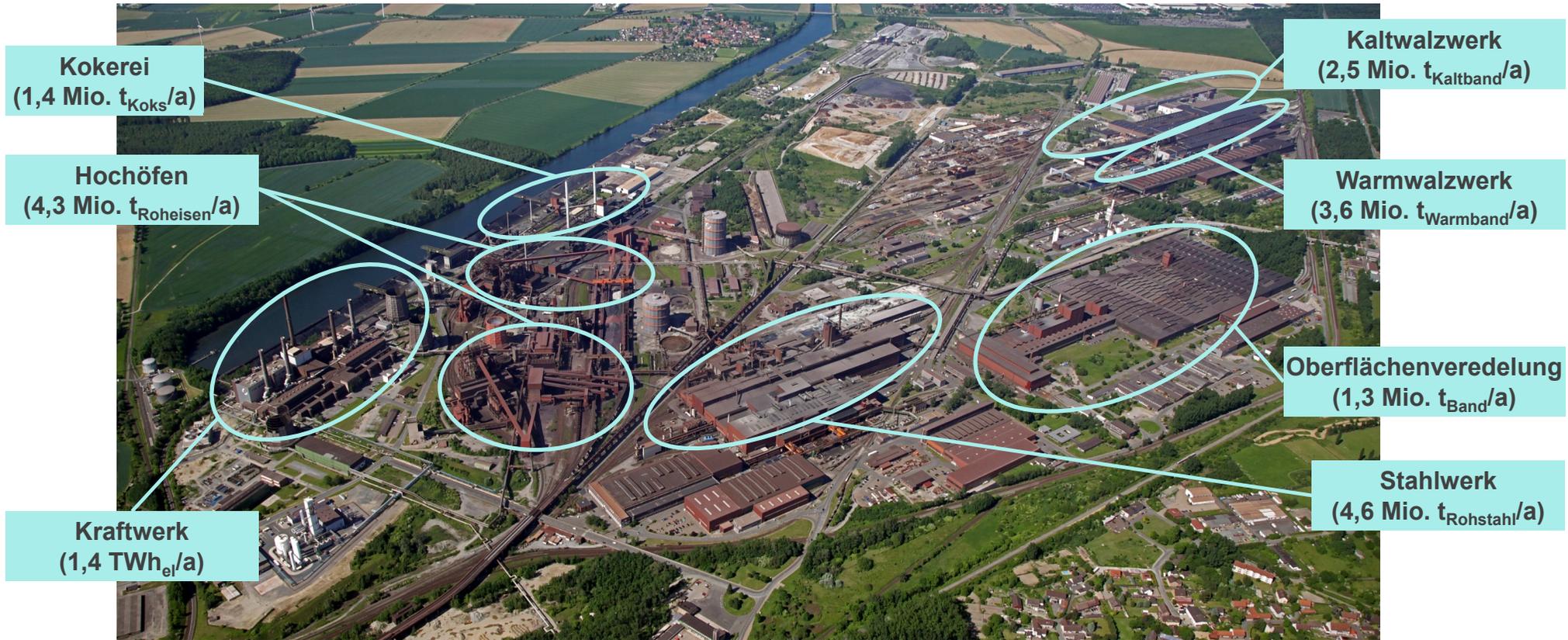
06.11.2019

Dr. Volker Hille, SZAG

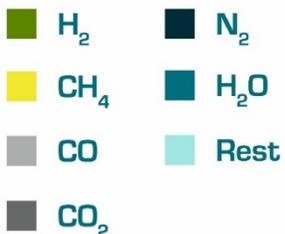
Agenda

- **Heutige Primärstahlproduktion**
- Grundkonzept für **SALCOS**
- Einzelheiten zur technologischen Implementierung

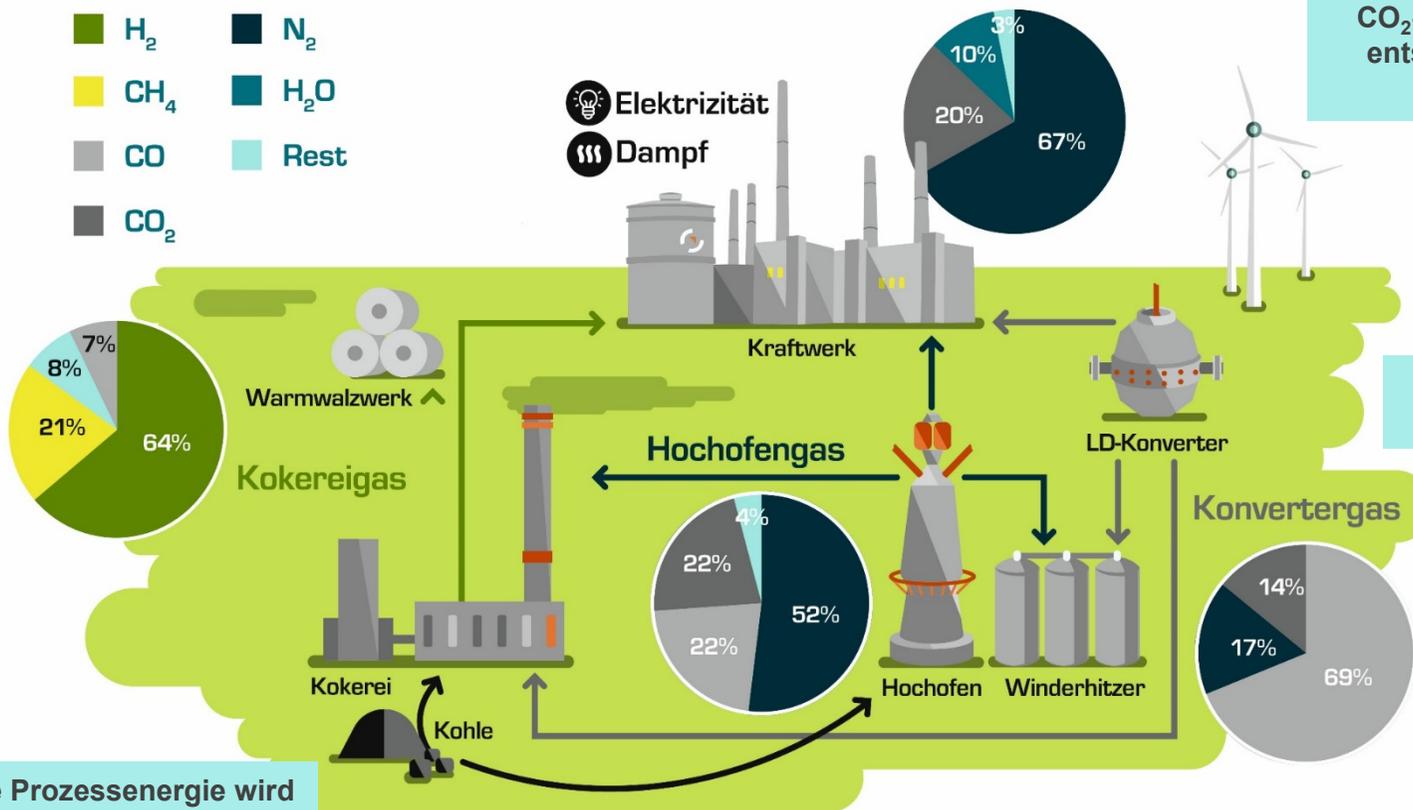
Integriertes Hüttenwerk Salzgitter der SZFG (2018)



Status Quo: Hocheffiziente, energetisch optimierte, kohlenstoffbasierte integrierte Stahlerzeugung



Elektrizität
 Dampf



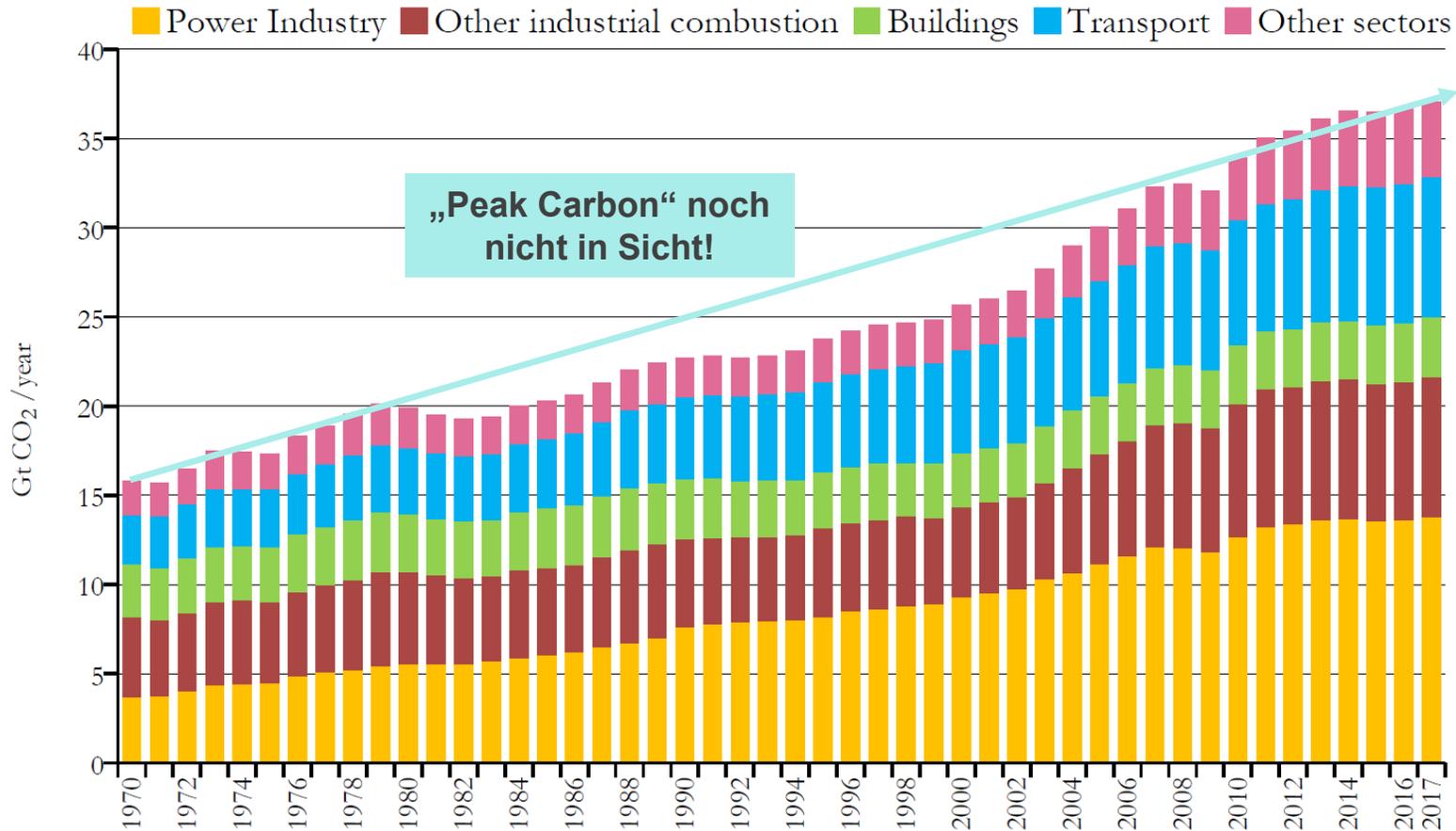
Gesamte von SZFG verursachte CO₂-Emissionen: ~ 8 Mio. t_{CO2}/a, entspricht ~ 1% der deutschen Gesamtemissionen

Fackelverluste nur ~ 0,1 %

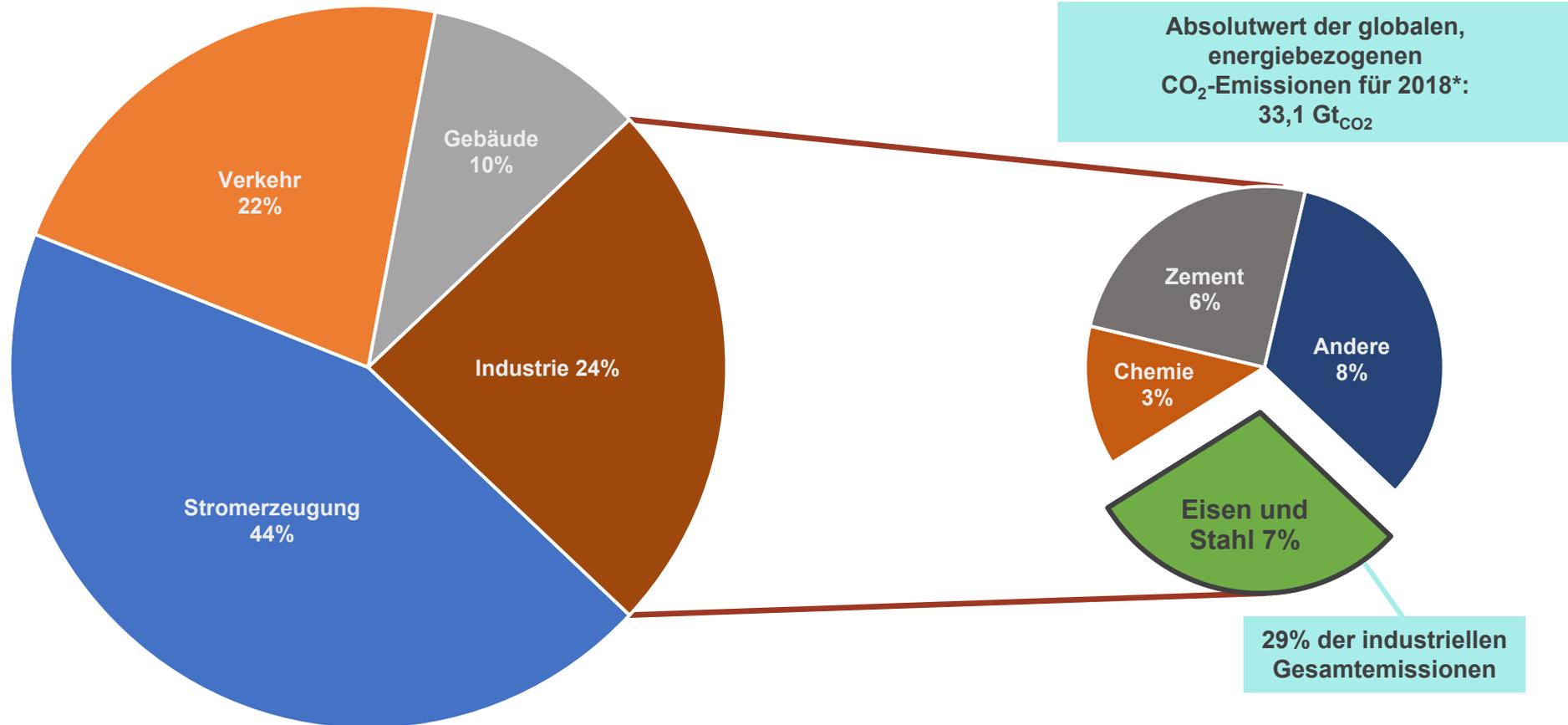
Komplette Prozessenergie wird über Kohlenstoff zugeführt!

Optimierte Verfahrensrouten → Substanzielle CO₂-Minderungen erfordern Wechsel der Prozesse!

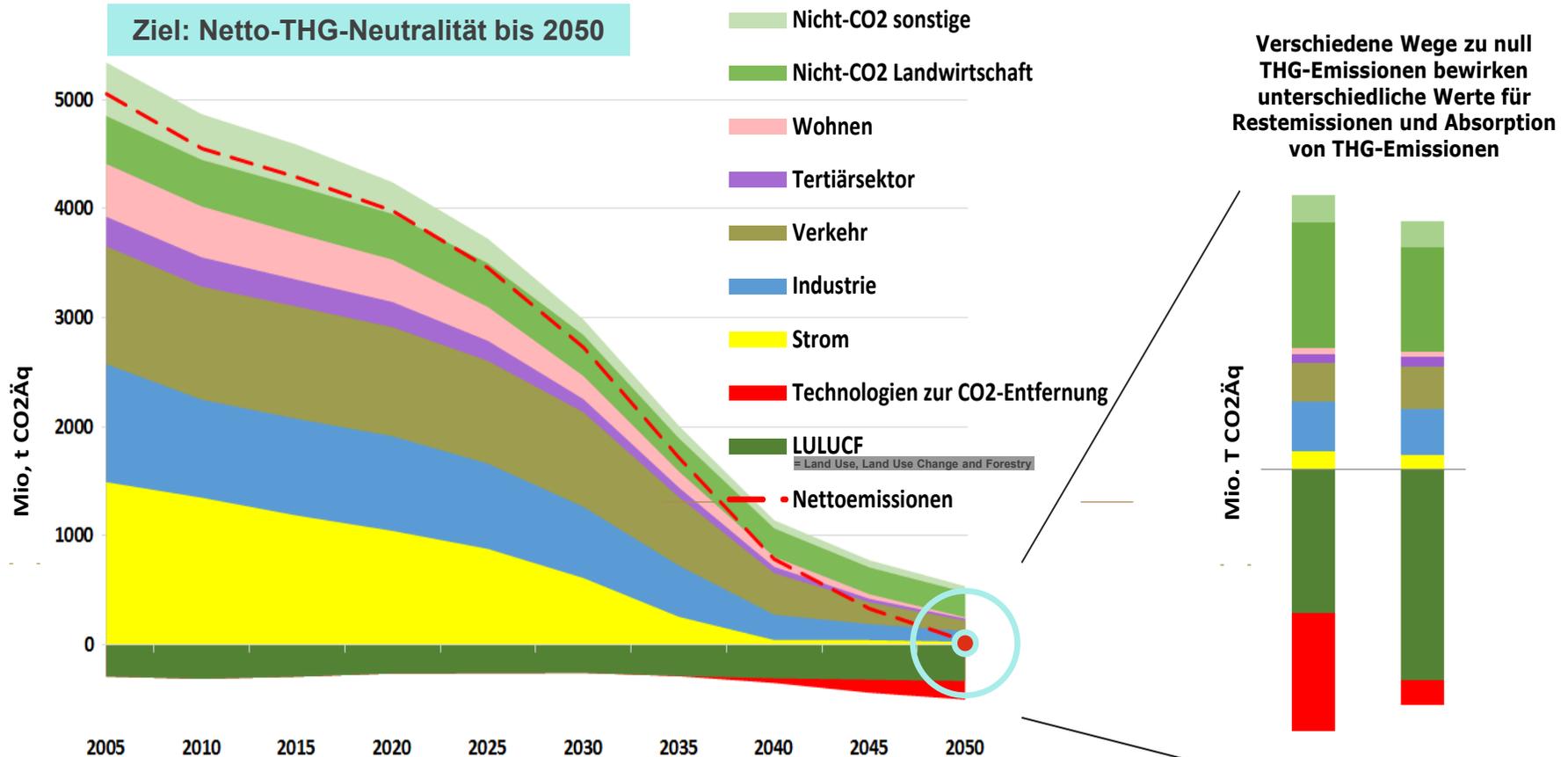
Motivation: Jährliche globale Emissionen von CO₂ aus fossilen Quellen



Detail: Globale CO₂-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger – Anteile verschiedener Sektoren

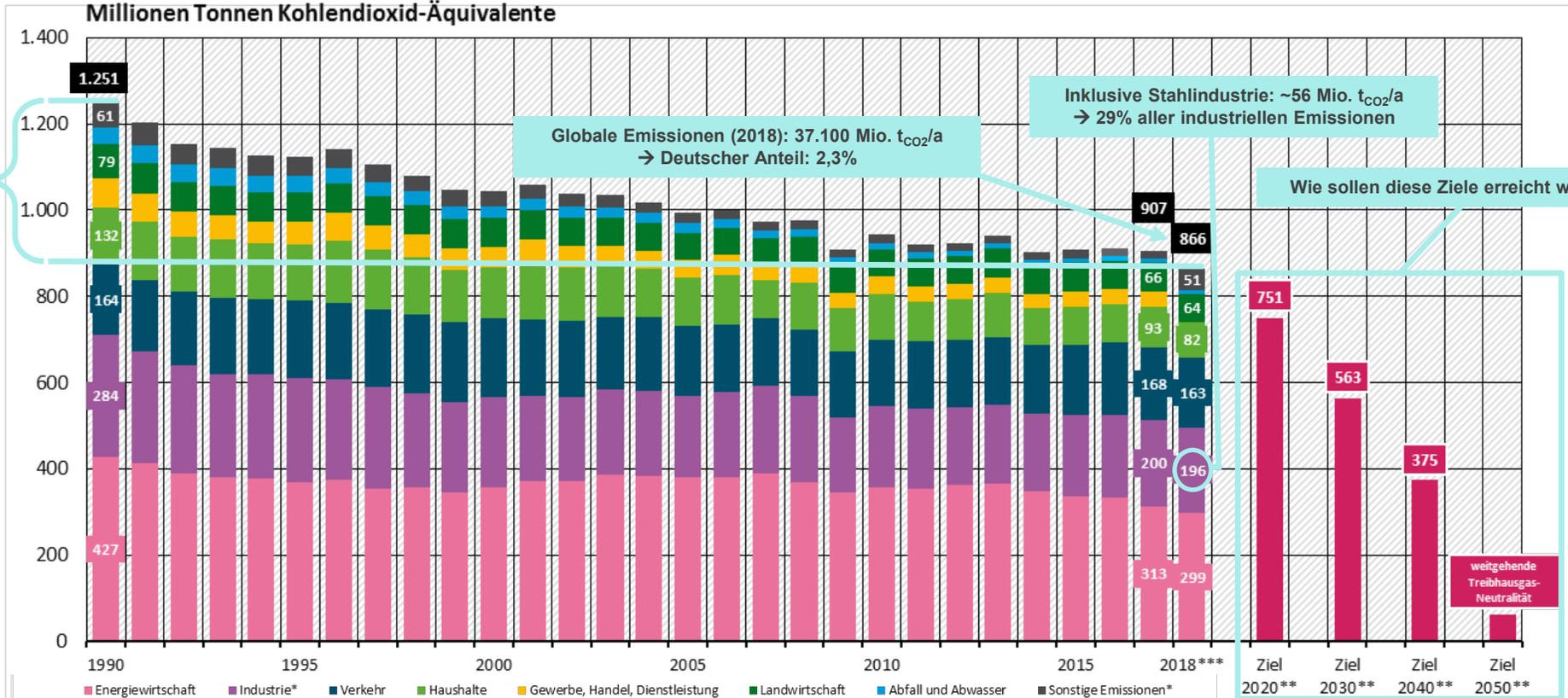


Europäische jährliche CO₂-Emissionen und Klimaziele



Deutsche jährliche CO₂-Emissionen und Klimaziele

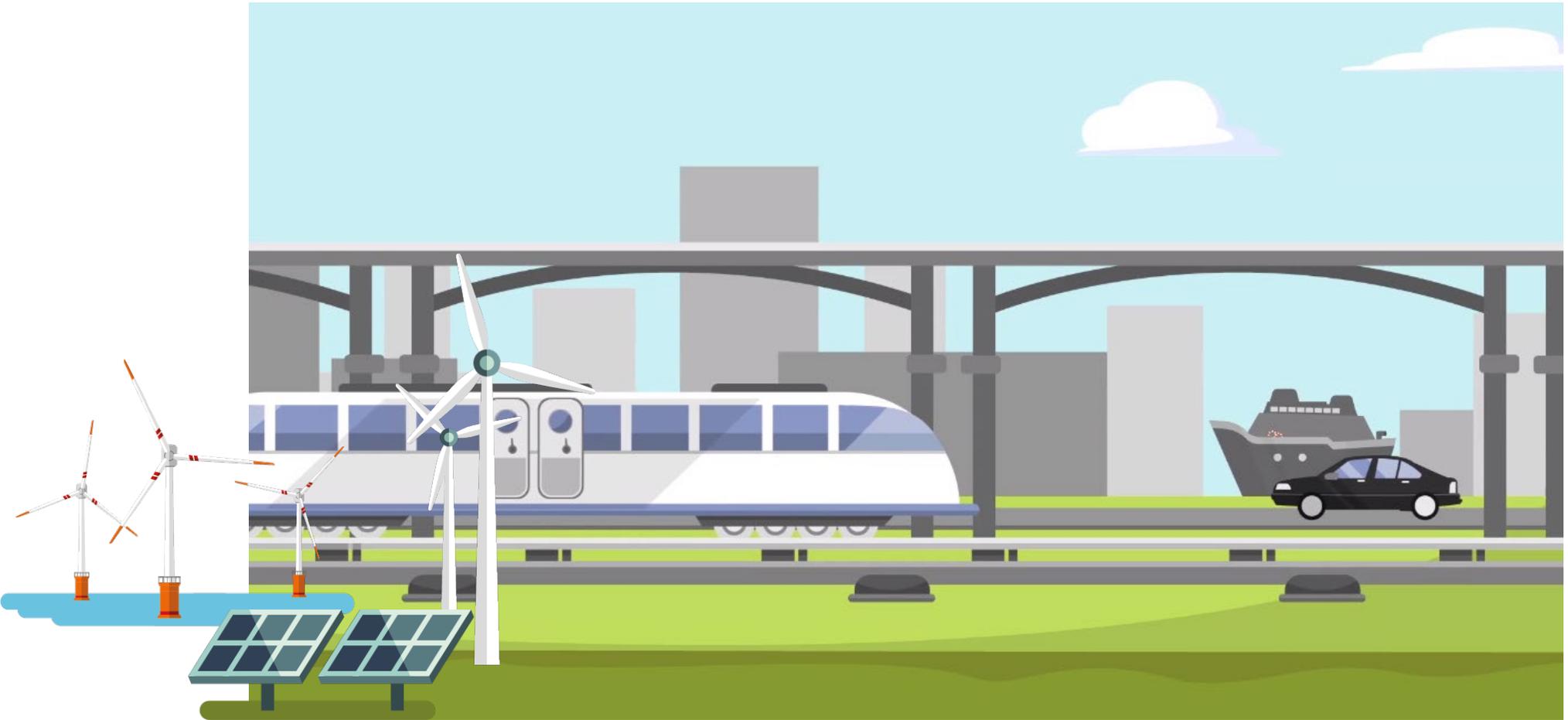
- 385 Mio. t_{CO2} in 28 Jahren → ~ - 14 Mio. t_{CO2}/a



Emissionen nach Kategorien der UN-Berichterstattung ohne Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft
 * Industrie: Energie- und prozessbedingte Emissionen der Industrie (1.A.2 & 2);
 Sonstige Emissionen: Sonstige Feuerungen (CRF 1.A.4 Restposten, 1.A.5 Militär) & Diffuse Emissionen aus Brennstoffen (1.B)
 ** Ziele 2020 bis 2050: Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung
 *** Schätzung 2018, Emissionen aus Gewerbe, Handel & Dienstleistung in Sonstige Emissionen enthalten

Quelle: Umweltbundesamt, Nationale Treibhausgas-Inventare 1990 bis 2017
 (Stand 01/2019) und Zeitrnauschätzung für 2018 aus UBA Presse-Information
 09/2019 (korrigiert)

Die Welt braucht weiterhin Primärstahl...



Die Stahlindustrie in Europa engagiert sich in zahlreichen verschiedenen Dekarbonisierungsansätzen...



„GrInHy“,
SALCOS
„WindH“,
SALCOS

voestalpine

„SuSteel“, „H2Future“

TATA STEEL

„Hlsarna“



thyssenkrupp

„Carbon2Chem“,
H₂ im Hochofen,
Direktreduktion

SSAB

„HYBRIT“



ArcelorMittal

„IGAR Steelanol“,
„Siderwin“
Wasserstoff-Direktreduktion

Agenda

- Heutige Primärstahlproduktion
- Grundkonzept für SALCOS
- Einzelheiten zur technologischen Implementierung

Unser grundlegendes Konzept – Direkte Vermeidung von CO₂-Emissionen

Ersatz von Kohlenstoff durch (elektrolytisch erzeugten) **Wasserstoff** als Reduktionsmittel für die Eisengewinnung

→ indirekte Nutzung elektrischer Energie



Elektrostahlerzeugung (EAF) in der Primärstahlproduktion

→ direkte Nutzung elektrischer Energie

«Carbon Direct Avoidance»



Schrittweise Elektrifizierung der Primärstahlherstellung

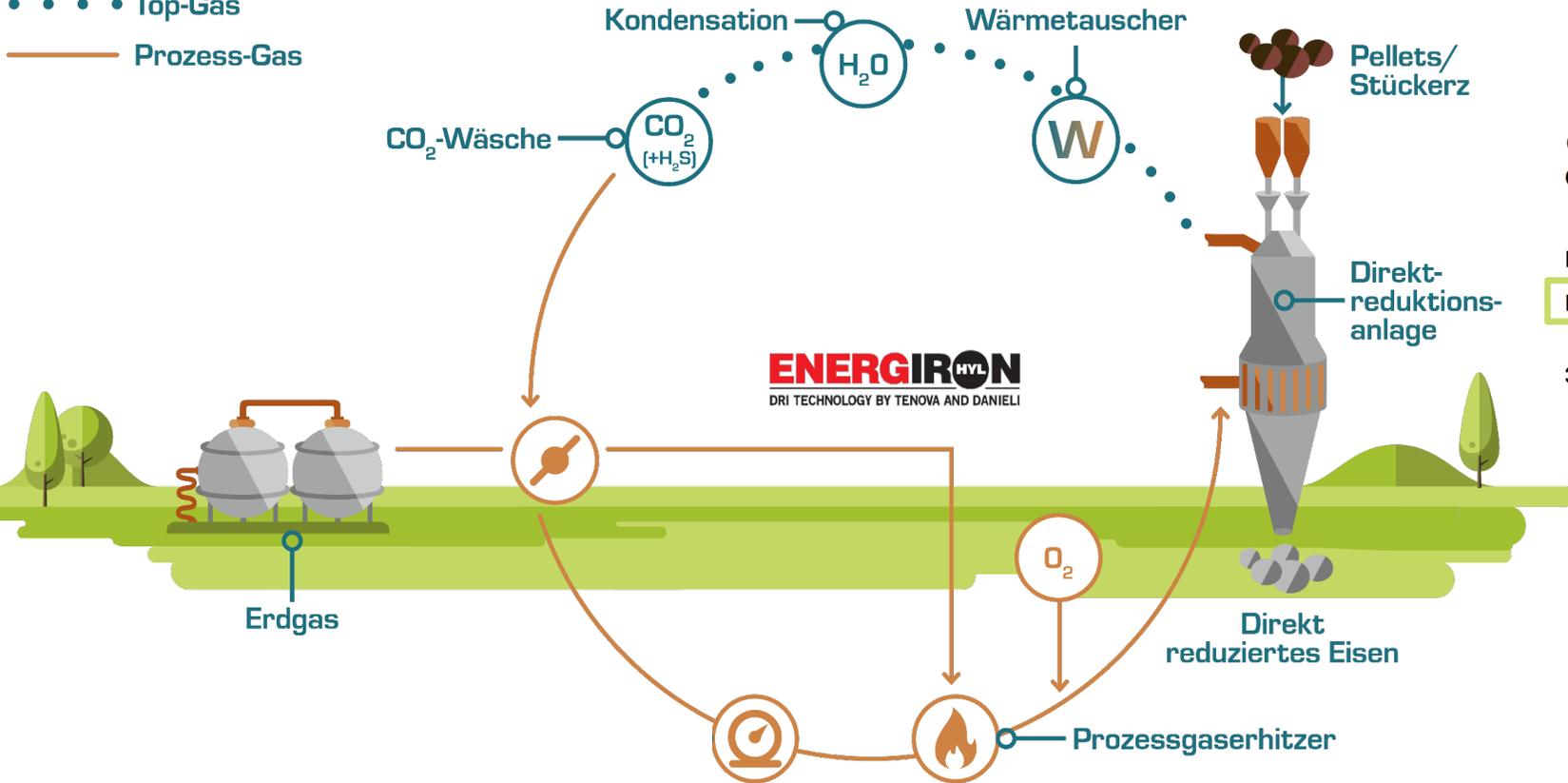
Agenda

- Heutige Primärstahlproduktion
- Grundkonzept für SALCOS
- Einzelheiten zur technologischen Implementierung

Absprungpunkt: Erdgasbasierter ENERGIRON „Direktreduktionsprozess“ (DRP)

• • • • Top-Gas

— Prozess-Gas



ENERGIRON^{HYL}
DRI TECHNOLOGY BY TENOVA AND DANIELI

In-situ Reforming



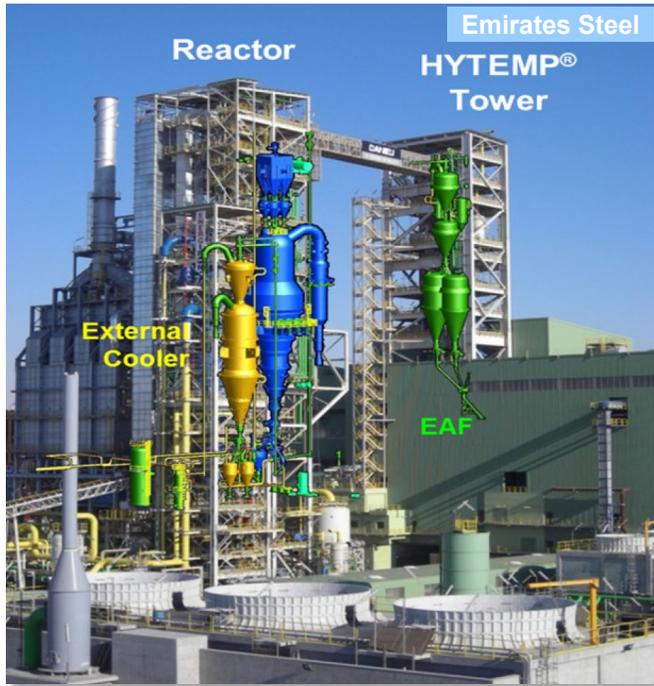
Reduction



Carburization



Zwei Beispiele für heute bereits in Betrieb befindliche, erdgasbasierte ENERGIION Direktreduktionsanlagen



Weltweite Produktion der standardmäßig mit Erdgas betriebenen Schachtofen-DRPs in 2018:
80,0 Mio. t Direktreduziertes Eisen (DRI)



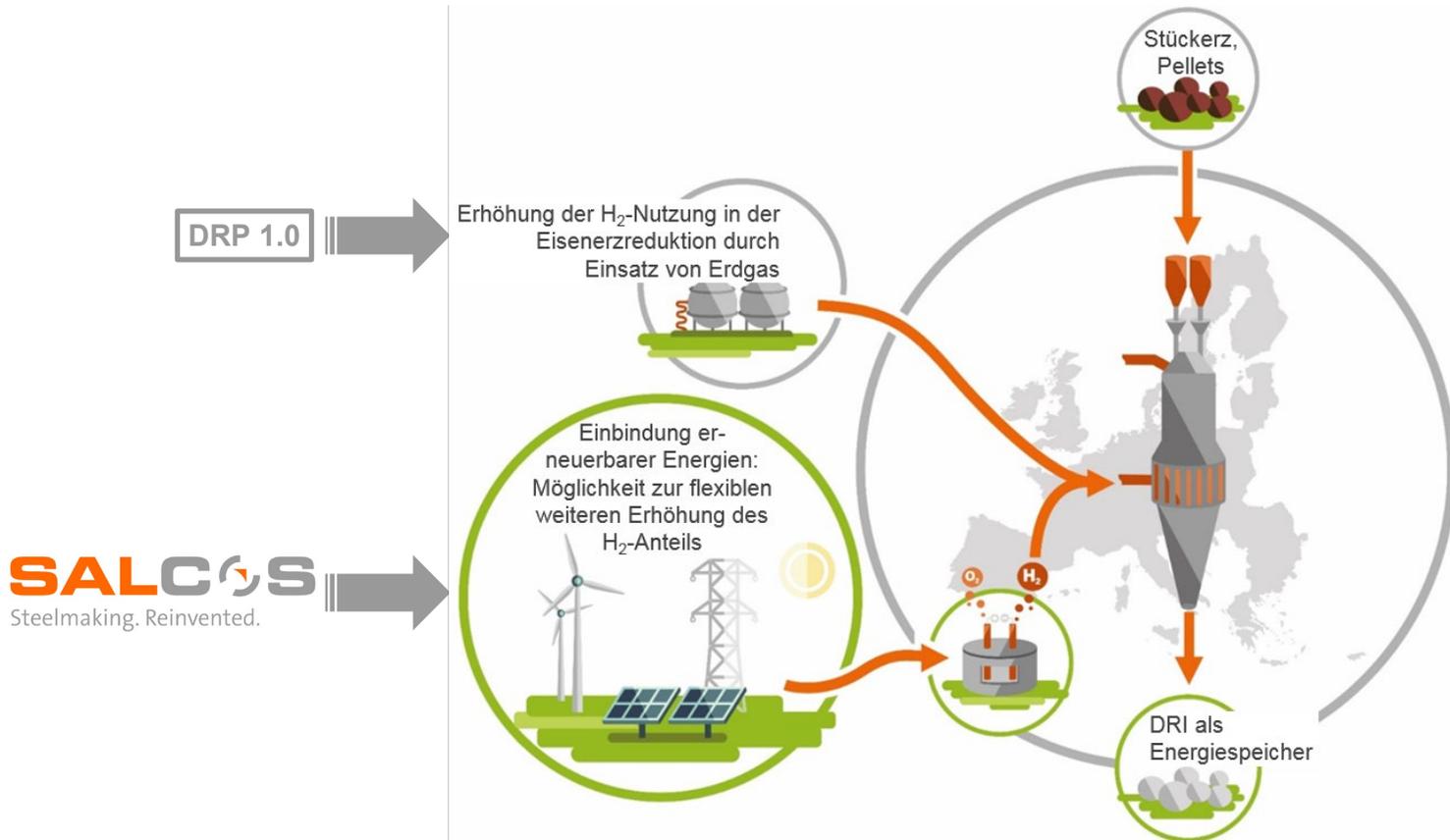
Erdgas (im Wesentlichen Methan, CH₄) stellt bereits einen hohen Anteil von Wasserstoff im Prozessgas bereit



Deutlich niedrigere CO₂-Emissionen im Vergleich zum Hochofen:
~570 kg_{CO2}/t_{DRI}, einschließlich der "Downstream" CO₂-Emissionen aus dem Kohlenstoffgehalt des DRI



„DRP 2.0“ – Weitere Senkung des CO₂-Fußabdrucks durch ergänzenden, flexiblen elektrolytischen H₂-Einsatz



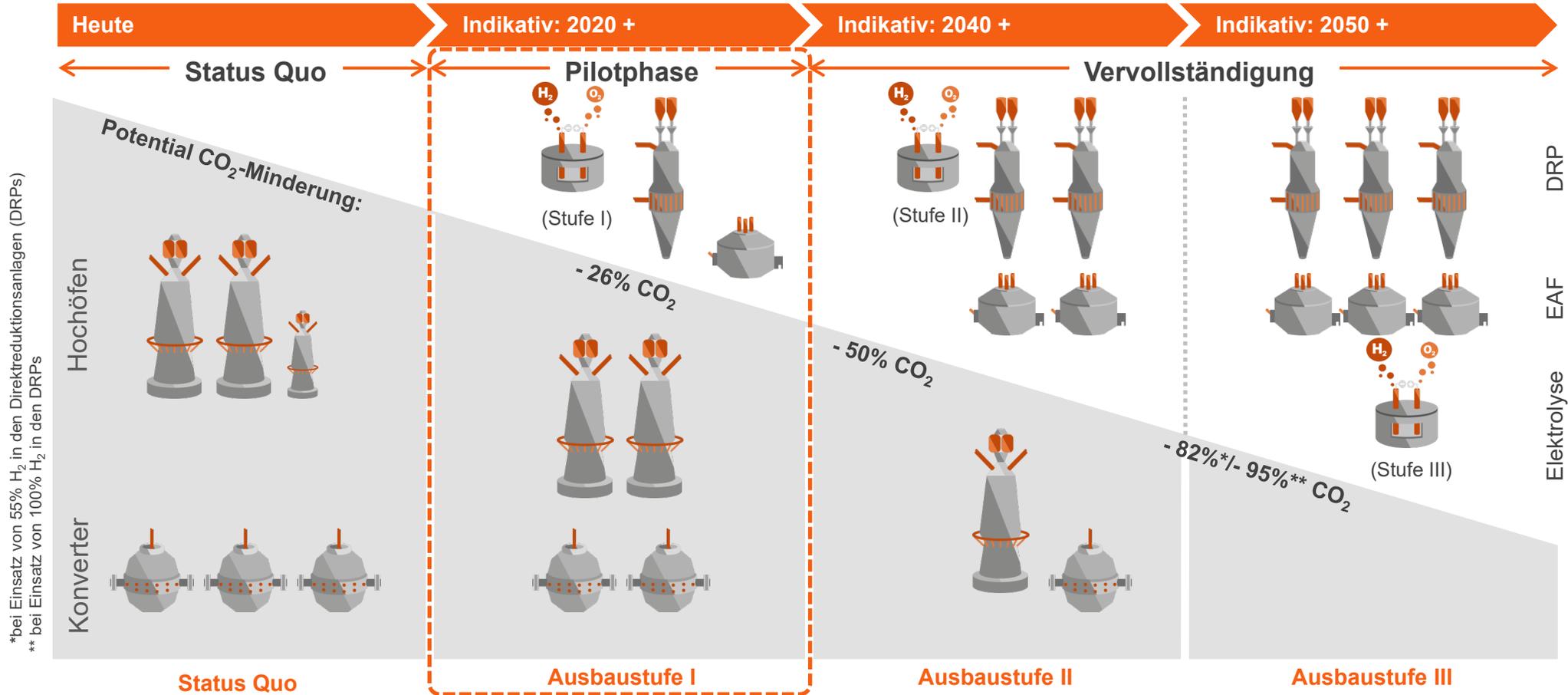
Kombination bereits etablierter (Direktreduktion mit Erdgas) mit innovativen (Wasserstoffproduktion und -einsatz) Technologien.

Integration in das bestehende, optimierte Hüttenwerk.

Stufenweise Reduzierung der CO₂-Emissionen um bis zu 95%.

Nachhaltiger „Carbon Direct Avoidance“-Ansatz: Vermeidung statt Verwertung.

Stufenweise Umstellung auf eine H₂-basierte Stahlerzeugung über die Direktreduktion/Elektrolichtbogenofen-Route



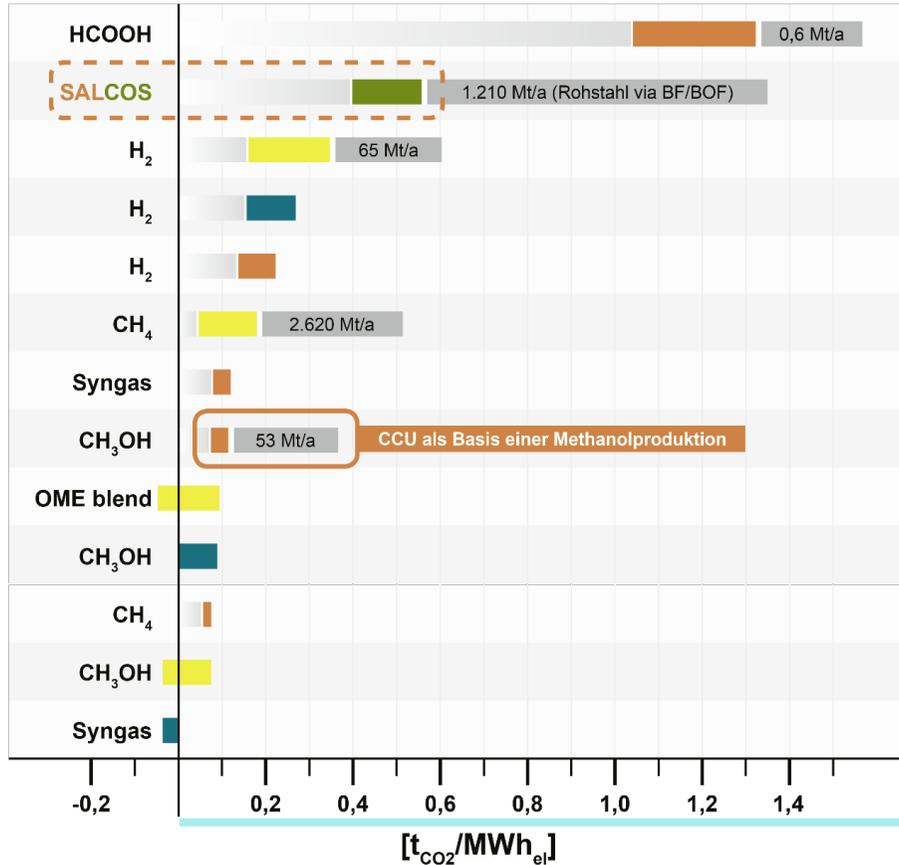
*bei Einsatz von 55% H₂ in den Direktreduktionsanlagen (DRPs)
** bei Einsatz von 100% H₂ in den DRPs

Einzelne Module sind technisch auch in Kombination realisierbar. Der tatsächlicher Umsetzungszeitpunkt hängt von wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen ab.

Die Stahlherstellung bleibt energieintensiv, dennoch gibt es eine Rangfolge der Dekarbonisierungsansätze...

„Merit Order“

- Power-to-Chemical
- Power-to-Steel
- Power-to-Mobility
- Power-to-Power
- Aktuelle Weltmarktgröße (summarisch über alle Anwendungen des Produktes)



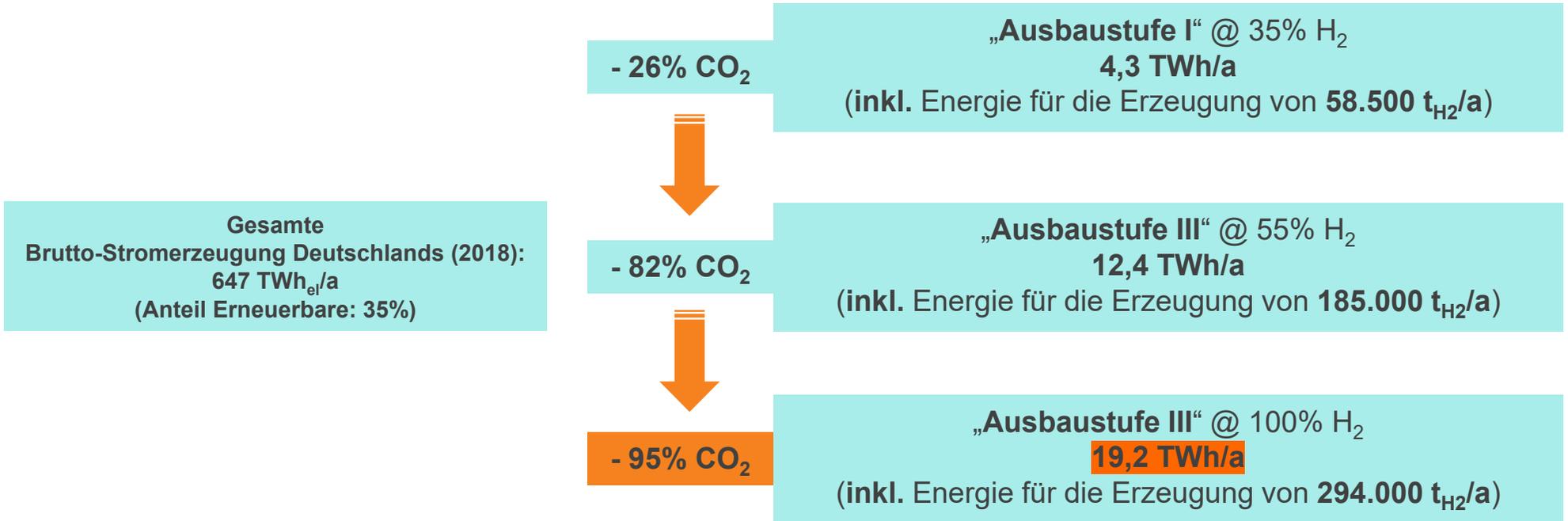
Quelle: Stemberg und Bardow, Energy Environ. Sci., 2016, 9, 389-400 (SALCOS90 und Weltmarktgrößen durch Salzgitter AG ergänzt)

Regenerativ erzeugter Strom als notwendige Energiequelle wird auch zukünftig der Engpass für die Dekarbonisierung sein.

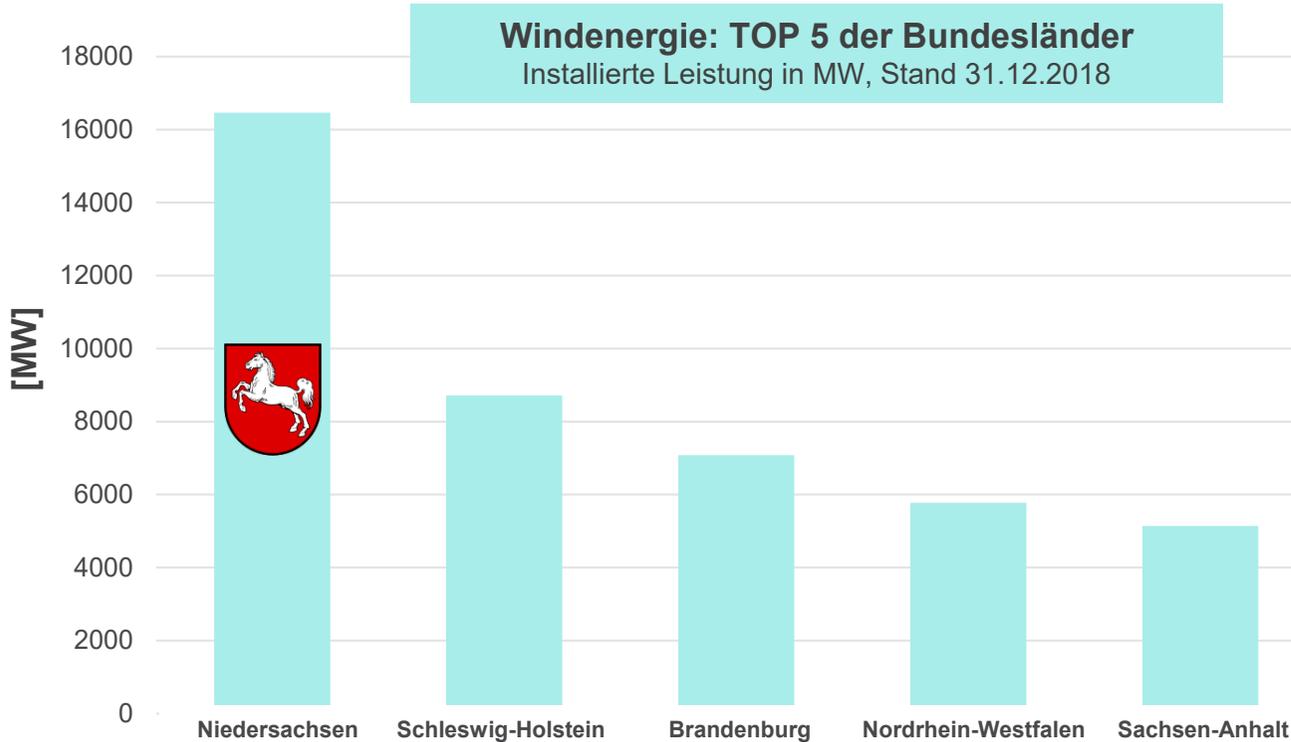
Die Kennzahl „t_{CO2} pro MWh_{el}“ stellt daher (zusammen mit der anwendbaren Weltmarktgröße) das entscheidende Kriterium für eine Technologiebewertung dar.

Je höher dieser Wert ist, desto effizienter ist der jeweilige Prozess zur CO₂-Einsparung

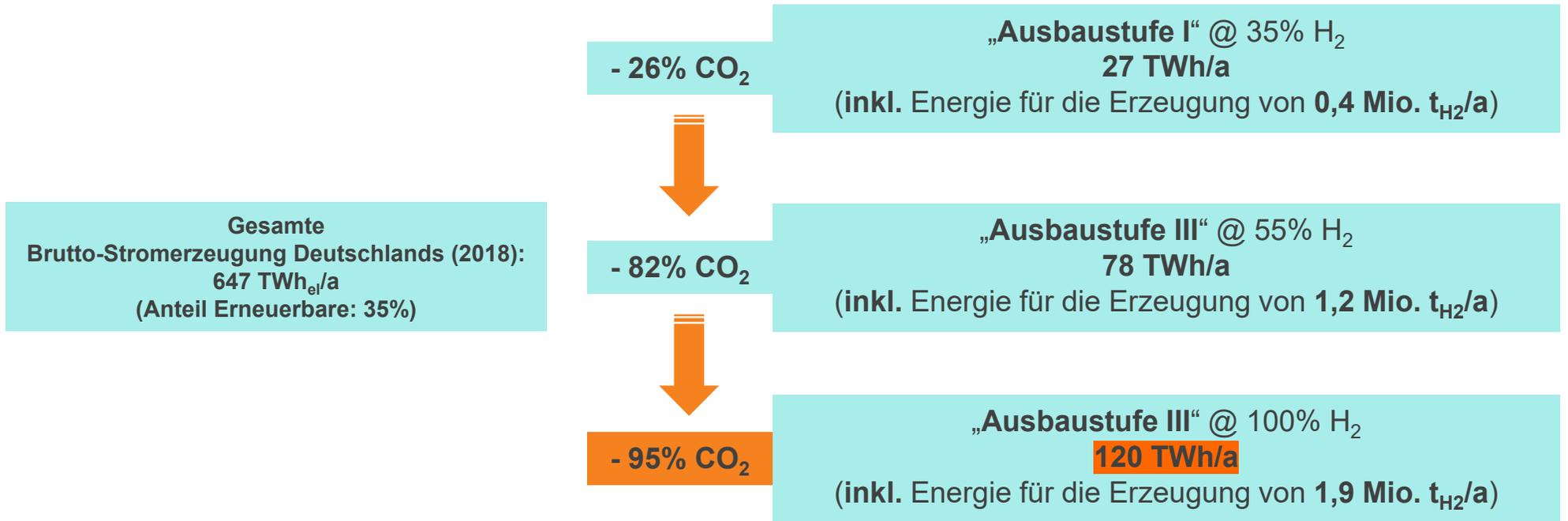
Zusammenfassung: Elektrischer Energiebedarf für die Transformation der Primärstahlproduktion bei SZFG



Die Lage der Salzgitter AG im Windstromland Niedersachsen ist günstig für die Umsetzung von SALCOS

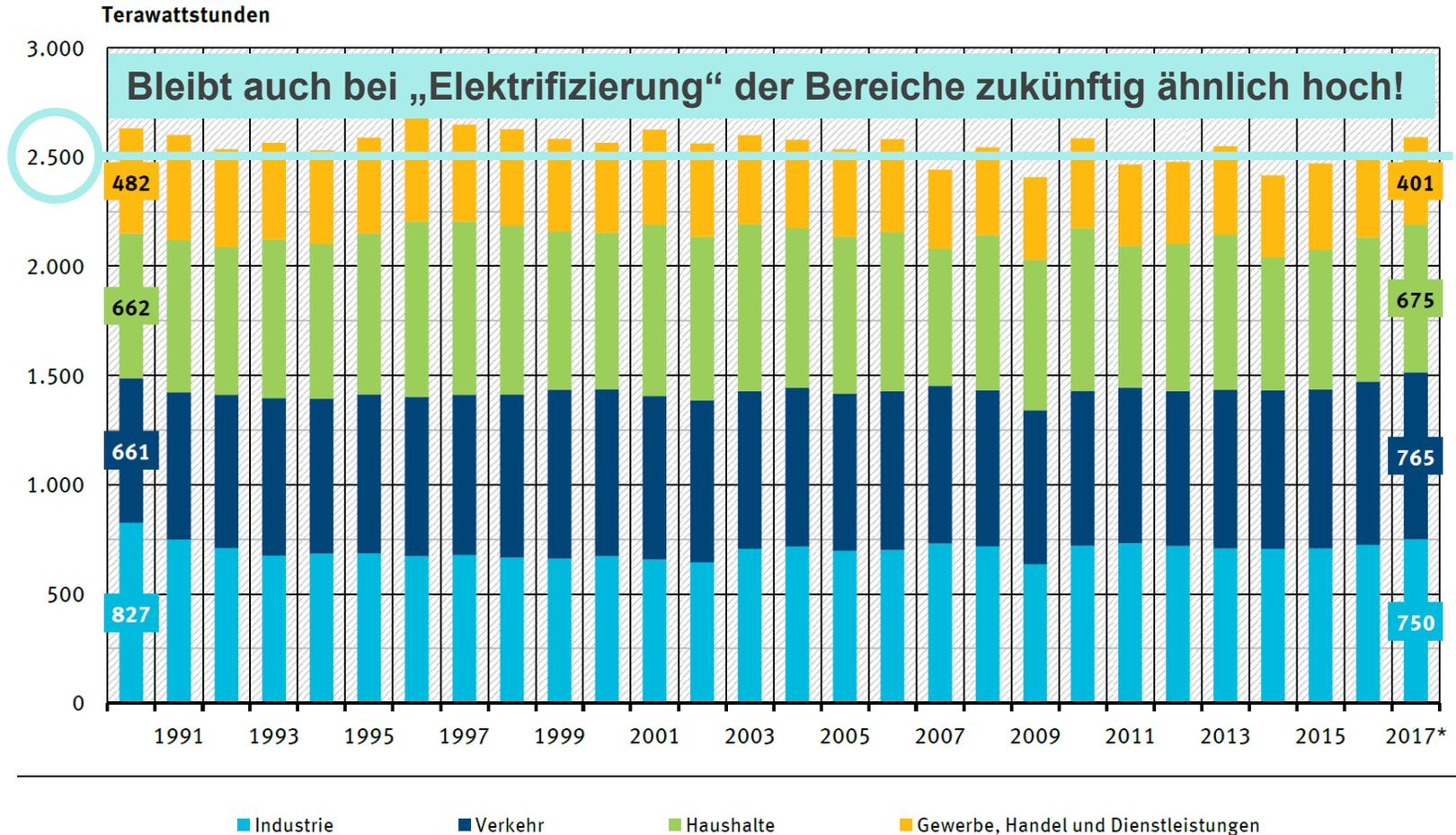


Zusammenfassung: Elektrischer Energiebedarf für die Transformation der deutschen Primärstahlproduktion

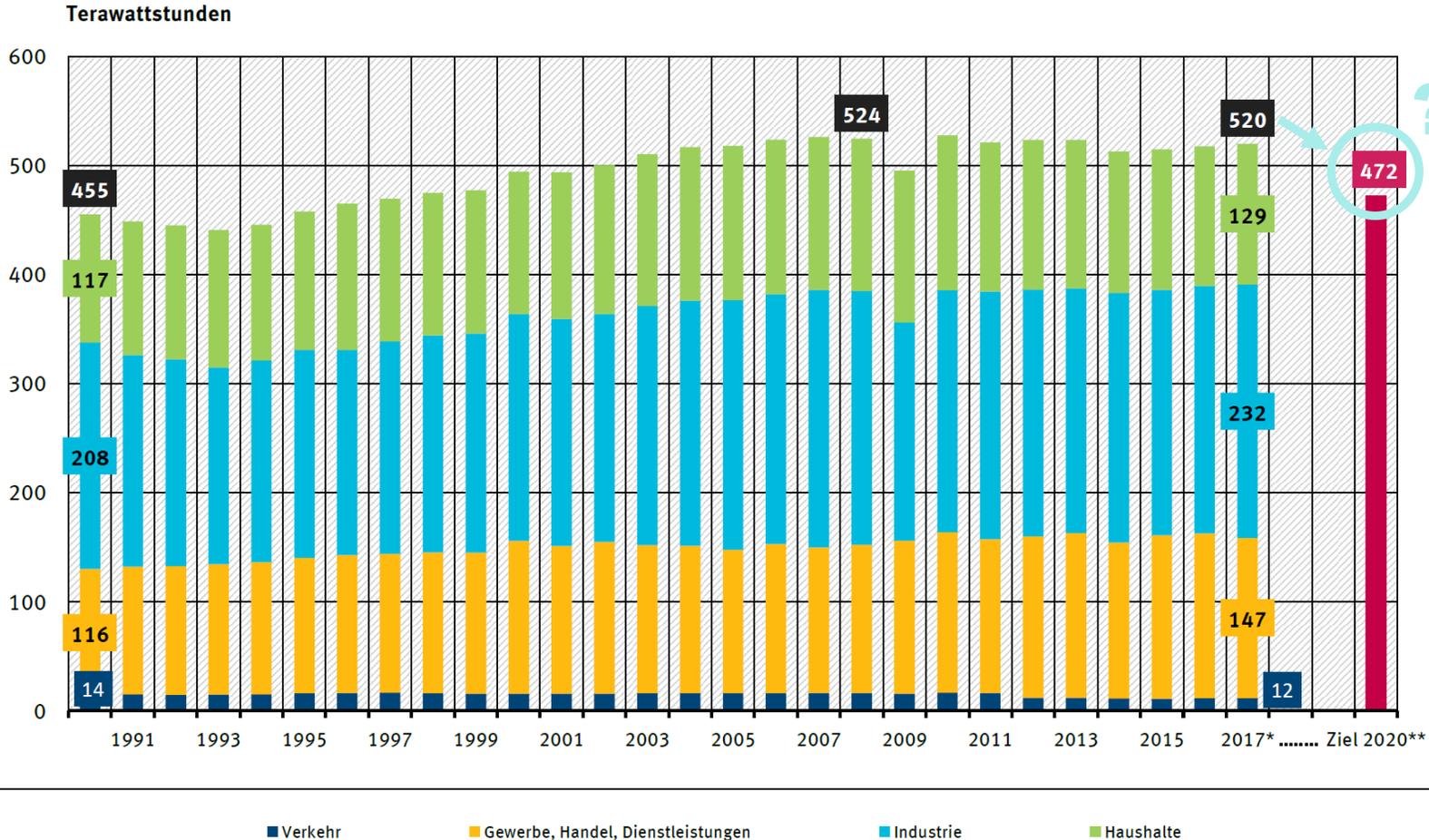


Vor dem Hintergrund der zukünftigen Bedarfe zur Dekarbonisierung energieintensiver Industrien ist die Idee einer deutschen Selbstversorgung mit erneuerbarer elektrischer Energie eine Illusion!

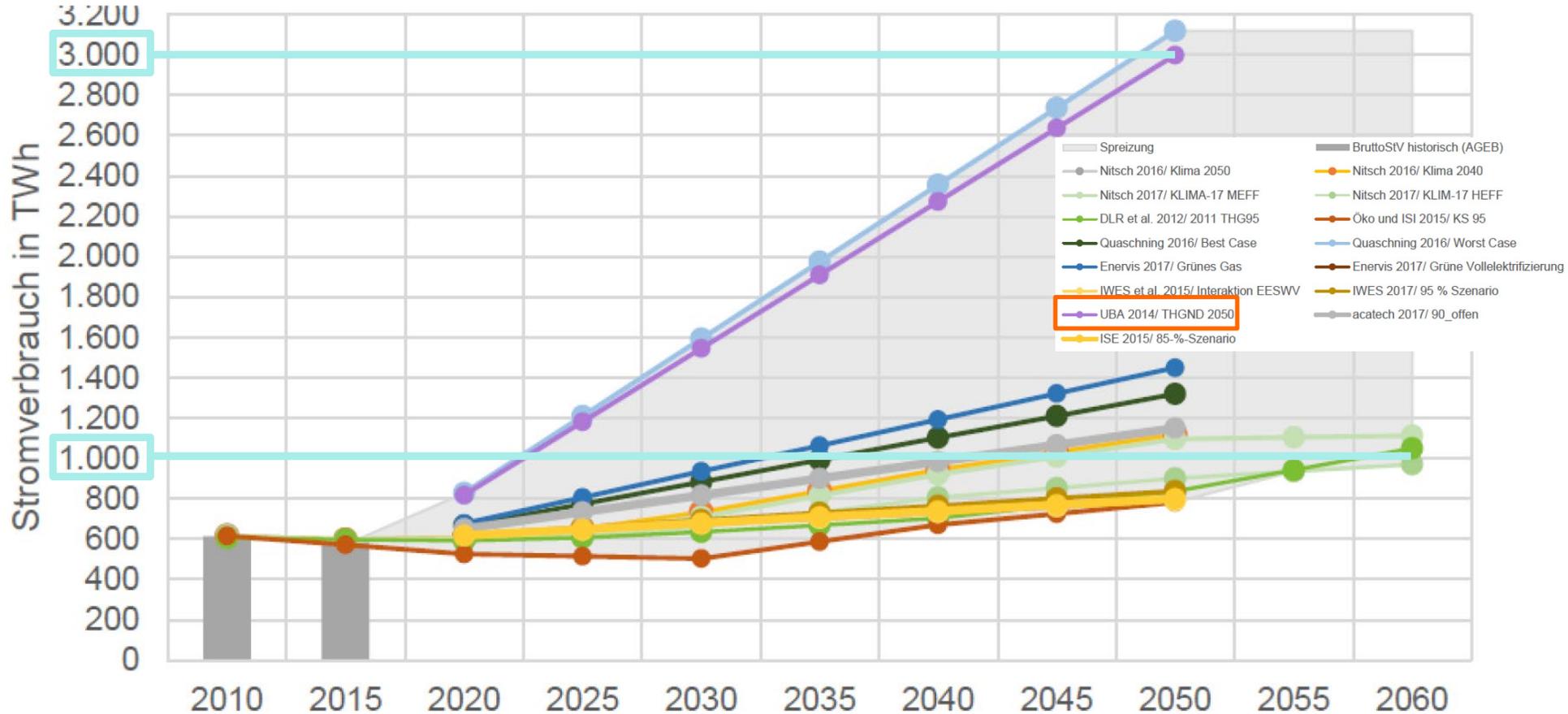
Widersprüche: Deutscher Endenergieverbrauch (UBA)...



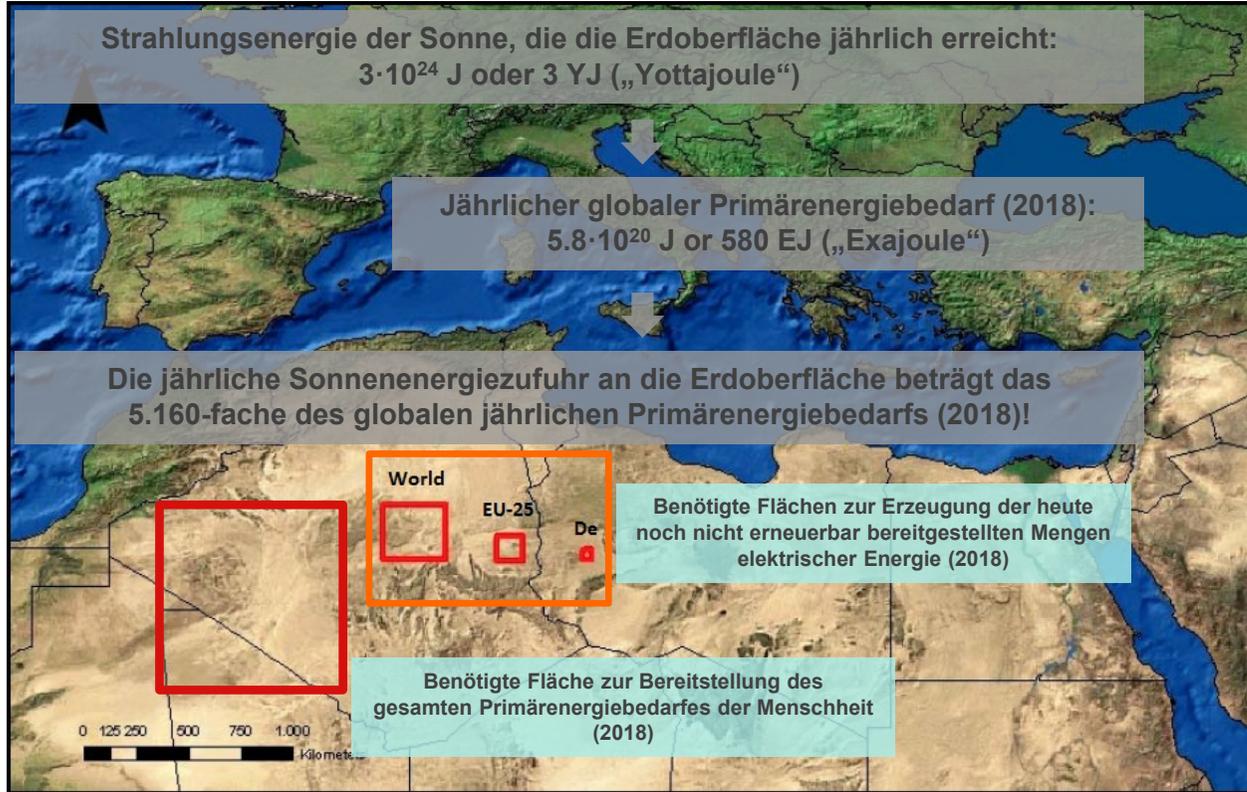
...zu offiziellem Ziel Stromverbrauch (UBA)....



...zu verschiedenen Strombedarfs-Szenarien (FhG)



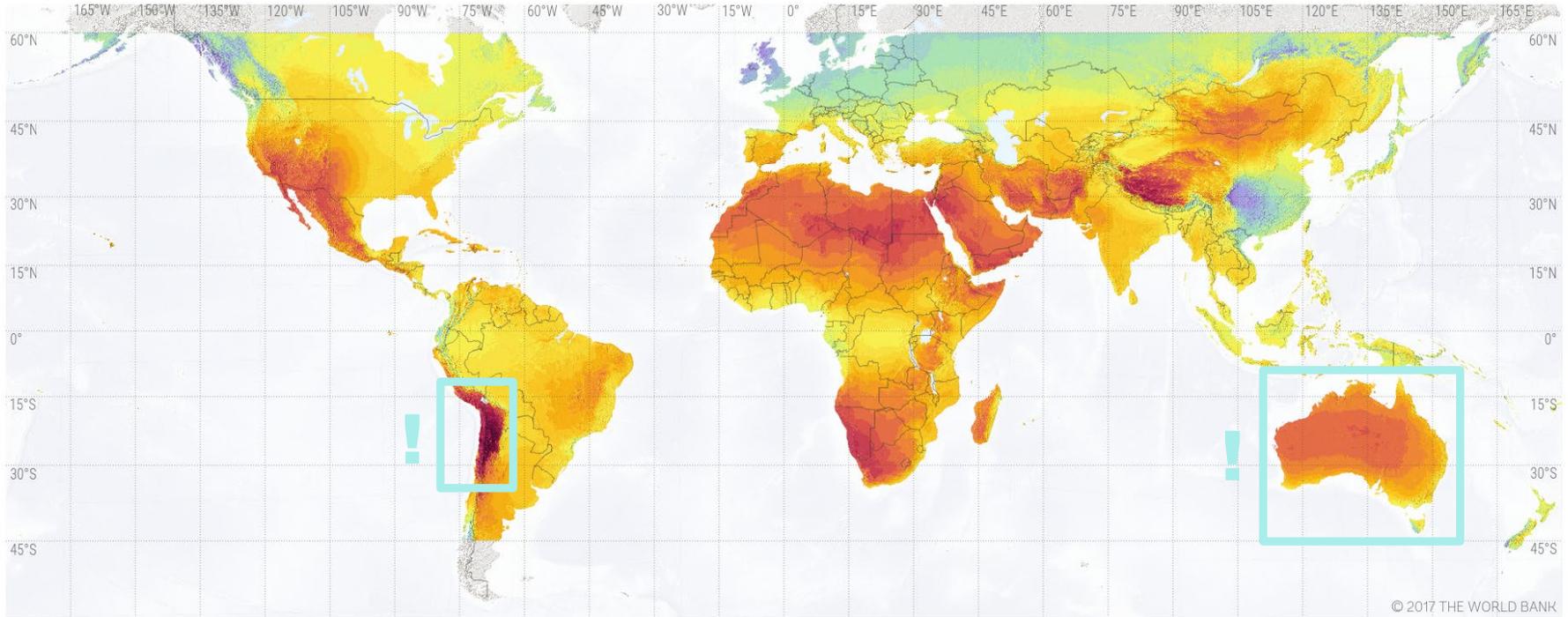
Optionen für eine zukünftige Versorgung mit Elektrizität/ Wasserstoff – Beispiel: Das Potenzial der PV



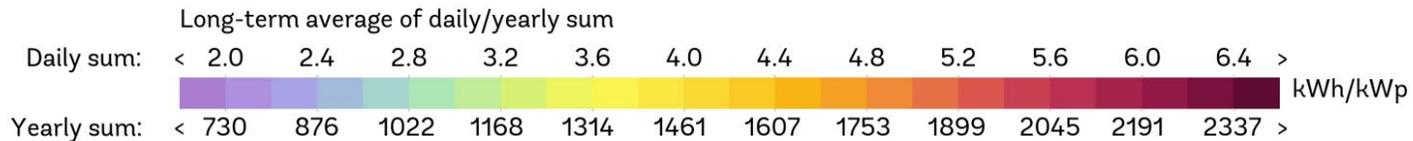
Bildquelle: Diploma Thesis of Nadine May:
Technical University of Braunschweig,
Faculty for Physics and Geological Sciences,
Institute of Technical Thermodynamics at the DLR, Stuttgart, 2005

Bei einem Systemwirkungsgrad von 10% wird ein nordafrikanisches Wüstengebiet (durchschnittliche Sonneneinstrahlung 251 W/m²) von ~733.000 km² benötigt, um den gesamten jährlichen Primärenergiebedarf der Menschheit (2018) zu decken. Dies entspricht einem Quadrat von 856 x 856 km. Wenn nur die globale, nicht erneuerbare Stromproduktion von ~ 20.000 TWh bereitgestellt werden soll, beträgt die entsprechende Fläche ~91.000 km², was einem Quadrat von 301 x 301 km entspricht. In der Realität müssten die erforderlichen Flächen aus offensichtlichen Gründen selbstverständlich global verteilt sein.

Es muss nicht Afrika oder Arabien sein...



© 2017 THE WORLD BANK



Grundbedingungen – von Anfang an!

- **Sichere, kontinuierliche und preiswerte Versorgung mit elektrischer Energie** aus erneuerbaren Quellen (z.B. Windenergie in Norddeutschland) **im benötigten, erheblichen Umfang**, z.B. für Wasserstofferzeugung, für den Betrieb der Elektrolichtbogenöfen und zum Kuppelgasersatz.
- Staatliche **Abgaben auf elektrische Energie** (z.B. EEG-Umlage) **sollten entfallen** bzw. signifikant sinken.
- **Weiterhin sichere, möglichst preisgünstige Belieferung mit Erdgas.**
- **Bevorzugte Anbindung an neue energetische Infrastruktur** (Stromversorgung bzw. Wasserstoff- und Erdgas-Pipelines).
- Ein „**Level playing field**“ muss unbedingt geschaffen werden: **Faire Bedingungen für alle Marktteilnehmer in Europa**, sowohl für Importe in die EU als auch für Exporte aus der EU – denn die meisten Länder der Welt unternehmen keine zu uns vergleichbaren, kostspieligen Klimaschutzanstrengungen.
- **Anreize und/oder regulatorische Maßnahmen** zur Schaffung der Möglichkeit, grünen Stahl in Endprodukten einzusetzen

Dekarbonisierung ist eine Aufgabe für die gesamte europäische Gesellschaft: Anschubförderung der Investitionen und Lösungen für einen wirtschaftlichen Betrieb sind unverzichtbar!

SALCOS  **S**

Steelmaking. Reinvented.