LANGFRISTSZENARIEN FÜR DIE TRANSFORMATION DES ENERGIESYSTEMS IN DEUTSCHLAND

Treibhausgasneutrale Szenarien

Vertiefungswebinar Industriesektor, 29.6.2021, Tobias Fleiter, Fraunhofer ISI

Foto Ant Rozetsky auf Unsplash

Autoren Industrie

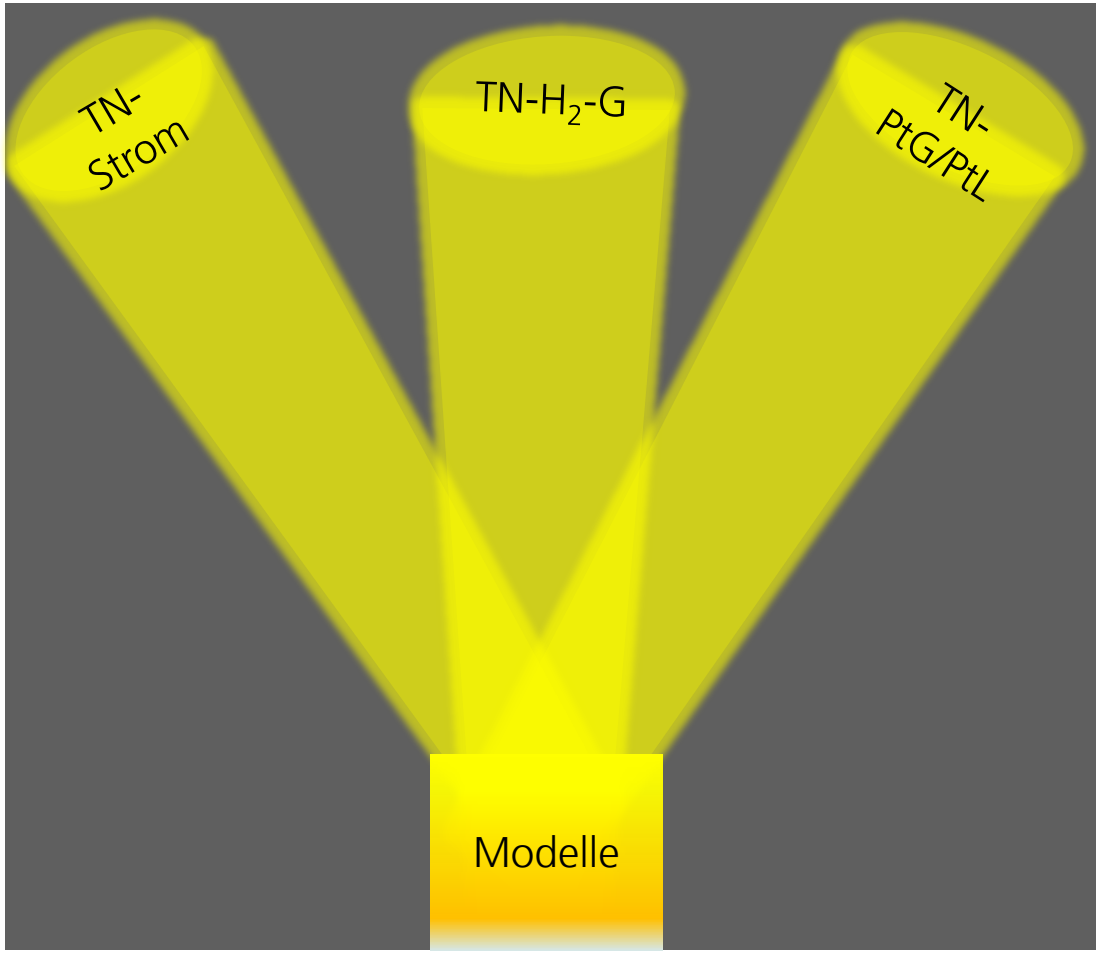
- Tobias Fleiter: Sektorkoordination
- Andrea Herbst: Circular Economy
- Pia Manz: Regionalisierung
- Marius Neuwirth: Wasserstoff
- Matthias Rehfeldt: Modellintegration

Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

Kontext Gesamtprojekt

Methodik & Szenariodesign

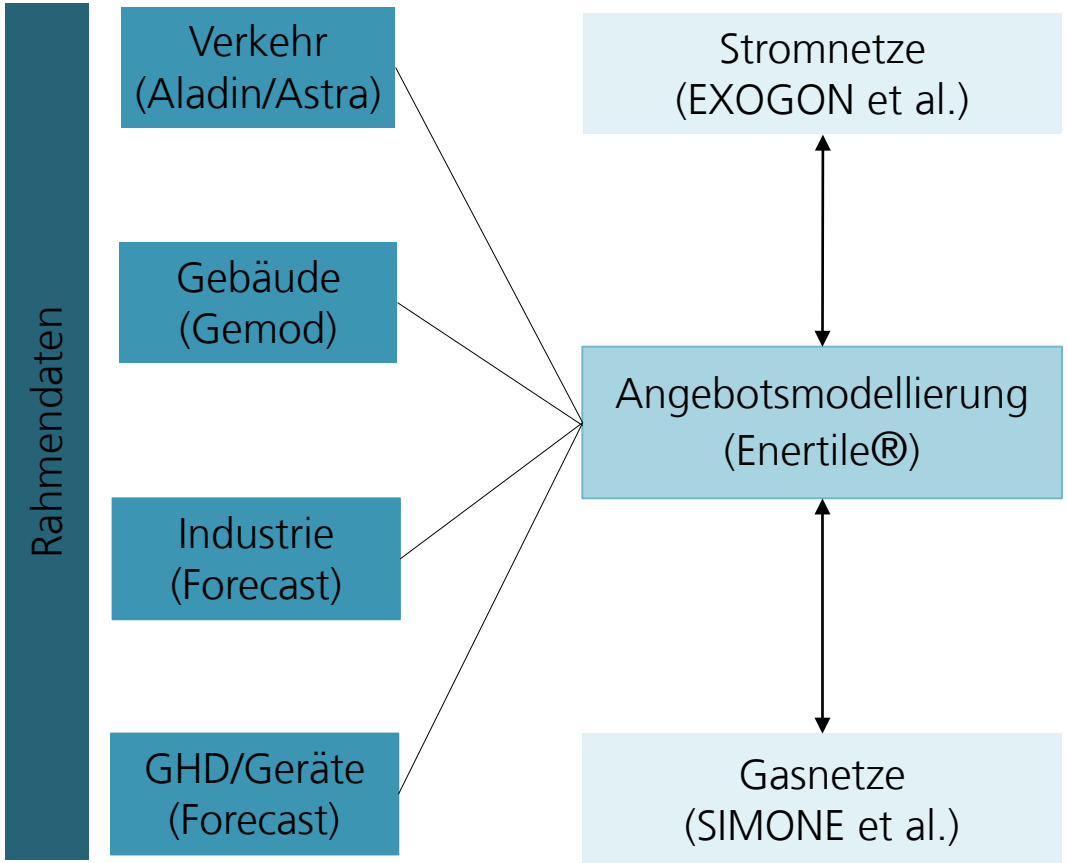
Erkenntnisgewinn durch Vergleich statt einzelnem „Leitszenario“



- **Zentrale Fragestellung**
  - Welche techno-ökonomischen Wirkungen haben bestimmte Pfade zur Dekarbonisierung des Energiesystems?
- **Vorgehensweise**
  - Vergleich der Dekarbonisierung des Energiesystems durch
    - sehr starken Stromeinsatz (*Szenario TN-Strom*)
    - sehr starken Einsatz von Wasserstoff (*Szenario TN-H_2-G*)
    - sehr starken Einsatz von synthetischen Kohlenwasserstoffen (*Szenario TN-PtG/PtL*)
  - Modellierung der Transformationspfade bis 2050 mit detaillierten Bottom-up Modellen
- **Mission der Langfristszenarien**
  - Durch ständige methodische Weiterentwicklung und eine Vielzahl von Szenarien den Lösungsraum für ein treibhausgasneutrales Energiesystem immer besser „ausleuchten“
  - Identifikation der Effekte alternativer Transformationspfade

Hinweis im Gesamtprojekt werden >25 Szenarien berechnet

Modellsystem
Gekoppelte Modelle erlauben hoch aufgelöste Analysen



- **Vorgehensweise**
  - Detaillierte Modelle berechnen Energienachfrage
  - Energienachfrage wird **regionalisiert**
  - Potentiale Erneuerbarer Energien werden in hoher räumlicher und **zeitlicher** (stundenscharf) Auflösung berechnet
  - Bereitstellung der Energie wird optimiert und mit Netzmodellen iteriert
  - Auslegung der **Netze** wird berechnet
- **Einordnung**
  - Sehr hohe Auflösung des Energiesystems
    - Beispiel Enertile (Optimierung Angebot)
      - > 130 Millionen Erzeugungsvariablen
      - Größe des Gleichungssystems > 4,4 Mio. Schreibmaschinenseiten
  - Modellkette sehr rechenintensiv und aufwändig

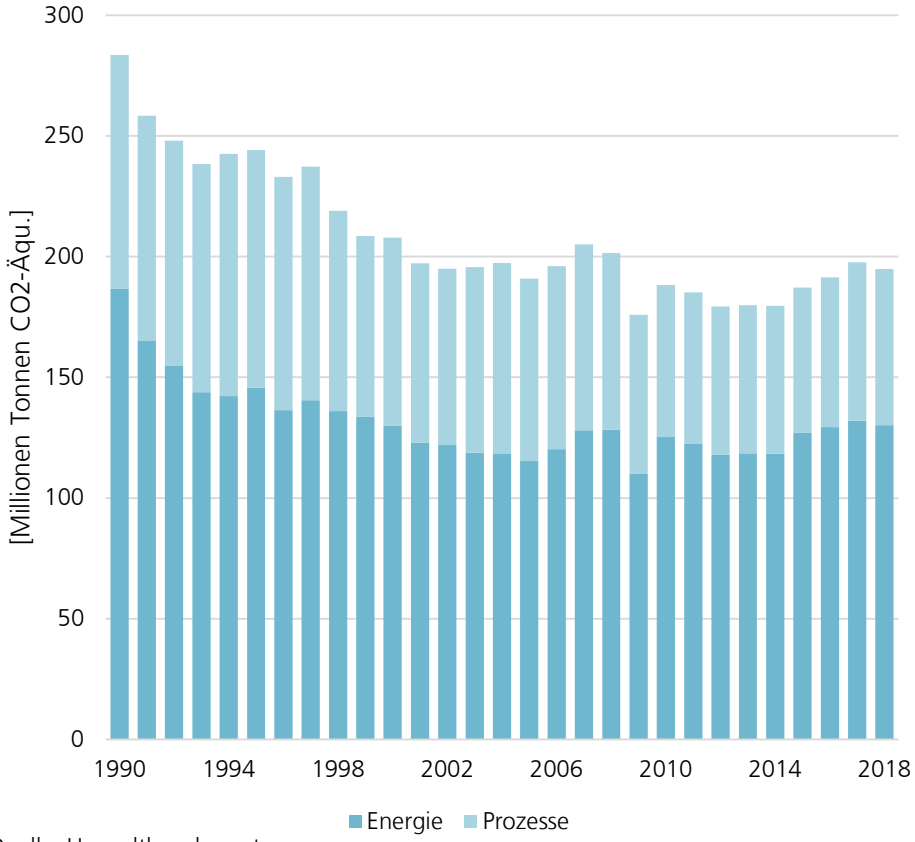
Agenda Industrie

1. Methodik, Szenariodefinition und Annahmen
2. Blick in die Sektoren Chemie, Stahl und Zement/Kalk
3. Ergebnisse der Szenarien
4. Regionale Analysen

Hintergrund: THG-Emissionen der Industrie

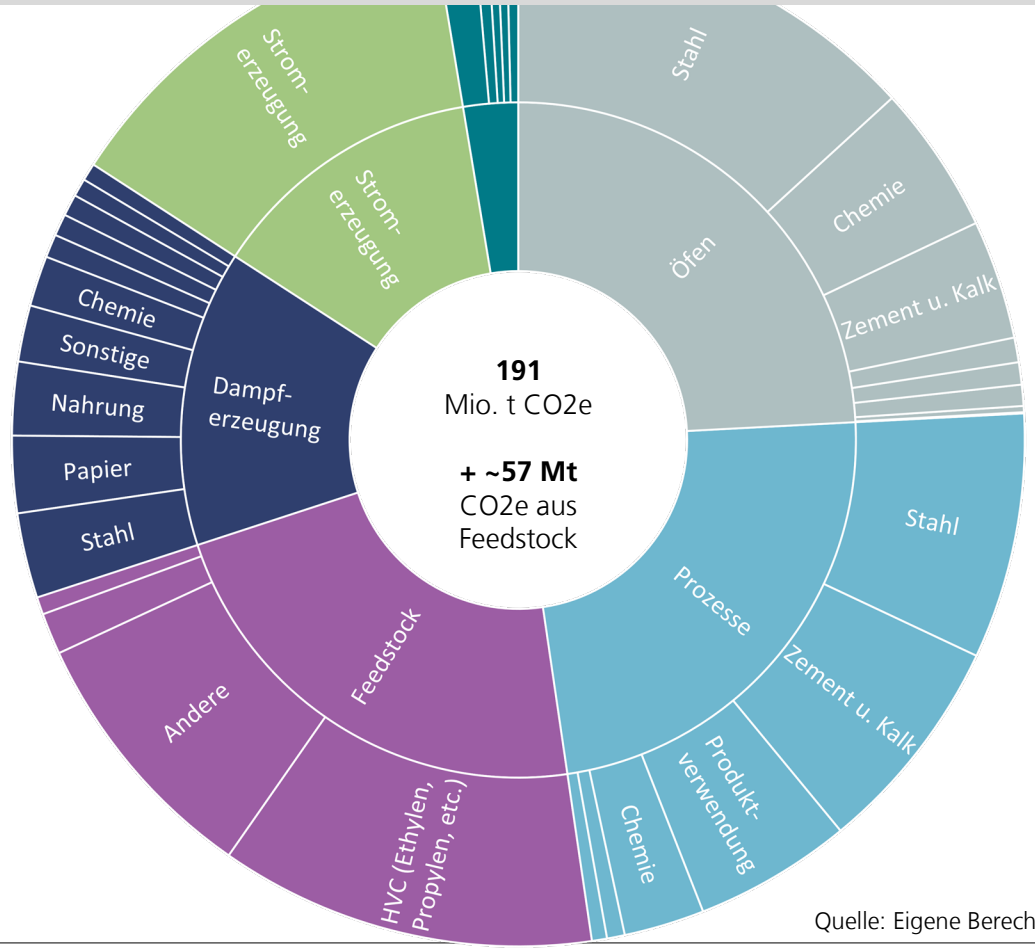
Emissionsbilanz des Industriesektors

THG-Emissionen Industrie historisch



Quelle: Umweltbundesamt

THG-Emissionen Industrie in 2018 nach Anwendungen

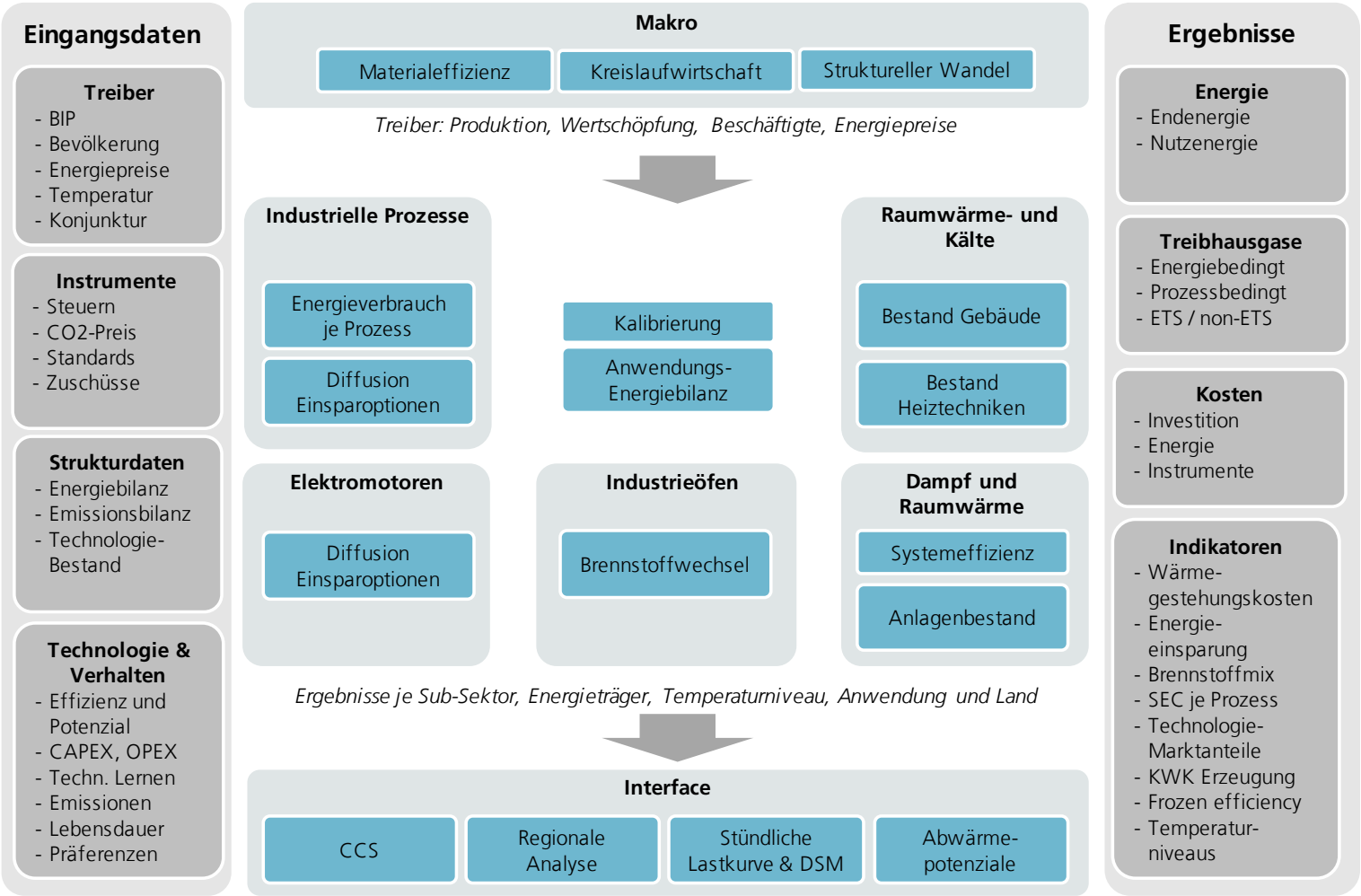


Quelle: Eigene Berechnung

Methodik, Szenariodefinition und Annahmen

Industrie
Methodik: Simulationsmodell FORECAST

- Bottom-up Simulation
- Hohe Technologie-Auflösung
- Alle wichtigen Vermeidungshebel
- Vollständige Energie- und THG Bilanz



https://www.forecast-model.eu

FORECAST
FORecasting Energy Consumption Analysis and Simulation Tool

Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

THG-neutrale Szenarien differenzieren Technologiepfade

Alle THG-neutralen Szenarien

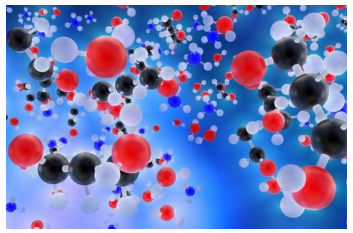
- THG-Minderung im Industriesektor 95%+
- Wirtschaftliche Entwicklung
- Ambitionierte Energie- und Materialeffizienz sowie Anteile Sekundärproduktion (=80% Szenario)
- Einsatz von Biomasse vermeiden
- CCS vermeiden

TN-*Strom*

- Direktelektrische Lösungen bevorzugt
- Wasserstoff für stoffliche Nutzung

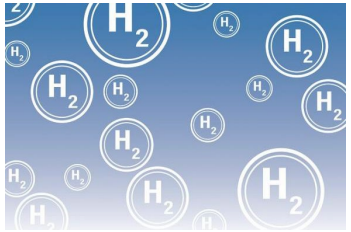
TN-*PtG/PtL*

- Synthetisches Methan breit verfügbar
- Energetisch und stofflich bevorzugt



TN-H_2

- Wasserstoff breit verfügbar
- Einsatz energetisch und stofflich bevorzugt

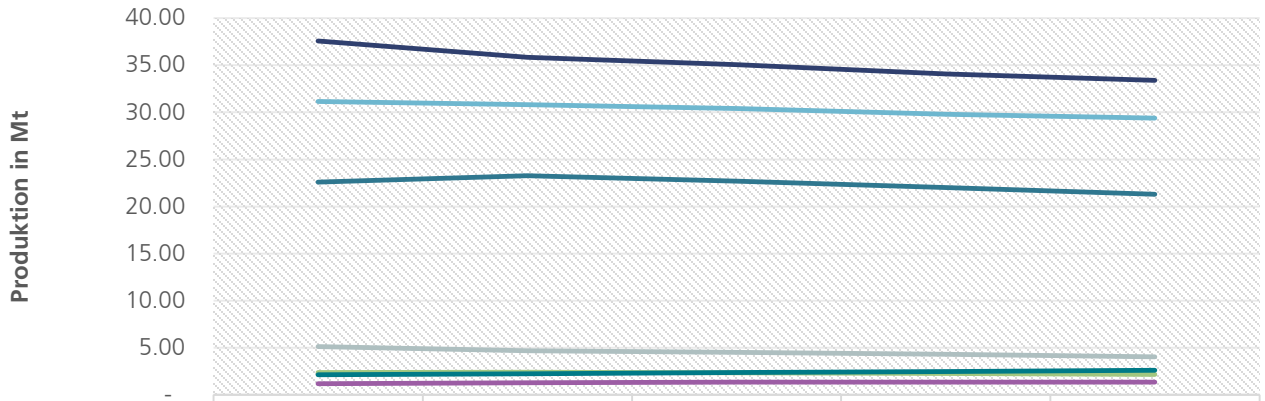


Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

Industrie: Es wurde eine meist stabile Produktion energieintensiver Grundstoffe hinterlegt

- Wertschöpfung der Industrie:
  - 1% p.a. bis 2050
  - Struktureller Wandel: Schnelleres Wachstum in Chemie/Maschinenbau, langsameres Wachstum in Grundstoffindustrien
- Tonnen-Produktion:
  - Kontinuierliche Entwicklung, teilweise leichte Reduktion aufgrund von Materialeffizienz und Nachfragetrends

Annahmen zur Tonnenproduktion ausgewählter Grundstoffe



	2015	2020	2030	2040	2050
Walzstahl	37.56	35.85	35.05	34.08	33.41
Zement	31.16	30.81	30.40	29.79	29.40
Papier	22.60	23.28	22.71	22.00	21.29
Ethylen	5.13	4.70	4.51	4.32	4.05
Ammoniak	2.37	2.40	2.33	2.26	2.17
Flachglas	2.14	2.24	2.36	2.47	2.62
Aluminium	1.17	1.30	1.34	1.35	1.35

**Inkl. Verbesserungen bei Materialeffizienz entlang der Wertschöpfungskette*

Industrie: Fortschritte bei Kreislaufwirtschaft und Materialeffizienz in allen Branchen

Annahmen zur **Kreislaufwirtschaft**

Produkt	Recyclingquoten bis 2050
Stahl	Elektrostahl von 30% auf 60%
Kunststoffe/ Ethylen	Kunststoffrecycling: +15%-Punkte
Glas	Steigerung Flachglasrecycling
Papier	Altpapierrecycling von 77% auf 85%
Aluminium	Steigerung Sekundäraluminium von 54% auf 80%

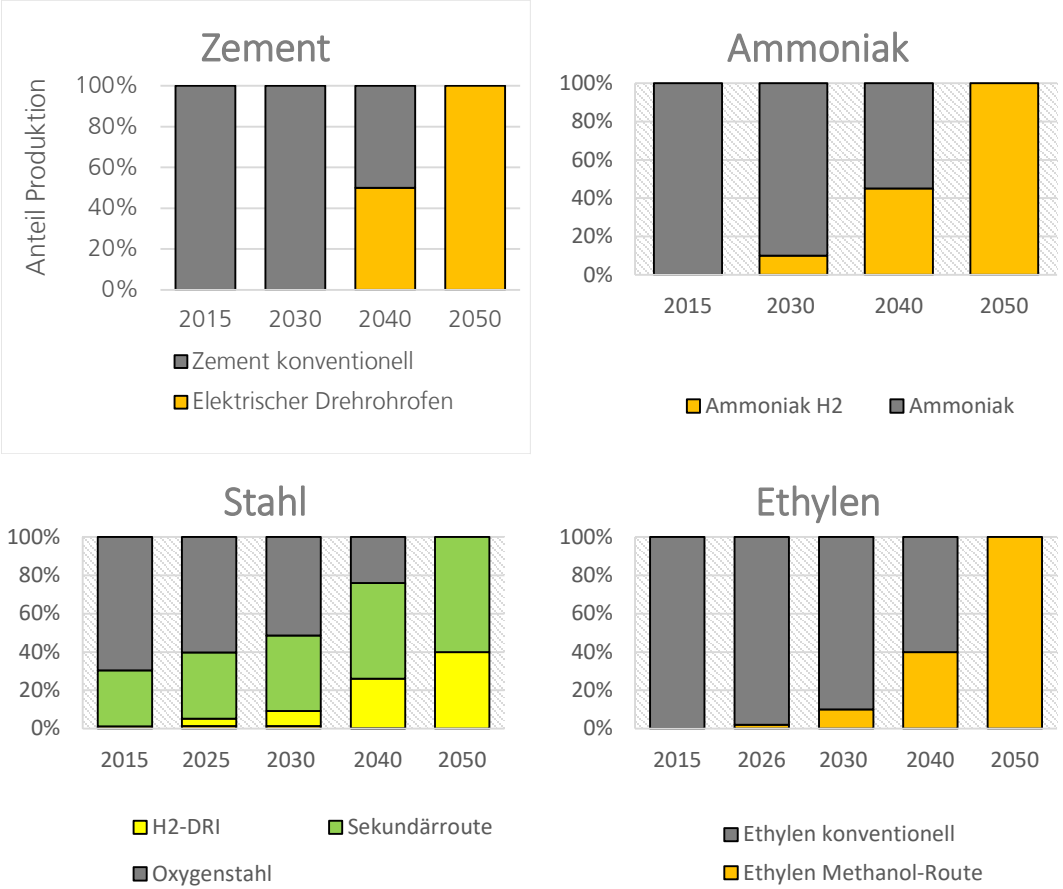
Annahmen zur **Materialeffizienz**

Produkt	Rückgang Produktion in 2050 ggü. Ref	Hintergrund
Rohstahl	10%	Nachfragereduktion: Effizientere Produktverwendung und Materialsubstitution, z.B. in der Automobilindustrie
Aluminium	<5%	Nachfragereduktion; ausgenommen Kupfer (steigender Bedarf elektrische Leiter für z.B. Motoren kompensiert Effizienzfortschritt)
Papier	10%	Nachfragereduktion: Trend zu papierlosen Anwendungen
Behälterglas	15%	Nachfragereduktion durch Materialeffizienz in der Produktgestaltung
Zement	15%	Nachfragereduktion durch Materialeffizienz in der Bauwirtschaft
Klinker	37%	Rückgang Klinkeranteil in der Zementproduktion von 0,73 in 2015 auf 0,55 in 2050
Kalk	65%	Starker Rückgang, da große Abnehmer entfallen: Hochofen (~50% Anteil), Rauchgasentschwefelung(~20%)
Ammoniak	20%	Nachfragereduktion Mineraldünger (Präzisionslandbau, verbesserte Stickstoffaufnahme)
Kunststoffe, Ethylen	15%	Nachfragereduktion Massenkunststoffe (z.B. Verpackungen)
Fleisch/ Molkerei	30%	Rückgang aufgrund geänderter Ernährungsgewohnheiten

Umfassende Diffusion neuer CO_2-armer Verfahren bis 2050

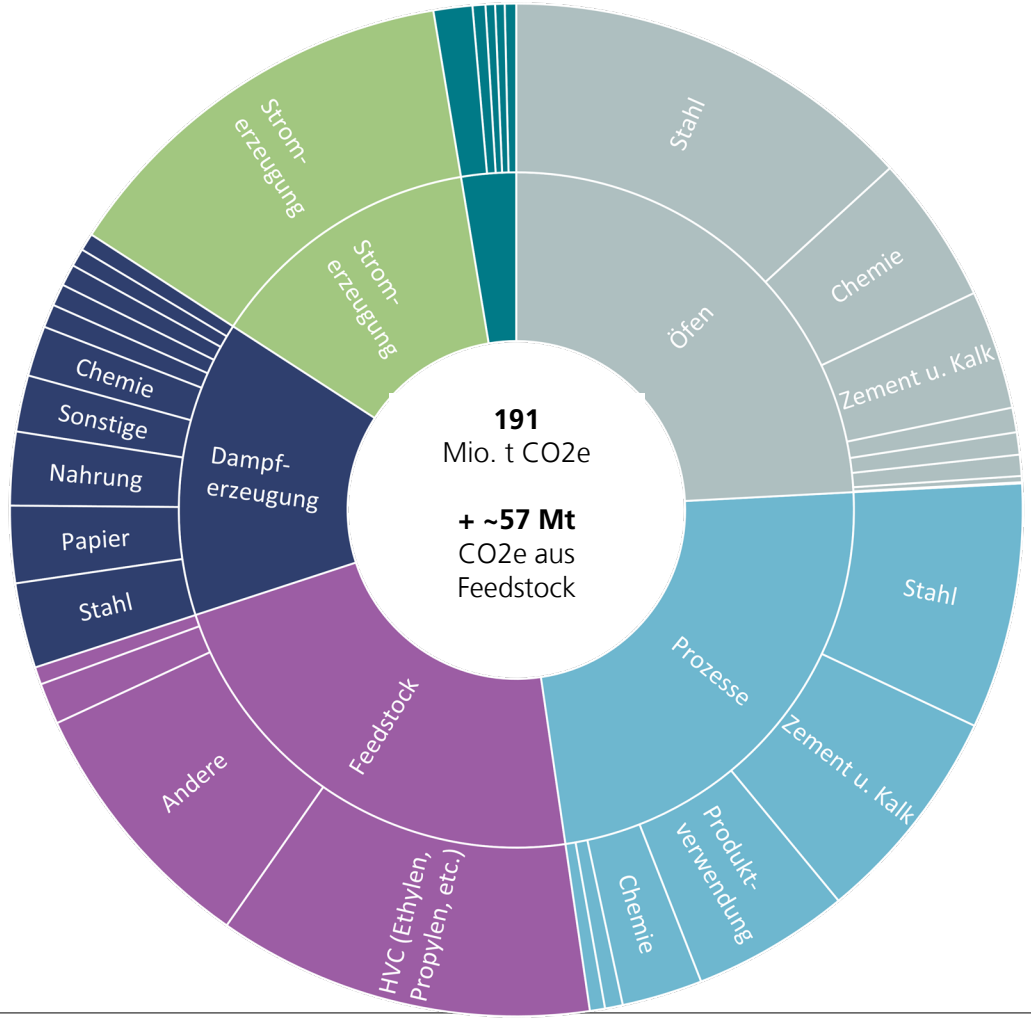
- Herausforderung: Viele der notwendigen Techniken befinden sich noch in der Entwicklung bzw. sind noch nicht auf industriellem Maßstab eingesetzt
- Neue CO_2-arme Verfahren bzw. Schlüsseltechniken benötigt
- Innovative CO_2-arme Verfahren berücksichtigt bei
  - Zement
  - Stahl
  - Ammoniak
  - Ethylen
  - Methanol
  - Glas
- Annahmen
  - Markteinführung im industriellen Maßstab um 2025/2030
  - Vollständiger Umbau des Anlagenbestandes bis 2050

Diffusion ausgewählter Innovationen (TN-Strom)

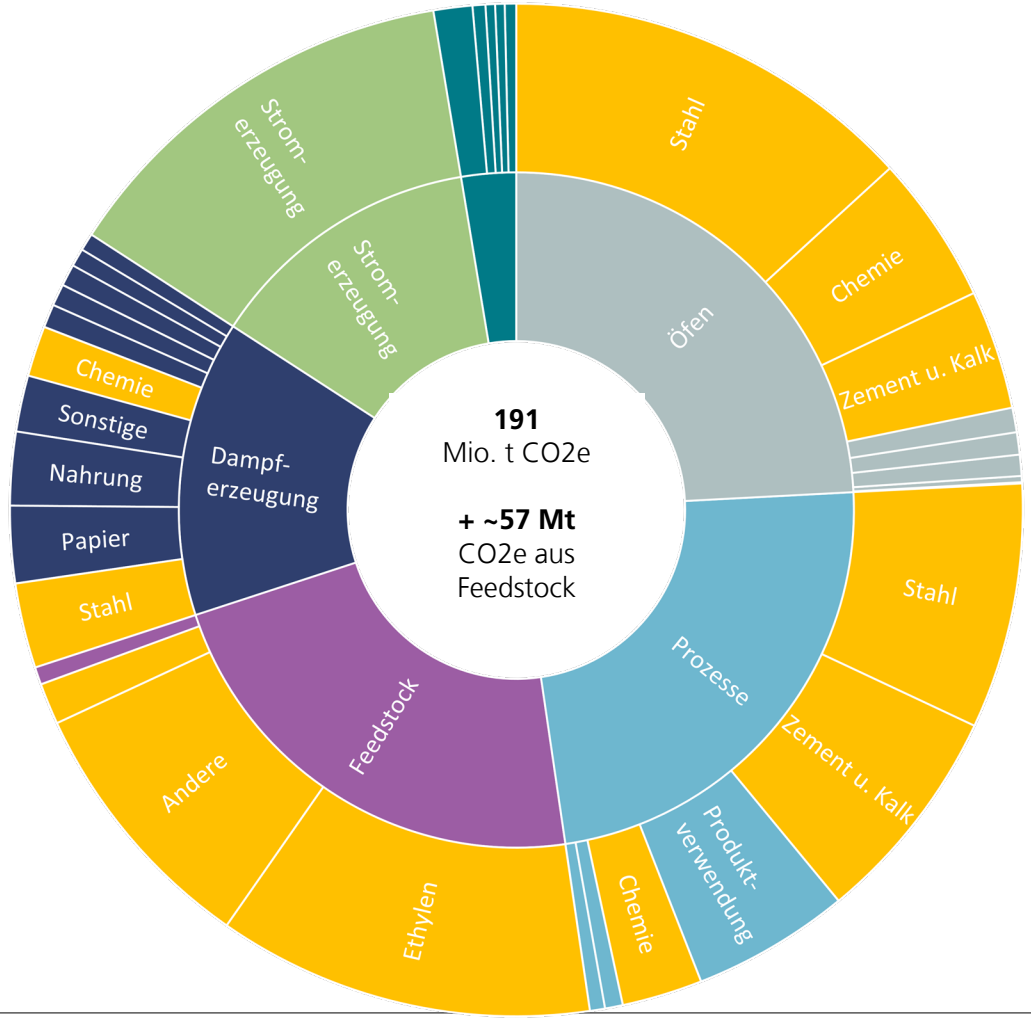


Ein Blick auf die Sektoren Chemie, Stahl und Zement/Kalk

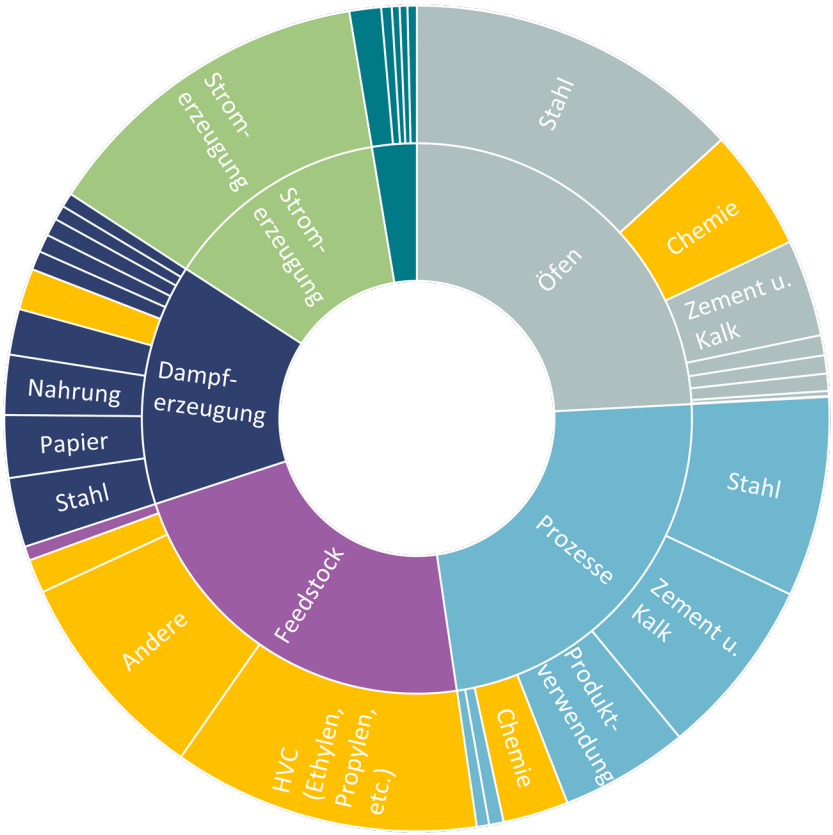
Status-Quo: THG-Emissionen in 2018 dominiert durch Stahl, Zement/Kalk und Chemie



Status-Quo: THG-Emissionen in 2018 dominiert durch Stahl, Zement/Kalk und Chemie



Grundstoffchemie

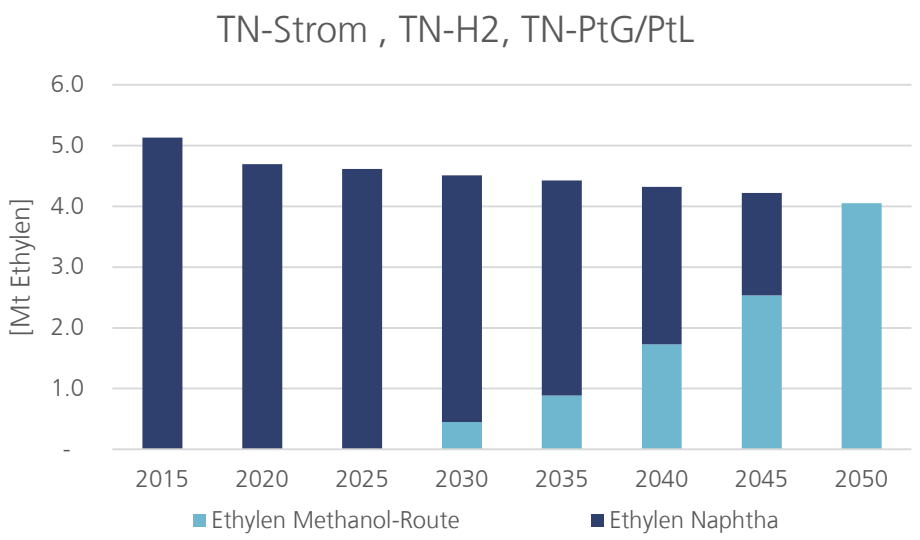


Grundstoffchemie: Annahmen

Szenariodesign Grundstoffchemie

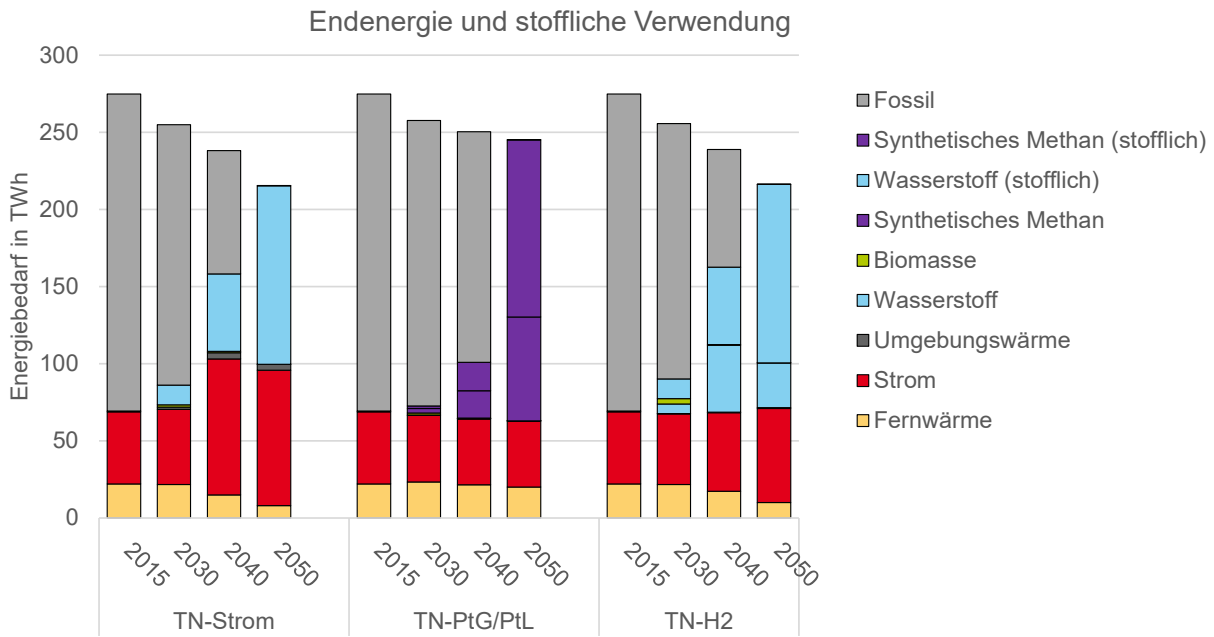
	Ggfs. Sektor	TN-*Strom*	TN-*PtG/PtL*	TN-H_2
Material-effizienz		Reduktion und Ersatz Kunststoffverbrauch (-15%) (Ethylen), Reduktion Düngerbedarf (-20%) (Ammoniak)		
Kreislauf		Kunststoffrecycling + 15%-Punkte		
Prozess-wechsel	**Ethylen**	H2-Ethylen (Methanol-to-Olefines)	Methan-Ethylen (Methanol-to-Olefines)	H2-Ethylen (Methanol-to-Olefines)
	Ammoniak	EE-H2 anstatt CH4-Dampfreformierung	PtG	EE-H2 anstatt CH4-Dampfreformierung
Brennstoff-wechsel	**Dampf**	Strom	PtG	H2

Produktion Ethylen (und andere HVC)



Grundstoffchemie: Ergebnisse

Endenergie und stoffliche Verwendung in der Chemie

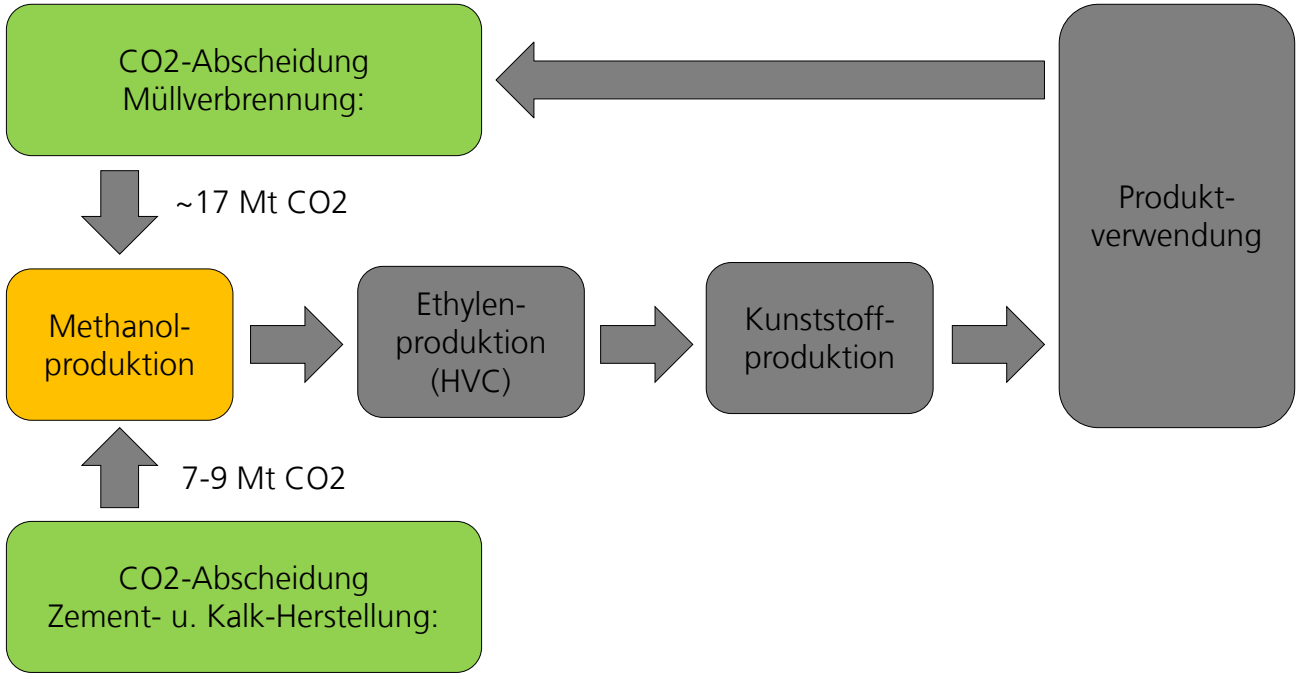


- Rückgang des Energieverbrauchs durch:
  - Energieeffizienz und Materialeffizienz
  - Systemgrenzeneffekt: H2-Produktion nun außerhalb der Industrie (Dampfreformierung aktuell in Industrie bilanziert)
- Die stoffliche Verwendung dominiert den Einsatz von Wasserstoff und PtG in der Chemie
- Wechsel auf H2 als Rohstoff für die HVC-Herstellung (Etyhlen, Butadien, Propylen) verlangt neue CO_2-Quelle (ehemals Naphtha)

CO_2 wird zum Rohstoff für die chemische Industrie

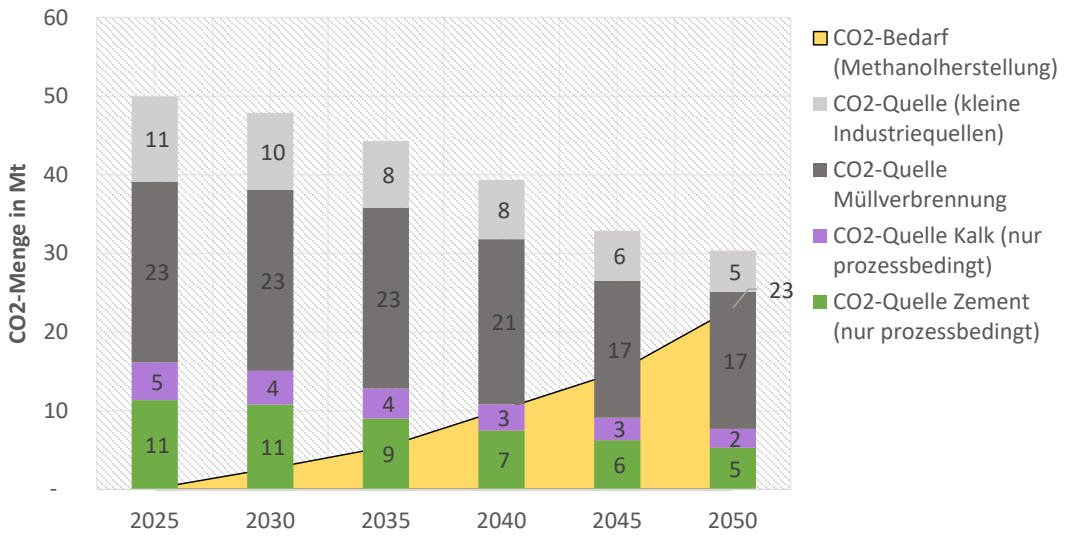
- 1. CO_2 wird Rohstoff:
  - CO_2-Bedarf für die Herstellung von Methanol auf Basis von Wasserstoff
  - Methanol als Grundstoff für die Kunststoffherstellung
- 2. CO_2-Quellen:
  - Mögliche Quellen: Luftabscheidung, Biomasse, verbleibende Emissionen
  - Gewählt: Verbleibende prozessbedingte Emissionen der Zement- und Kalkherstellung
- 3. Kreislauf schließen:
  - CO_2-Abscheidung bei der Müllverbrennung
  - Aufgrund zeitlicher Verschiebung und vieler Verluste im System gibt diese Bilanz lediglich eine Größenordnung

CO2-Kreislauf in 2050 (TN-Strom und TN-H2)
(stark vereinfachte Darstellung)

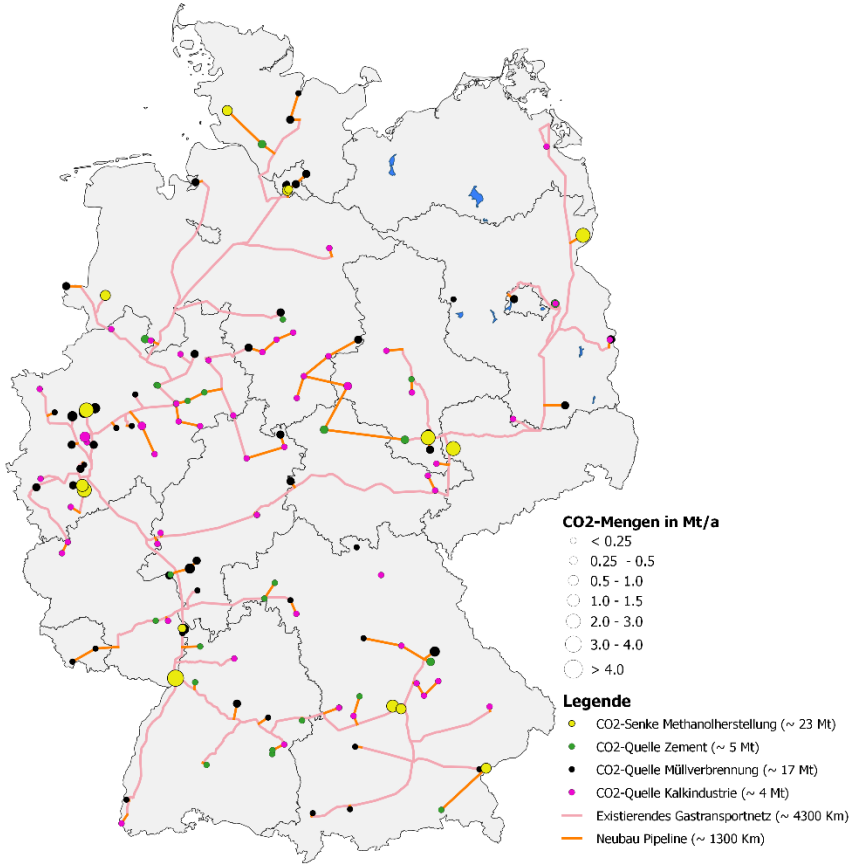


CO2 Senken, Quellen und ein mögliches Transportnetz

CO2-Bedarf und –Quellen (TN-H2)



CO2-Senken, -Quellen und -Netz in 2050 (TN-Strom und TN-H2)

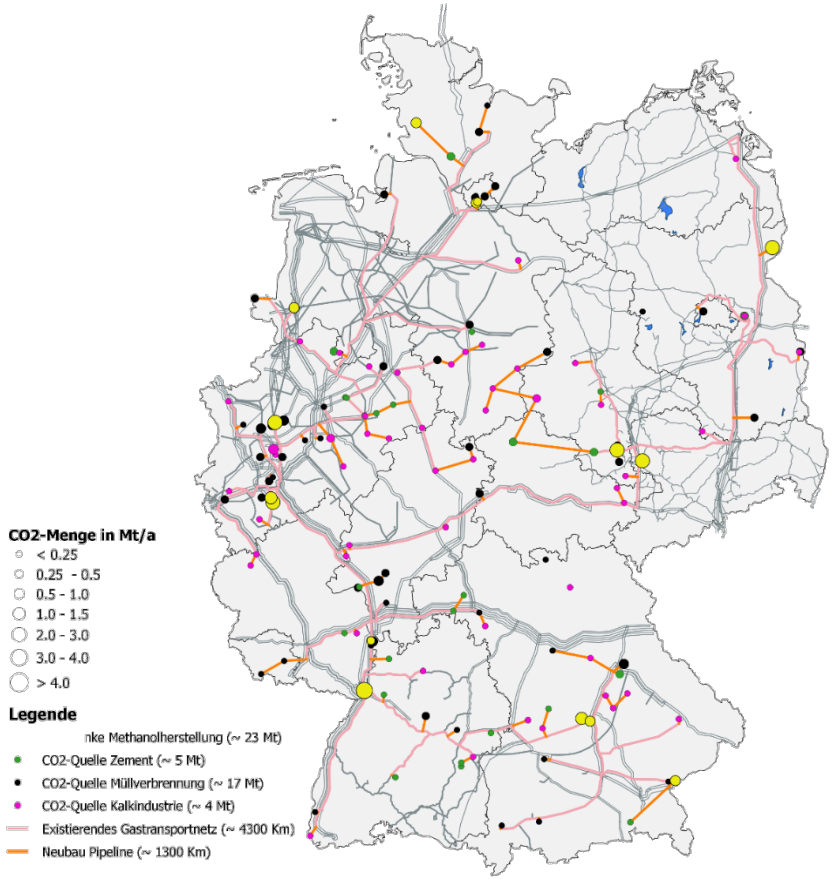


- CO_2-Bedarf für Methanolherstellung (-> Ethylen/HVC):
  - ~ 23 Mt Verteilt auf 14 Anlagen in ganz Deutschland
- Verfügbare CO_2-Quellen: ~ 26 Mt
  - Zementindustrie: ~ 5-7 Mt, 32 Standorte
  - Kalkindustrie: ~ 2 Mt, 52 Standorte
  - Müllverbrennungsanlagen: ~ 17 Mt, 55 Standorte

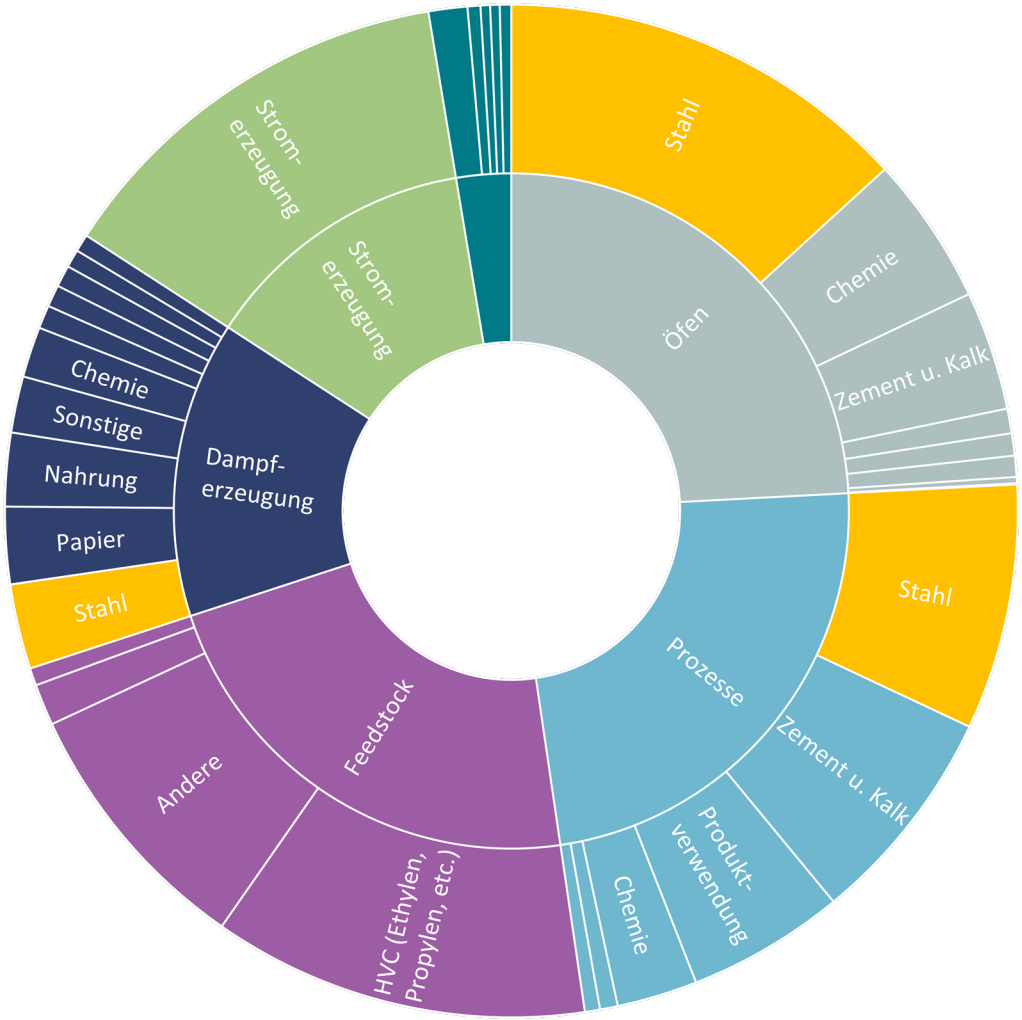
CO2-Pipelinenetze: Umwidmung oder Neubau?

- Teilumbau des Gastransportnetzes zum CO_2-Transport möglich?
  - Kosten für Neubau: ~ 800-900 T€/km
  - Kosten für Umwidmung: deutlich geringer als bei Umwidmung zu H2-Netz und technisch einfacher
- Auf Basis des dargestellten Netzes:
  - ~ 4300 km Umwidmung
  - ~ 1300 km Neubau
- Allerdings:
  - Sehr hohe Unsicherheit bei zukünftigen Standorten
  - Kalk: Bei Rückgang der Produktion ist von stärkerer Konzentration der Anlagen auszugehen -> weniger Leitungslänge benötigt

Mögliches CO2-Netz in 2050 und aktuelles Gas-Transportnetz (TN-Strom und TN-H2)



Stahlherstellung

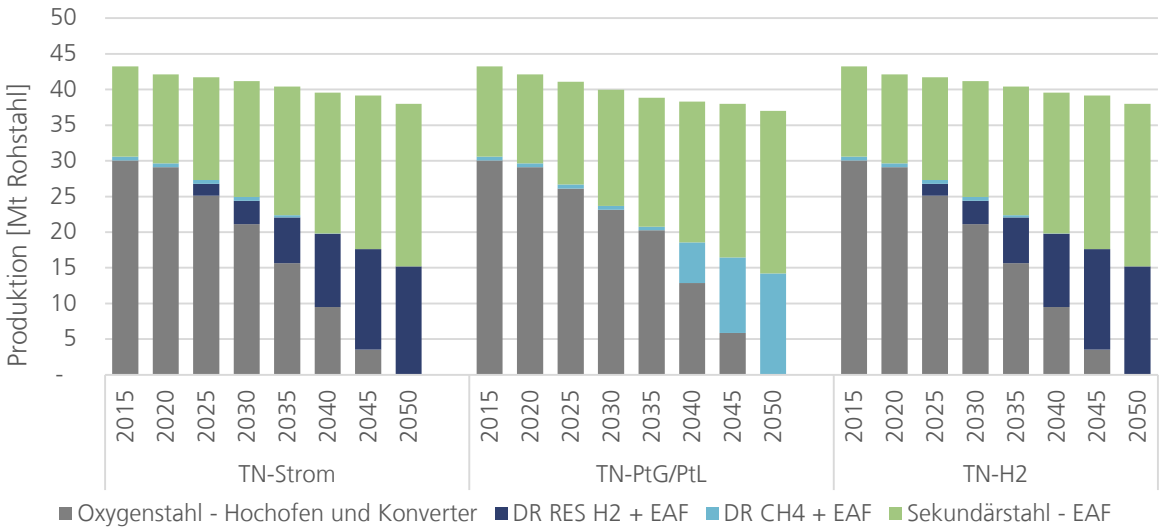


Stahl: Annahmen

Szenariodesign Stahlindustrie

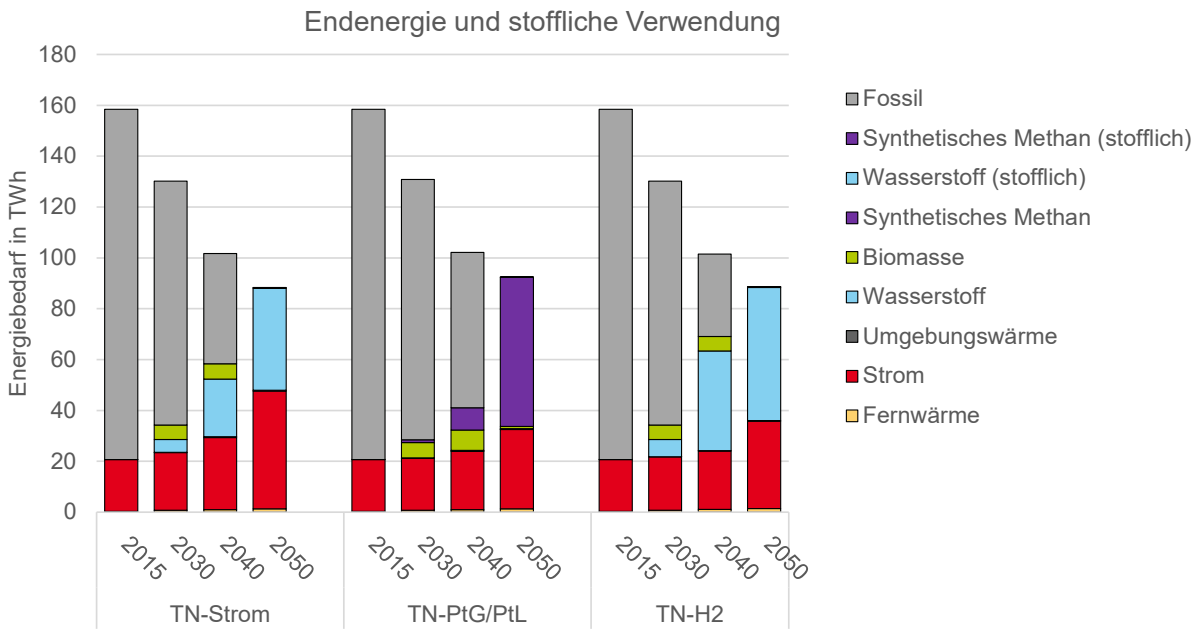
	TN-*Strom*	TN-*PtG/PtL*	TN-H_2
Material-effizienz	Reduktion Nachfrage nach Rohstahl und Walzstahl: 10% ggü. Ref		
Kreislauf	Anteil Sekundärstahl steigt von 30% (2015) auf 60% in 2050		
Prozess-wechsel	H2-DRI	CH4-DRI	H2-DRI

Produktion Rohstahl nach Route



Stahl: Ergebnisse

Endenergie und stoffliche Verwendung in der Stahlherstellung



- Endenergie Rückgang um ~45% durch Anstieg des Sekundärstahls
  - Anteil von 30% (2015) auf 60% (2050)
  - Energieverbrauch je t Rohstahl:
    - Elektrostahl: ~3 GJ/t Rohstahl
    - H2-DRI Stahl (+EAF): 13 GJ/t Rohstahl
    - Oxygenstahl: ~16 GJ/t Rohstahl
- Markteintritt H2-DRI im Zeitraum 2025-2030
- Schnellerer Aufbau von DRI-Kapazitäten mit Erdgas als Brückentechnologie bis 2030 denkbar

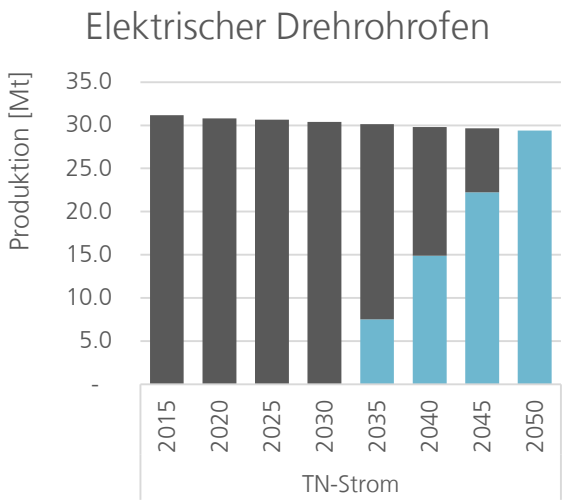
Zement und Kalk

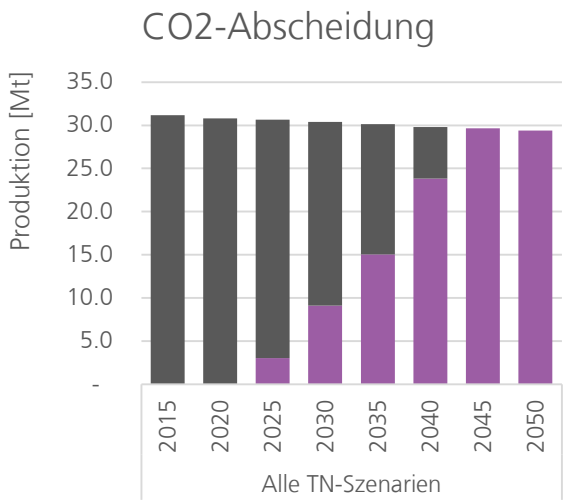
Zement u. Kalk: Annahmen

Szenariodesign Zement u. Kalk

	TN-*Strom*	TN-*PtG/PtL*	TN-H_2
Material-effizienz	Reduktion Nachfrage nach Zement: 15% ggü. Ref Kalk: Rückgang Produktion ~65% ggü. Ref in 2050		
Kreislauf	-		
Material-einsatz / neue Produkte	Klinkerfaktor von 0,73 in 2015 auf 0,55 in 2050	Neue CO_2-arme Zementsorten- und Bindemittel	Neue CO_2-arme Zementsorten- und Bindemittel
Brennstoff-wechsel	Elektrifizierung	PtG	Wasserstoff
CCS /CCU	CCU	CCS	CCU

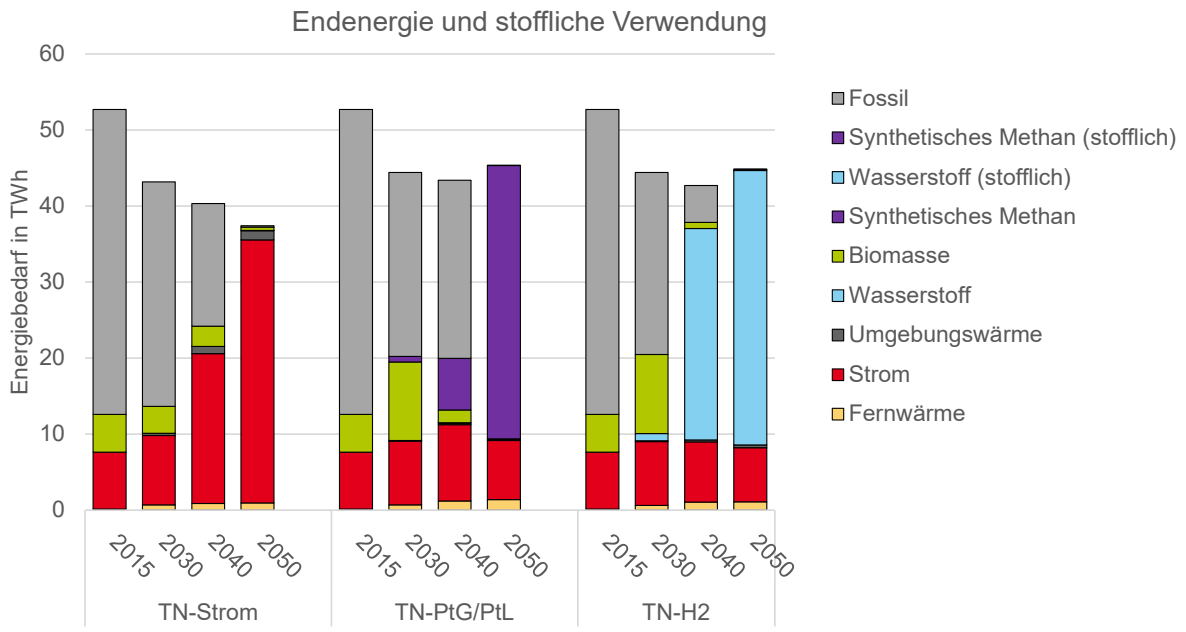
Produktion Zement nach Verfahren





LFSIII: Zement (und andere Steine/Erden)

Endenergie in der Branche Verarbeitung Steine/Erden



- Endenergie Rückgang durch
  - Energieeffizienz u. Materialeffizienz
  - Anstieg Klinkerfaktor und neue Zementsorten
  - TN-Strom: Effizienzvorteile durch elektrischen Ofen
- Anstieg nach 2040 durch CO2-Abscheidung (2050 in allen Werken)
- Grundlegender Wandel in der Energieversorgung von Reststoffen, Braunkohle und biogenen Energieträgern zu hochwertigen Sekundärenergieträgern
- CCS in TN-PtG/PtL ermöglicht „negative Emissionen“
- Insgesamt hohe Unsicherheit bei Rolle neuer Zementsorten und Technologien

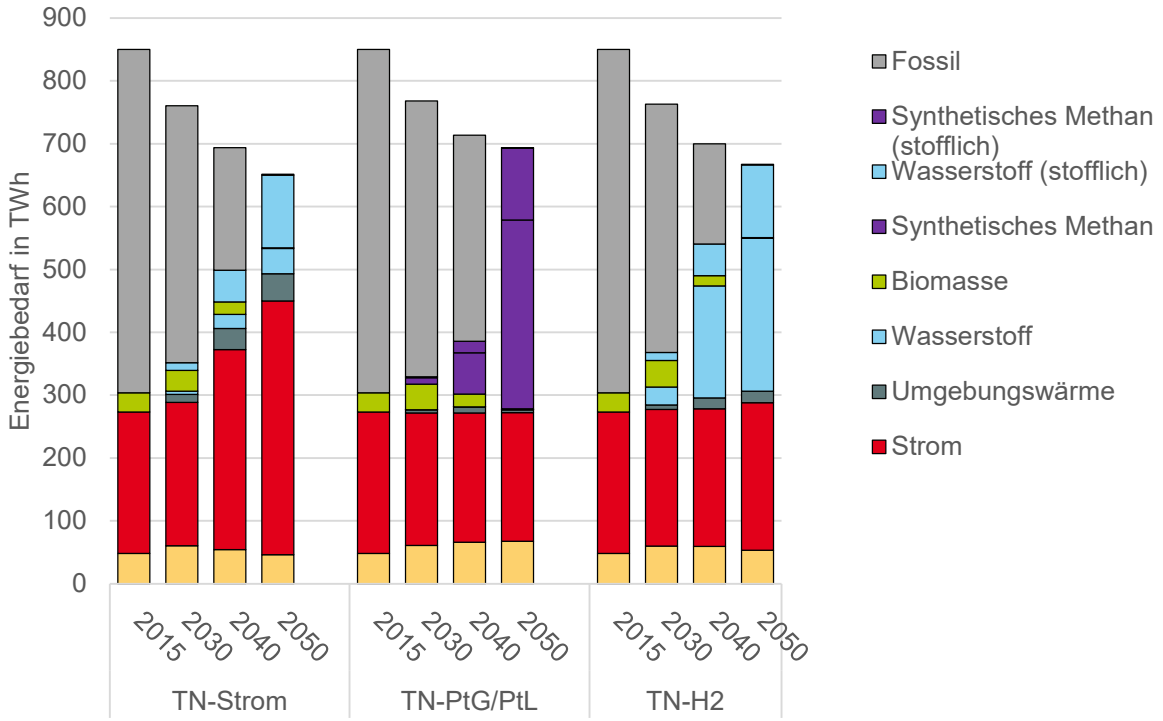
Branchen-Überblick
Ausgestaltung der THG-neutralen Szenarien

Vermeidungsoption Sektor	TN-*Strom*	TN-*PtG/PtL*	TN-H_2	Alle Szenarien (=THG-*80%*) Recycling und Wiederverwendung	Alle Szenarien (=THG-*80%*) Materialeffizienz und – Substitution
Eisen und Stahl	H2-DRI	Methan-DRI	H2-DRI	Elektrostahl von 30% auf 60% (Maximum Schrottverfügbarkeit)	10% effizienterer Stahleinsatz und Substitution
Chemie	H2-Ammoniak H2-Ethylen (MtO) (Externe Kohlenstoffzufuhr)	Methan-Ammoniak Methan-Ethylen (MtO) (Kohlenstoffversorgung über Methan)	H2-Ammoniak H2-Ethylen (MtO) (Externe Kohlenstoffzufuhr)	Kunststoffrecycling: -30% bis 2050	Reduktion und Ersatz Kunststoffverbrauch (-30%) (Ethylen), Reduktion Düngerbedarf (-20%) (Ammoniak)
Zement und Kalk	Elektrifizierung Klinker- und Kalköfen CCU	Neue CO2-arme Zementsorten Methan dominanter Brennstoff CCS	Neue CO2-arme Zementsorten H2 dominanter Brennstoff CCU	-	Reduktion Klinker (-15%), minimaler Klinkeranteil (~ 0.55)
Glas und Keramik	Elektrische Schmelzwannen	Methan dominanter Brennstoff	H2 dominanter Brennstoff	Anstieg Flachglasrecycling	Materialeffizienz bei Behälterglas (-15%)
Papier	Elektrokessel, Fernwärme, Wärmepumpen	Methan dominanter Brennstoff (+Fernwärme, Wärmepumpen)	H2 dominanter Brennstoff (+Fernwärme, Wärmepumpen)	Altpapierrecycling von 77% auf 85%	Materialeffizienz bei Papiereinsatz (-10%)
Prozesswärme	Elektrokessel, Wärmepumpen, Fernwärme, wenig Biomasse	Methan (+Fernwärme, Strom), wenig Biomasse	H2 (+Fernwärme, Strom), wenig Biomasse	-	-

Ergebnisse übergreifend

Energieverbrauch: THG-neutrale Szenarien unterscheiden sich deutlich

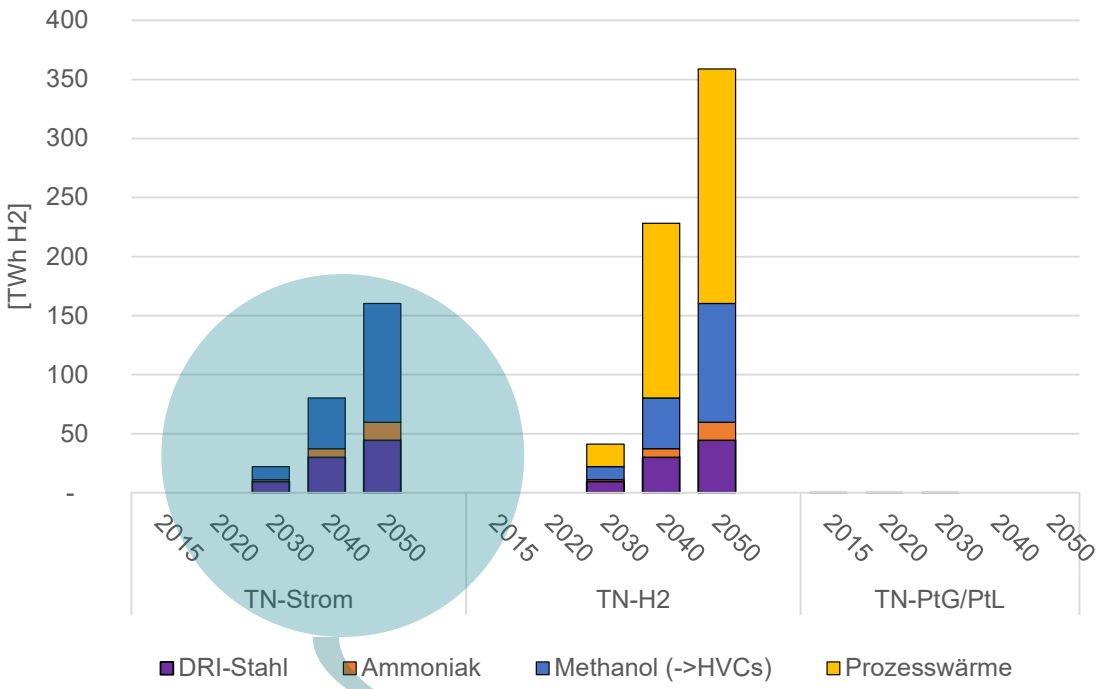
Endenergie und stoffliche Nutzung von Energieträgern



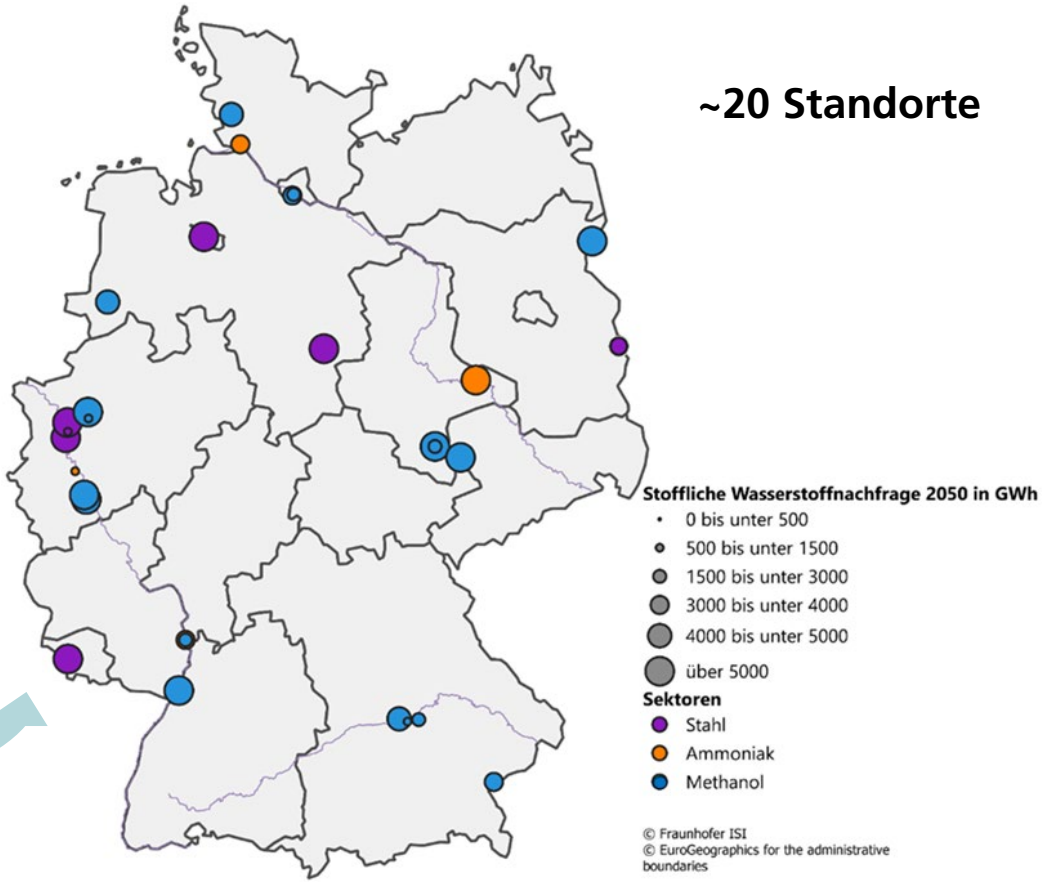
- Rückgang des Energieverbrauchs in allen Szenarien ~ 20%, durch
  - Energieeffizienz
  - Materialeffizienz und Kreislaufwirtschaft
  - Effizientere neue Verfahren (elektrische Öfen, H2-DRI Stahlherstellung)
  - Systemgrenzeneffekt: H2-Herstellung nun außerhalb des Industriesektors
- 2050:
  - Keine fossilen Energieträger eingesetzt
  - Sehr ausgeprägte Technologiepfade: Strom, H2, PtG
  - Keine Biomasse
  - Fernwärme in etwa konstant

Die stoffliche Wasserstoffnachfrage verteilt sich auf wenige Industriestandorte

Wasserstoffnachfrage (nur EE-H2)



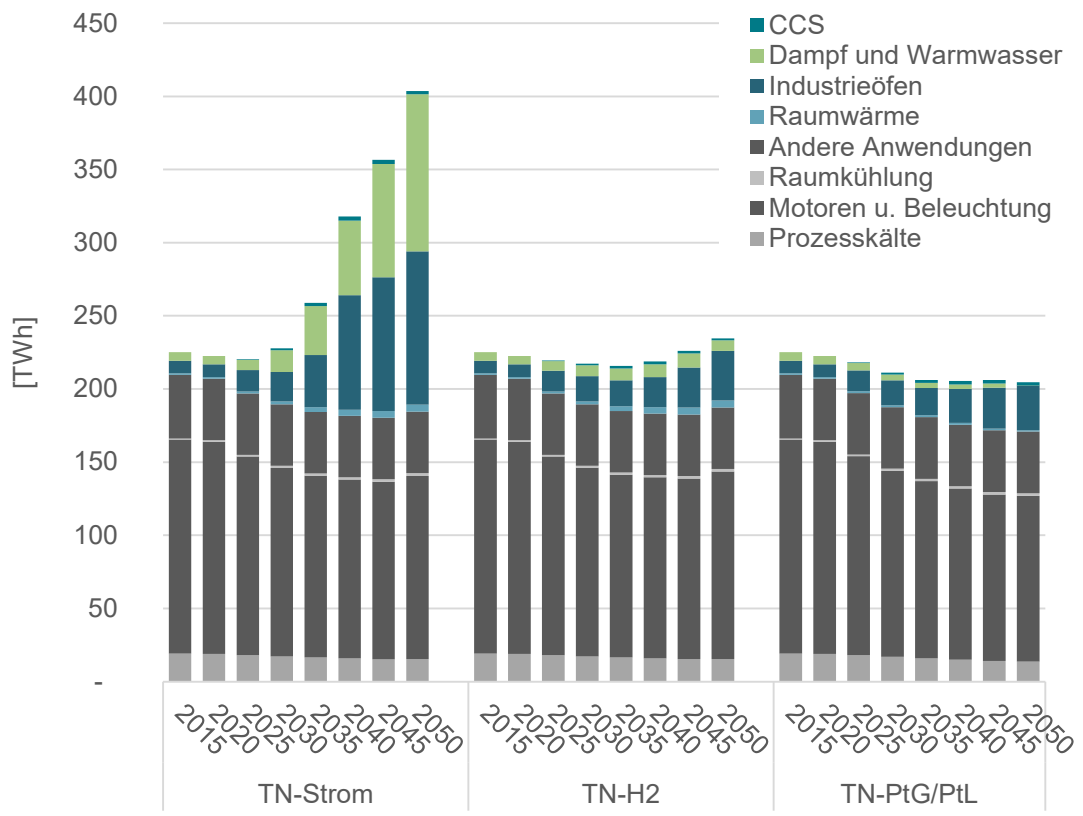
Wasserstoffnachfrage 2050 (TN-*Strom*)



Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

Strom nach Anwendungen inkl. PtG und H2-Erzeugung

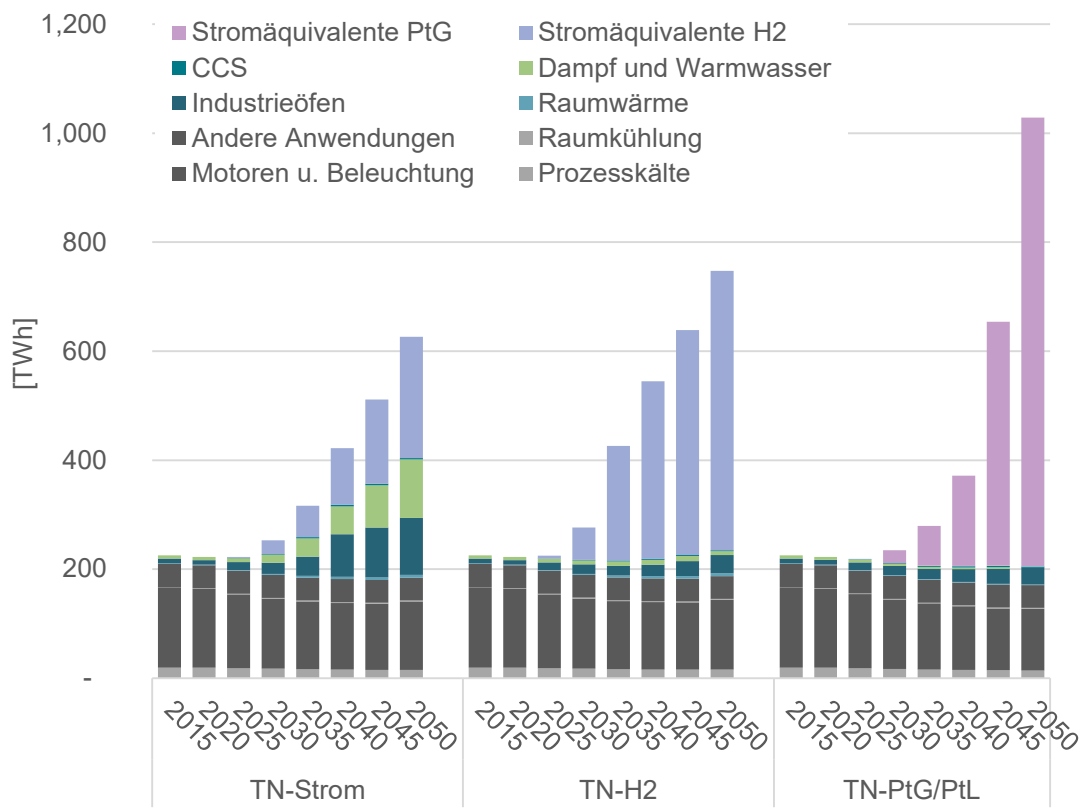
Stromnachfrage nach Anwendungen



- Konventionelle Stromverbraucher gehen durch Effizienzgewinne in allen Szenarien leicht zurück
- TN-Strom: Elektrifizierung von Dampferzeugung und Industrieöfen Treiber der Stromnachfrage: +212 TWh in 2050
- Im Szenario TN-Strom halten sich Effizienzgewinne und Elektrifizierung bis 2030 in etwa die Waage

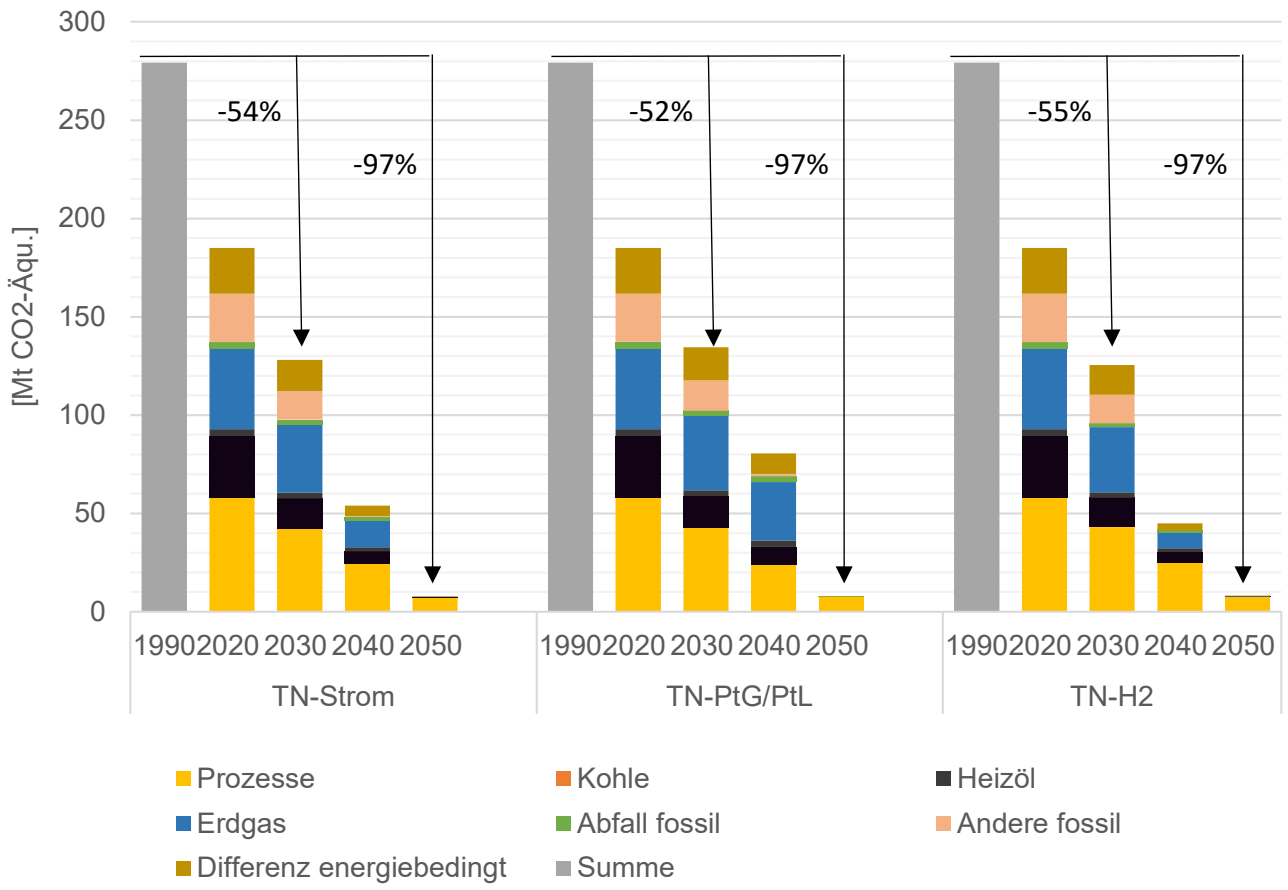
Strom nach Anwendungen inkl. PtG und H2-Erzeugung

Stromnachfrage nach Anwendungen inkl. H2 und PtG



- Stromäquivalente für die Erzeugung von H2 und PtG ändern das Bild vollständig

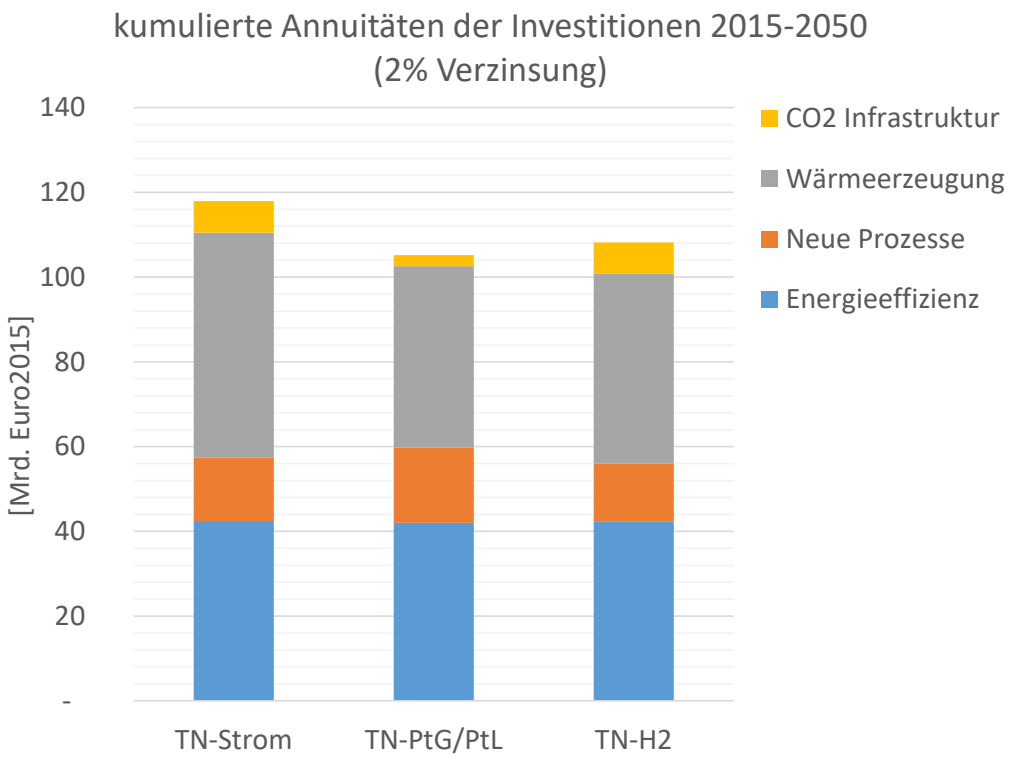
THG-Emissionen: In allen Szenarien nahezu THG-Neutralität in 2050 erreicht



- **2030**: Erreichte Minderung:- 52-55%
  - Das alte Sektorziel der Industrie wird in allen TN-Szenarien übererfüllt (Ziel: -49-51%)
  - Das neue Sektorziel wird nicht erreicht (Ziel: -58% bzw. 118 Mt CO_2e)
- **2040**: Größter Unterschied zwischen den Szenarien -> langsamerer Rückgang in TN-PtG/PtL wegen Beimischung PtG im Gasnetz
- **2050**: Nahezu keine fossilen THG-Emissionen mehr; lediglich wenige Mt Prozessemissionen verteilt auf etwa 20 kleinere Quelltypen

Sektorale Kostenperspektive

Investitionen in Industrieanlagen

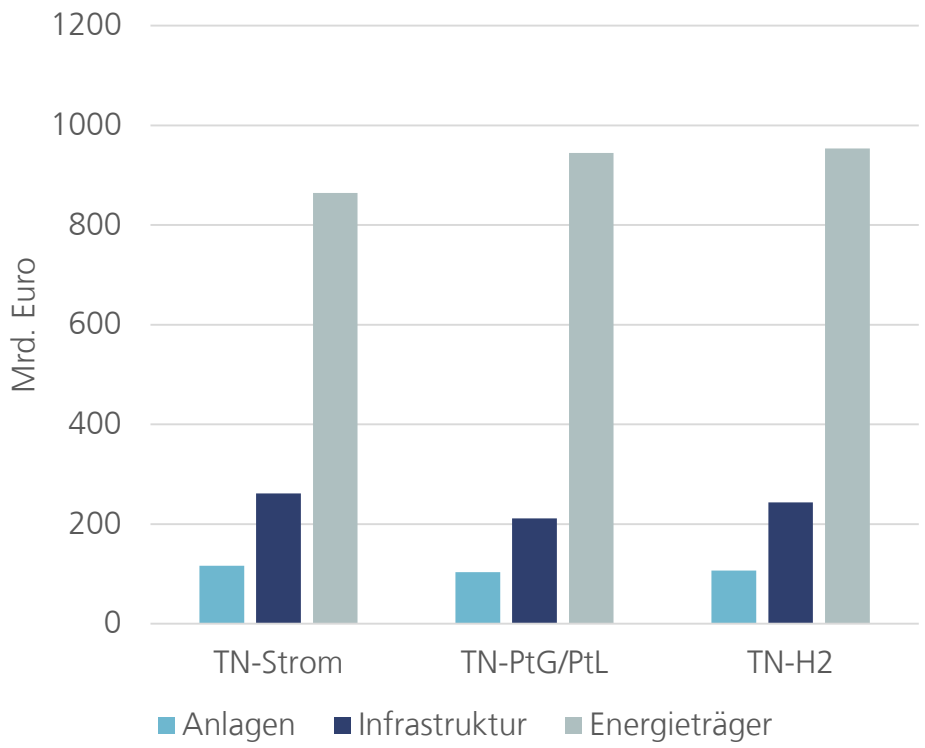


** Investitionen in Materialeffizienz und Recycling aufgrund mangelnder Daten nicht enthalten; Da diese in den Szenarien gleich sind würden sie die absolute Differenz zwischen den Szenarien nicht ändern*

- **Annahmen**:
  - Re-Investition folgt Modernisierungszyklen (Austausch nicht abgeschriebener Anlagen ist die Ausnahme)
  - Bei Energieeffizienz werden „Differenzinvestitionen“ im Vergleich zur konventionellen Technik verwendet (bei anderen Vollkosten)
  - Kostenwerte aus Literatur; Reale Investitionen in Großprojekte häufig teurer und empirische Datenlage unsicher
- **Ergebnisse**:
  - Investitionen durch Energieeffizienz und Wärmeerzeugung dominiert (aufgrund Vielzahl der Anlagen)
  - TN-Strom mit den höchsten Investitionen, aber Unterschiede zwischen den Szenarien in Summe gering

Kosten: Erweiterung der Perspektive auf das Energiesystem

Kumulierte Kosten 2015-2050 mit Bezug zum Industriesektor (2% Verzinsung)



1. Einbeziehen von Kosten der Infrastruktur und Energieerzeugung ändert das Bild:
   1. Anlageinvestitionen im Industriesektor sind nachrangig
   2. Ausschlaggebend sind die Kosten der Energieträger
2. Die Gesamtkosten für den Industriesektor liegen in den drei Szenarien in einem ähnlichen Bereich - wenn H2 oder PtG zu niedrigen Kosten in großen Mengen importiert werden können
3. Kosten der Energieträger Wasserstoff und PtG sind stark abhängig von Verzinsung und globalen Märkten/Potenzialen
4. Annahmen für Darstellung links:
   1. PtG Importpreis 2050: 94 Euro/MWh
   2. H2-Importpreis 2050: 81 Euro/MWh

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Zusammenfassung: Die Szenarien im Vergleich zeigen große Unterschiede bei Sekundärenergieträgern

	TN-*Strom*	TN-*PtG/PtL*	TN-H_2
Wertschöpfung	**+1% pa**	**+1% pa**	**+1% pa**
THG-Minderung (2030)	**54%**	**52%**	**55%**
THG-Minderung (2050)	**97%**	**97%**	**97%**
Energie-, Materialeffizienz und Kreislauf	**++**	**++**	**++**
Biomasse (2050)	**0**	**0**	**0**
Wasserstoff (2050)	**+** (156 TWh)	**0**	**+++** (359 TWh)
PtG (2050)	**0**	**+++** (415 TWh)	**0**
Elektrifizierung PtH (2050)	**+++** (212 TWh)	**+** (31 TWh)	**+** (41 TWh)
CCS / CCU (2050)	**+** (9 Mt CO_2)	**+** (6 Mt CO_2)	**+** (7 Mt CO_2)

Schlussfolgerungen

- THG-Minderung von ~97% ggü. 1990 im Industriesektor in allen Szenarien erreicht
- Wichtige Voraussetzungen
  - Neue CO_2-neutrale Herstellungsverfahren sind **ab 2025/2030 marktfähig** und erreichen 100% Bestandsdiffusion bis 2050 in den Grundstoffbranchen
  - Große Mengen grüner Strom/Wasserstoff/PtG sind verfügbar und **verdrängen fossile Energieträger vollständig**
  - **Grüner Wasserstoff** oder PtG versorgen Chemie und Stahlindustrie als Rohstoff
  - **Kreislaufwirtschaft** setzt sich weiter durch: Elektrostahl wird für Qualitätsstähle verwendet, stärkeres Kunststoffrecycling
  - **Materialeffizienz** entlang der Wertschöpfungskette steigt deutlich, besonders in der Bauwirtschaft
  - CO_2 wird Rohstoff: **CO_2-Kreislauf über den Kunststoff-Lebenszyklus** wird etabliert
  - **Infrastruktur**: Umbau/Ausbau nötig, besonders in stark betroffenen Regionen; Abhängigkeit mit Umbau des Anlagenparks (Ausnahme TN-*PtG/PtL* Szenario)
  - TN-*PtG/PtL* zeigt die geringeren **Anpassungen am Anlagenbestand** der Industrie und bei der Infrastruktur, ist jedoch auch auf neue Verfahren angewiesen (Stahl, Zement)

Regionale Verteilung der Energienachfrage

Nachgelagerte Regionalisierung basiert auf zwei Datengrundlagen

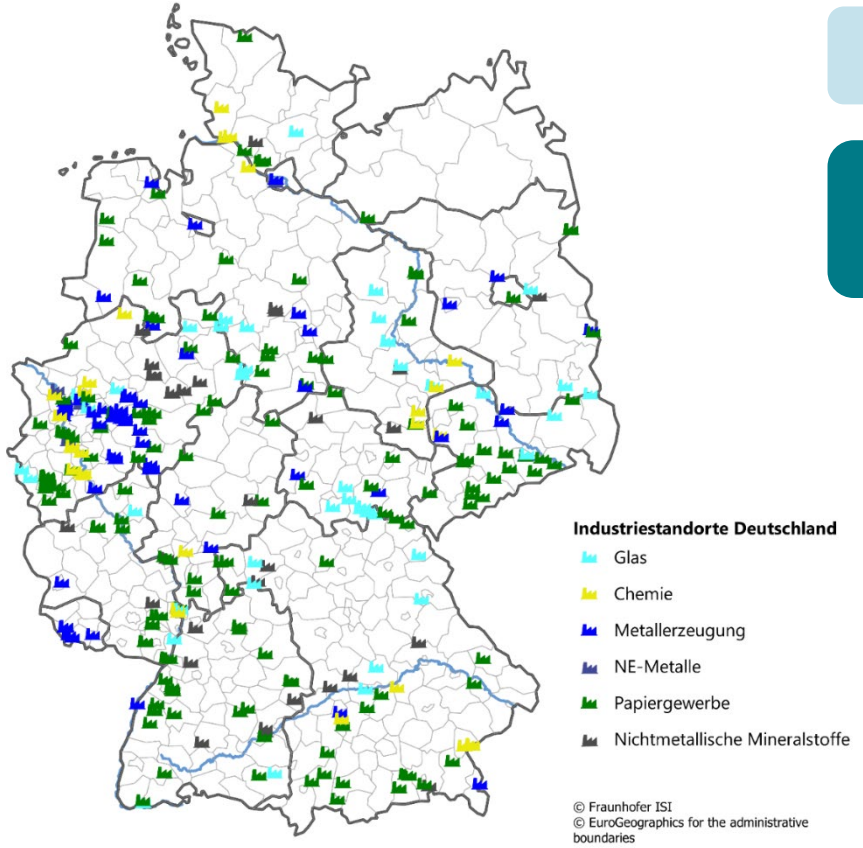
Energieintensive Industrie

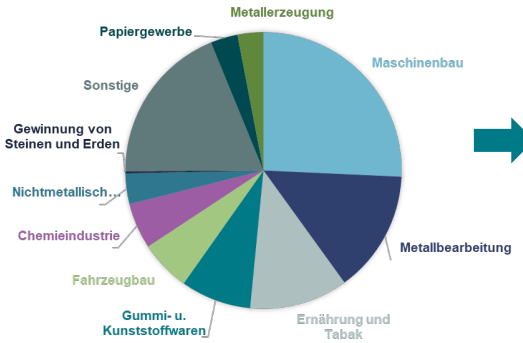
Nicht energieintensive Industrie

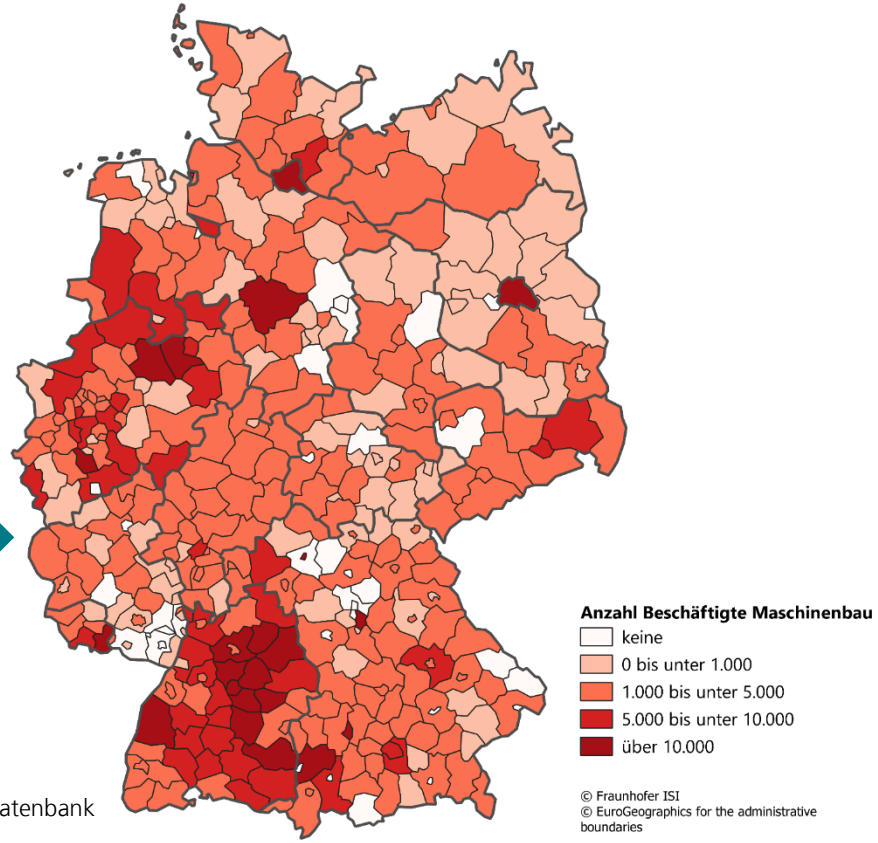
Verteilschlüssel

Produktions-menge je Standort

Beschäftigte pro NUTS 3 Region

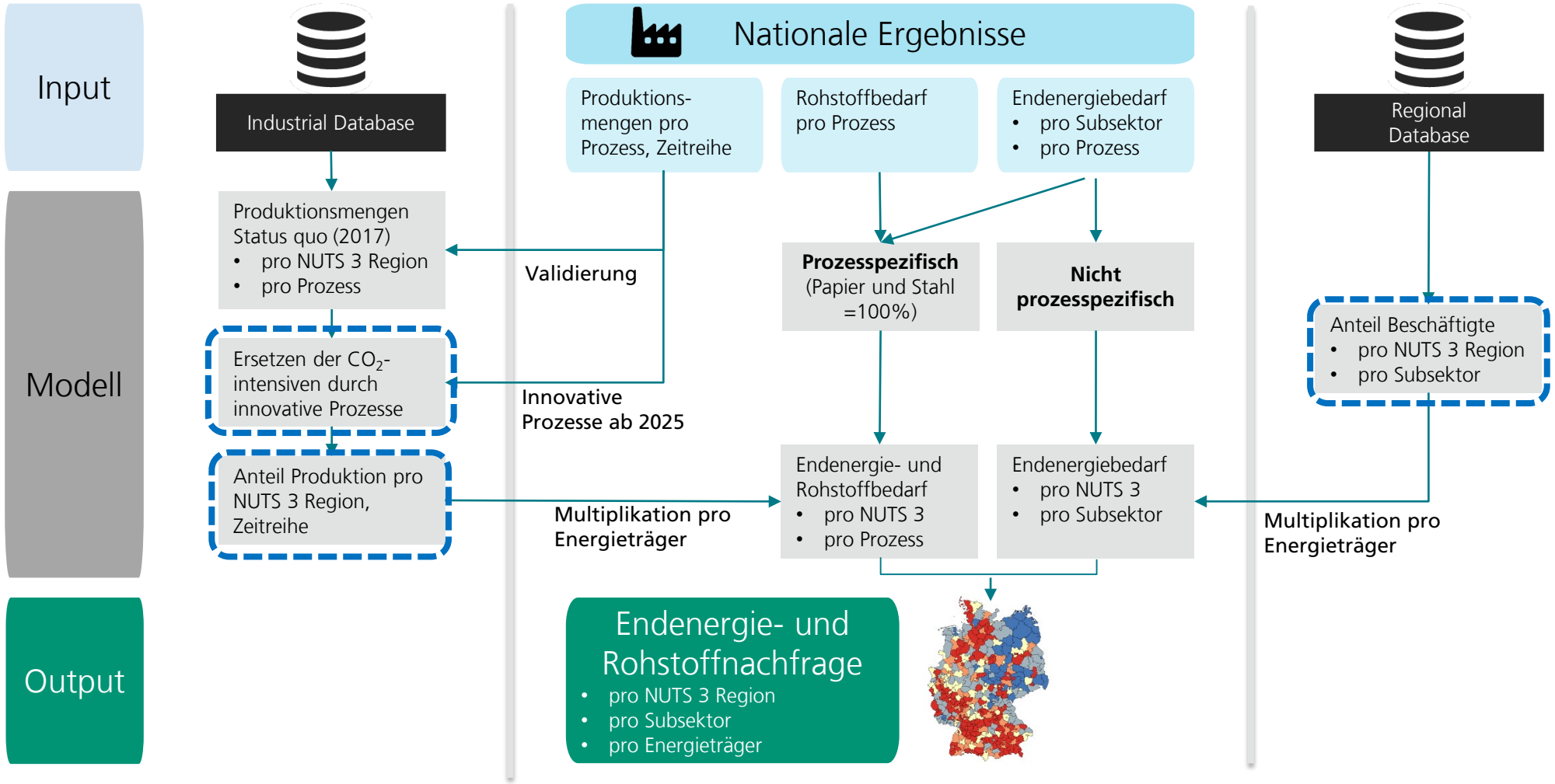






Quelle: Regionaldatenbank Deutschland

Methodik verbessert regionale Datenlage aufgrund prozessspezifischer Methodik



Regionen mit energieintensiver Industrie: starke Veränderung in den Szenarien – TN-PtG/PtL

TN-PtG/PtL

Stahl:

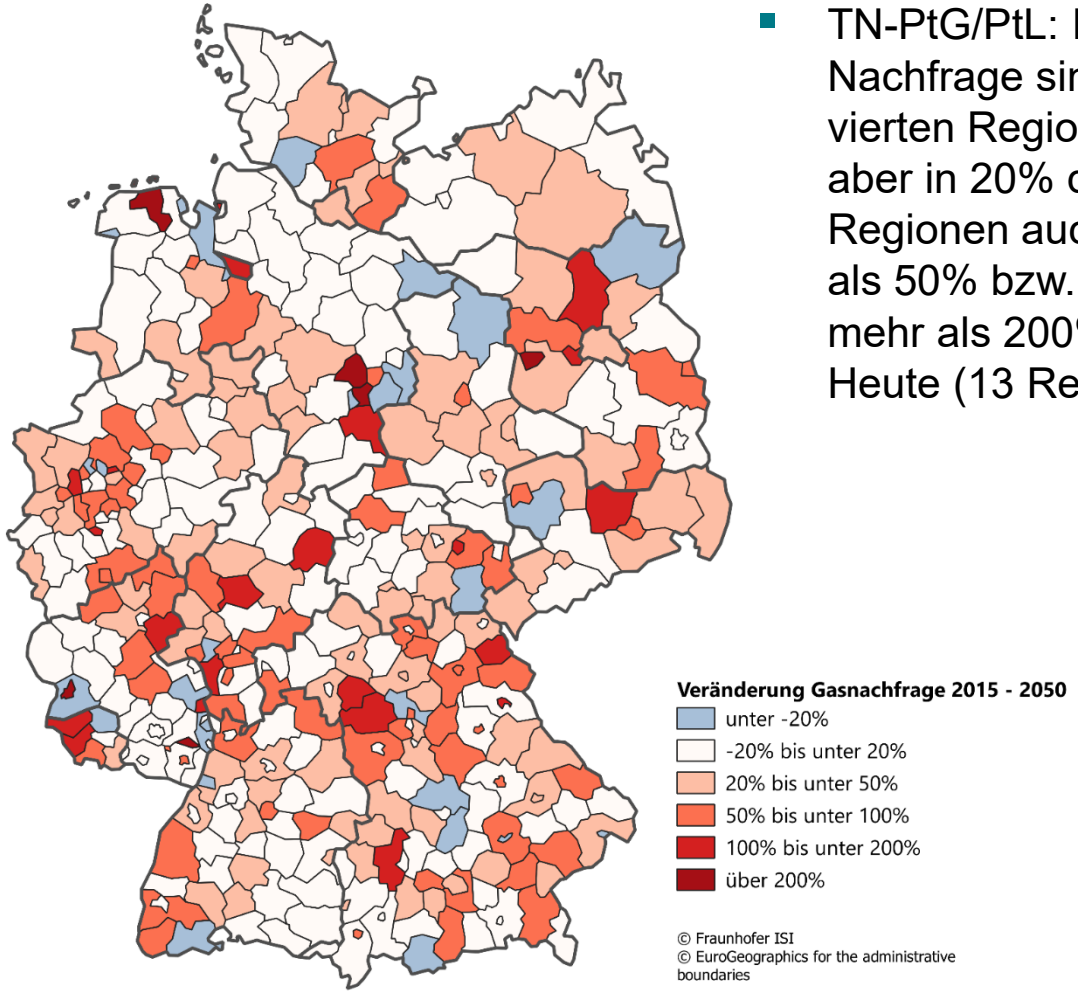
15 Hochöfen in 5 Regionen

→ Umstellung Hochofen auf Direktreduktion: Faktor 3 in 4 Regionen

Chemie (stofflich):

Methanol und Ammoniak je 4 Standorte, 15 Raffinerien

→ Ethylen/Raffinerie-Standorte haben höheren PtG-Bedarf (stofflich): Karlsruhe Faktor 7



- TN-PtG/PtL: Erdgas/PtG Nachfrage sinkt in jeder vierten Region, steigt aber in 20% der Regionen auch um mehr als 50% bzw. sogar mehr als 200% ggü. Heute (13 Regionen)

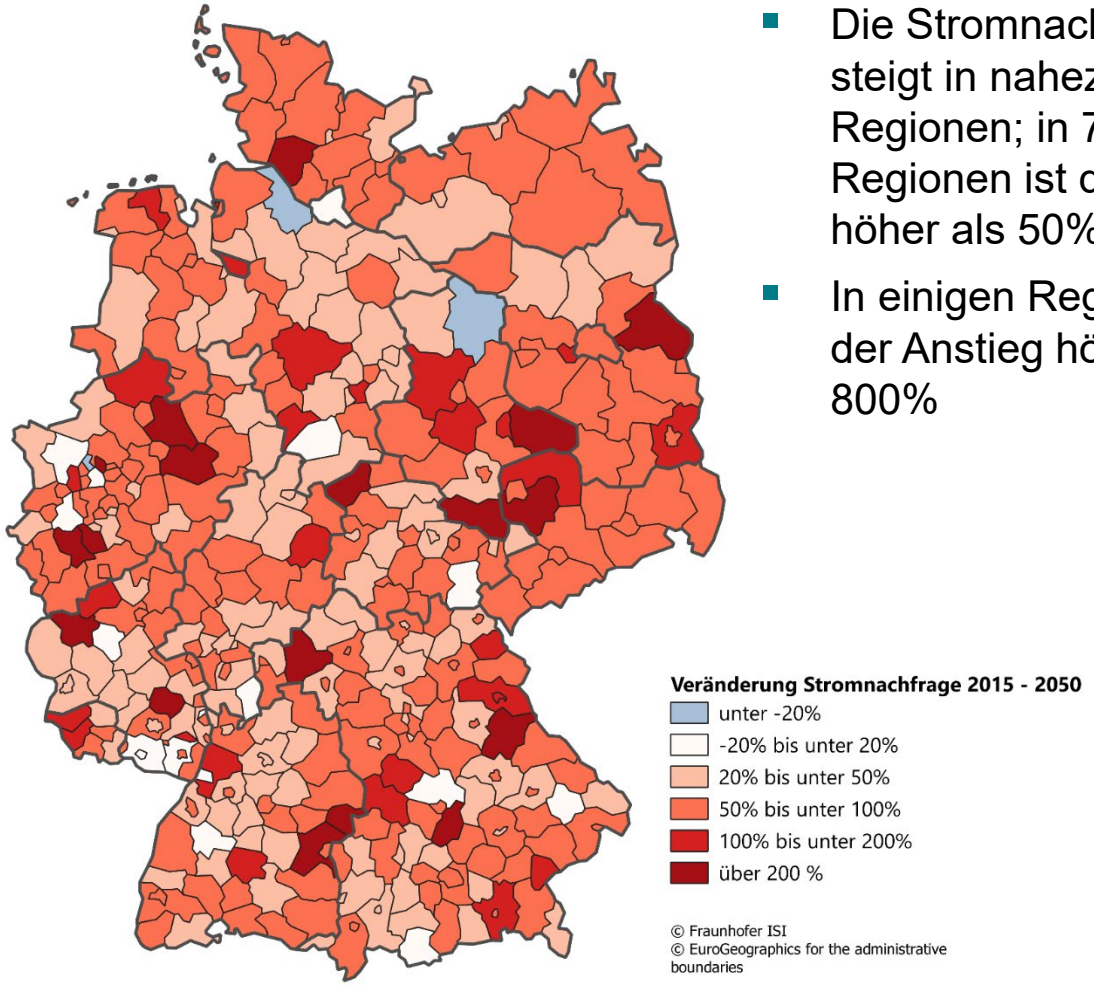
Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

Regionen mit energieintensiver Industrie: starke Veränderung in den Szenarien – TN-Strom

TN-Strom

Elektrifizierung der Prozesswärme überkompensiert Effizienzgewinne → Stromnachfrage steigt in nahezu allen Regionen;

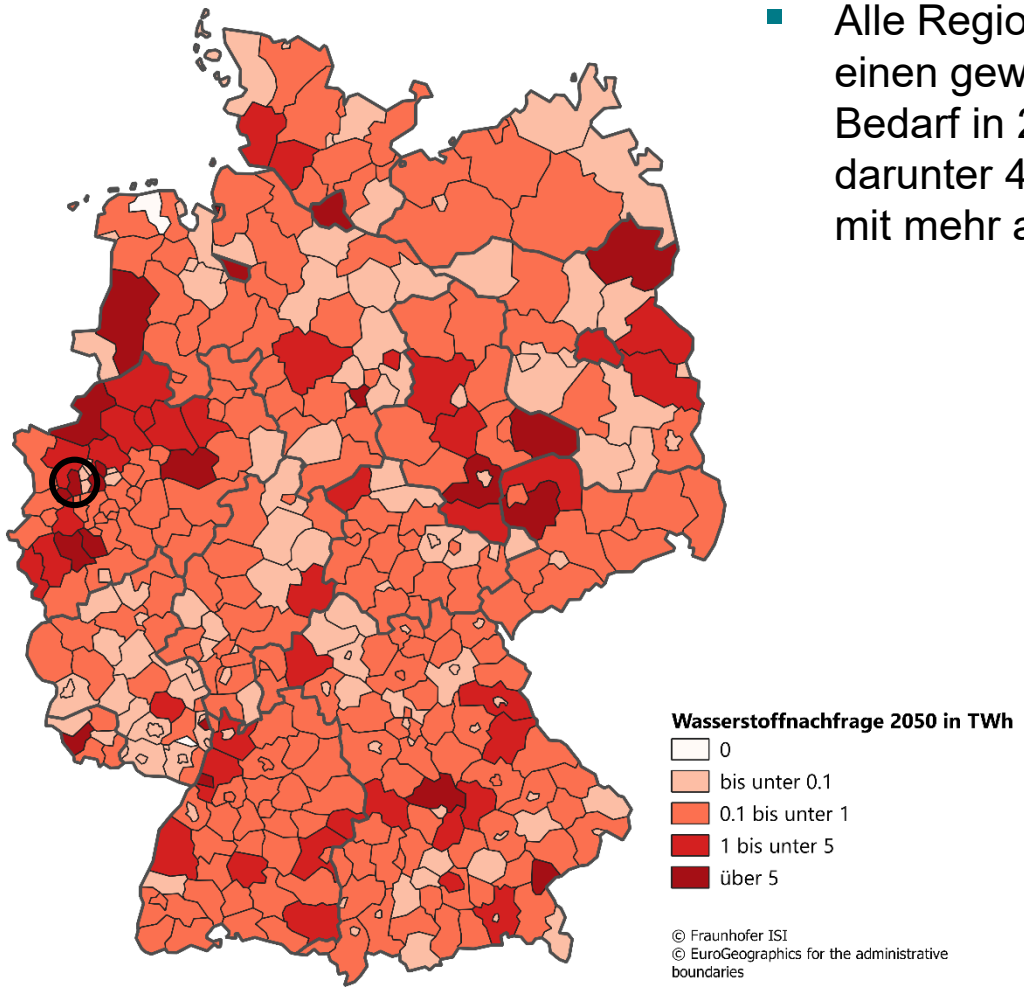
Einzelne Standorte z.B. Chemieparks, Zement oder Glas sind wichtige Treiber → Punktuell deutlich stärkerer Anstieg



- Die Stromnachfrage steigt in nahezu allen Regionen; in 70% der Regionen ist der Anstieg höher als 50%
- In einigen Regionen ist der Anstieg höher als 800%

Regionen mit energieintensiver Industrie: starke Veränderung in den Szenarien – TN-H2

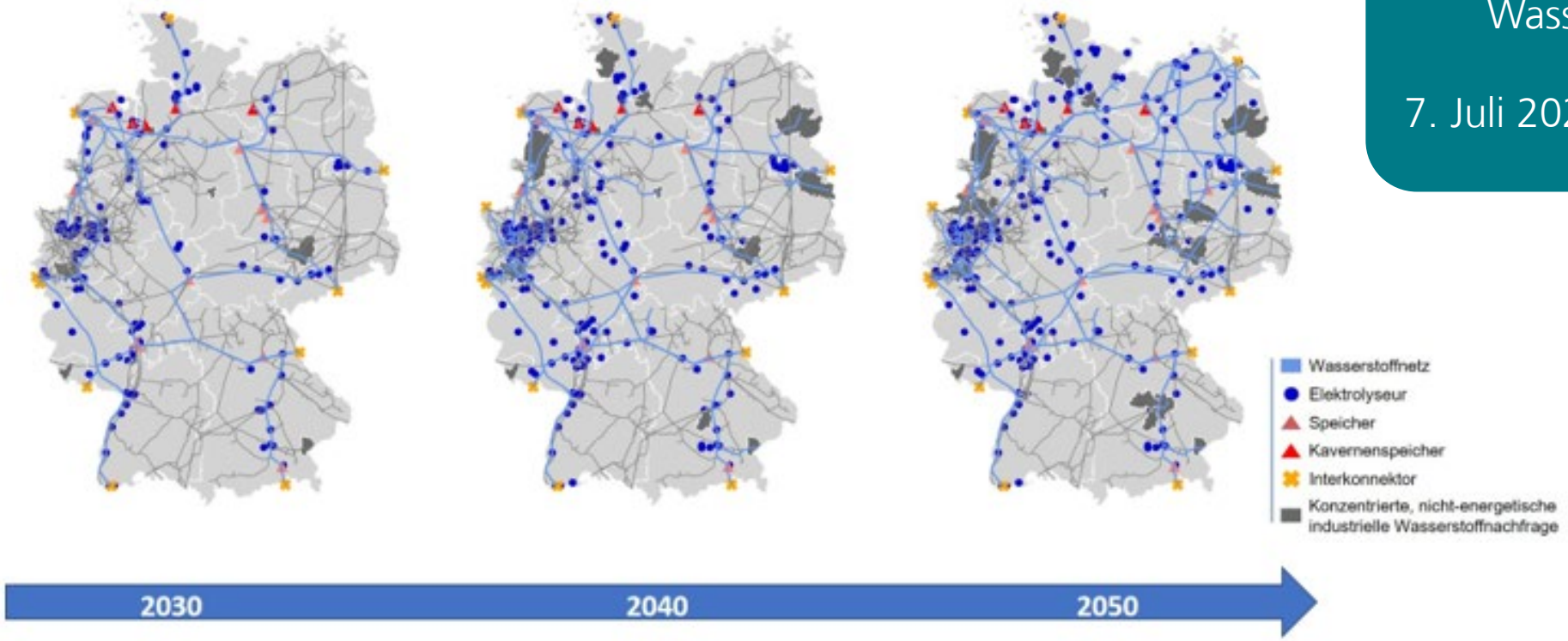
	TN-H2
Stahl: 15 Hochöfen in 5 Regionen	H2-DRI: Duisburg höchste H2-Nachfrage von 29 TWh
Chemie (stofflich): Methanol und Ammoniak je 4 Standorte, 15 Raffinerien	Wasserstoffbedarf als Rohstoff für Methanol- und Ammoniaksynthese
Wasserstoff für die Prozesswärme	H2-Bedarf in allen Regionen



- Alle Regionen haben einen gewissen H_2-Bedarf in 2050, darunter 49 Regionen mit mehr als 1 TWh/a

Ausblick Infrastruktur
Wasserstoff-Transportnetz im TN-H2

Abbildung 8-14: TN-H2-G Topologien Kernelemente im Gastransportnetz



Quelle: TUB E&R

Webinar
Strom-, Gas- und Wasserstoffnetze

7. Juli 2021, 14 bis 16 Uhr

Fraunhofer ISI consentec ifeu TU berlin E&R Energy and Resources

Schlussfolgerungen: Regionale Industrienachfrage

- **Einordung**
  - Große Unterschiede in der Entwicklung der 401 Regionen bis 2050
  - Regional ist die Industriestruktur durch wenige sehr große Standorte geprägt. Diese haben einen großen Einfluss auf den Energiebedarf.
  - Die Szenarien sind in ihrer Ausprägung in vielen Regionen deutlich extremer als im Bundesdurchschnitt
  - Hohe Unsicherheit bei der zukünftigen Entwicklung einzelner Standorte, insbesondere bei der Umstellung auf neue Verfahren
- **Schlussfolgerung**
  - Regionale Unterschiede stellen hohe Herausforderungen an lokale Infrastrukturen
  - Der Aufbau eines H2-Transportnetzes sollte große Industrienachfrager berücksichtigen

Kontakt:
Tobias.Fleiter@isi.fraunhofer.de

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Mehr Informationen und Updates gibt es auf:

https://www.langfristszenarien.de/