

Dekarbonisierungsszenarien für das industrielle Energiesystem in Österreich

Roman Geyer

Research Engineer, Integrated Energy Systems, Center for Energy
AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Peter Nagovnak

Wissenschaftlicher Projektmitarbeiter, Lehrstuhl für Energieverbundtechnik
Montanuniversität Leoben

STATUS QUO & BASIS DER SZENARIENENTWICKLUNG

ENERGIESZENARIEN ALS WERKZEUG ZUR ERFOLGREICHEN ERREICHUNG UNSERER KLIMAZIELE

- European Green Deal & Regierungsprogramm 2020 – 2024
- Energieszenarien als Werkzeug in der Untersuchung komplexer Systeme und deren Veränderung
- Berichte für Monitoring Mechanism starker Fokus auf Endenergie
 - Sehr gut für Gebäude, Verkehr, Landwirtschaft geeignet
 - Industrie überwiegend als Ganzes & Top-Down betrachtet; Ausnahme Eisen&Stahl
 - Keine branchenübergreifenden Kooperationen berücksichtigt
 - Keine Infrastruktur oder Potentialbetrachtungen miteinbezogen

DER BEDARF FÜR DIE NEFI-INDUSTRIESZENARIEN (1)

DETAILLIERTE INDUSTRIESZENARIEN BEREITEN EINE FUNDIERTE ENTSCHEIDUNGSGRUNDLAGE

- Stark unterschiedliche industrielle Subsektoren
- Erweiterung auf industrielle Umwandlungs- und Produktionsprozesse in den einzelnen Sektoren notwendig
- Industrieller **Gesamtenergiebedarf** erlaubt Aussagen über:
 - Auswirkungen branchenübergreifender Kooperationen
 - Infrastrukturbedarf für leitungsgebundene Energieträger
 - Sektorkopplungsmöglichkeiten
 - Vernetzung des industriellen mit öffentlichem Energiesystem
 - Gesamten CO₂-Ausstoß der Industrie



DER BEDARF FÜR DIE NEFI-INDUSTRIESZENARIEN (2)

PRÄZISE BILANZGRENZE ERMÖGLICHT RELEVANTE UND VERGLEICHBARE DATEN

Industriebilanzgrenze



Öffentliches Energiesystem

Ausgegebene Ergebnisse der Szenarien

Stoffflüsse in die Bilanzgrenze

Anlagen an Industriestandorten

SCHWERPUNKTE DER PRÄSENTATION

FOLGENDE FRAGEN WERDEN BEANTWORTET

- Welche Bilanzgrenzen müssen zwischen dem industriellen und dem öffentlichen Energiesystem gezogen werden und wie erfolgt die Zuteilung der ausgelösten THG-Emissionen?
- Wie muss die Szenarienkonzeption gestaltet sein, um sowohl Informationsgehalt zu maximieren und Anzahl der Szenarien prägnant und übersichtlich zu halten?
- Wie können Robustheit und Relevanz der Szenarien schon im Verlauf der Erarbeitung maximiert werden?
- Welche unmittelbaren und mittelbaren Ergebnisse sind aus dem Projekt zu erwarten?

DIE SZENARIEN

DREI AUS DER LITERATUR BEKANNTE SZENARIENKONZEPTE

Szenario „Business-as-Usual“ (BAU)

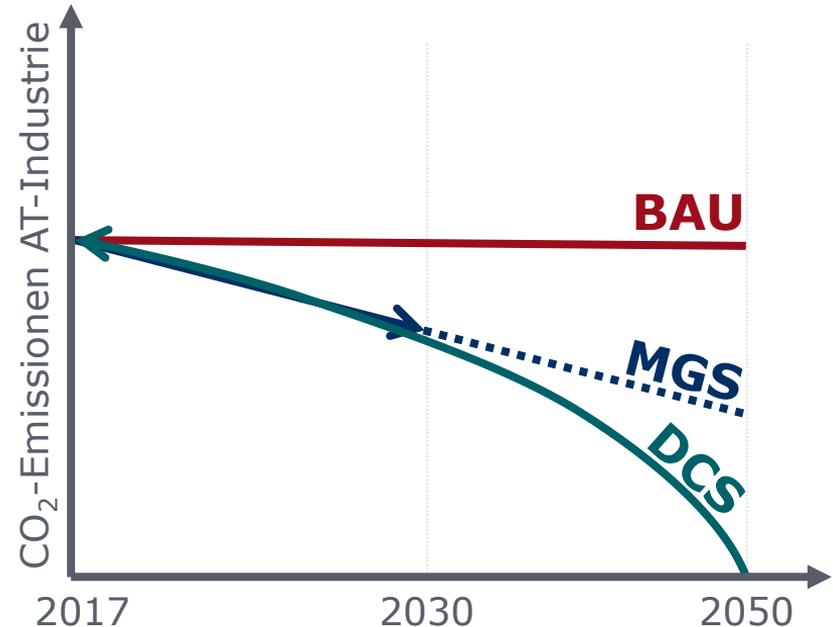
- Trendfortschreibung
(Ducot & Lubben, 1980)

Szenario „Mitigation“ (MGS)

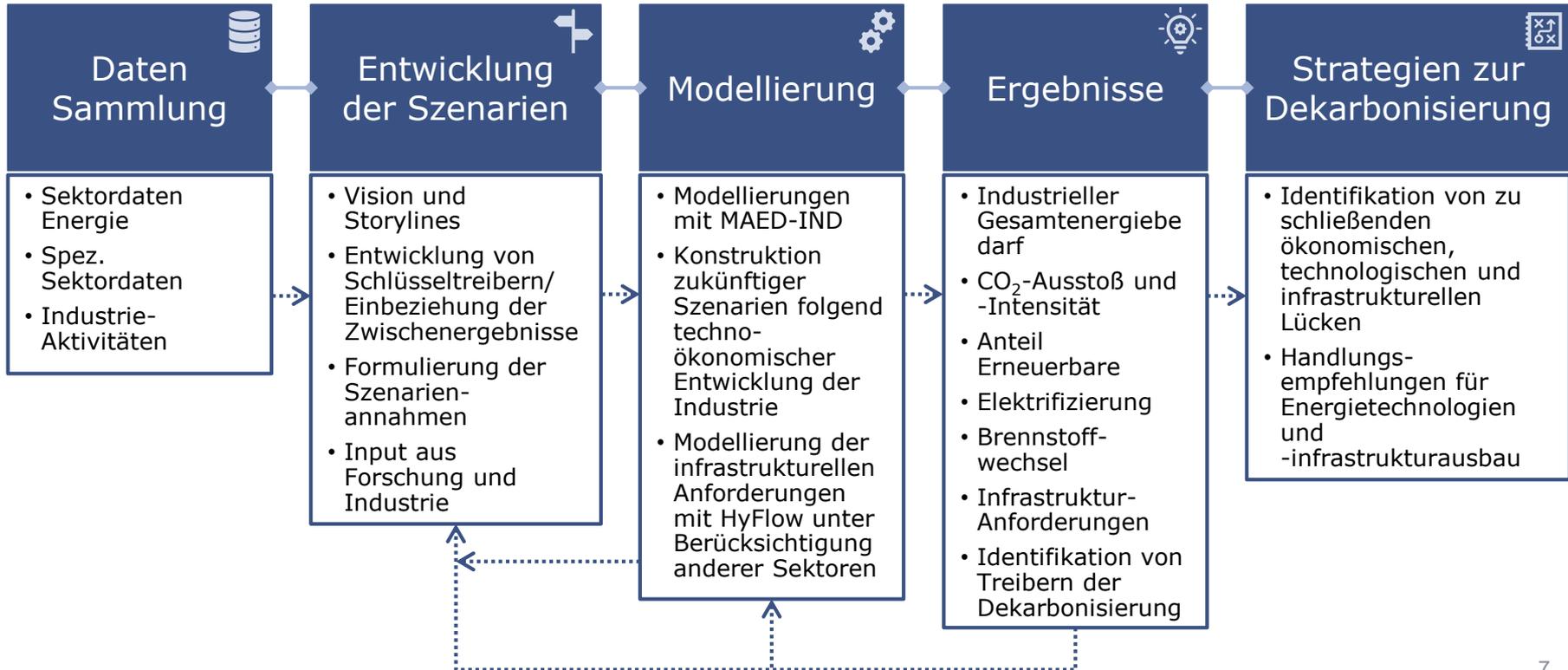
- „Foresight“ auf Basis aktueller
Industrieeinschätzungen bezügl.
Rahmenbedingungen und Technologieentwicklung
(Martin, 2010)

Szenario „Deep Decarbonisation“ (DCS)

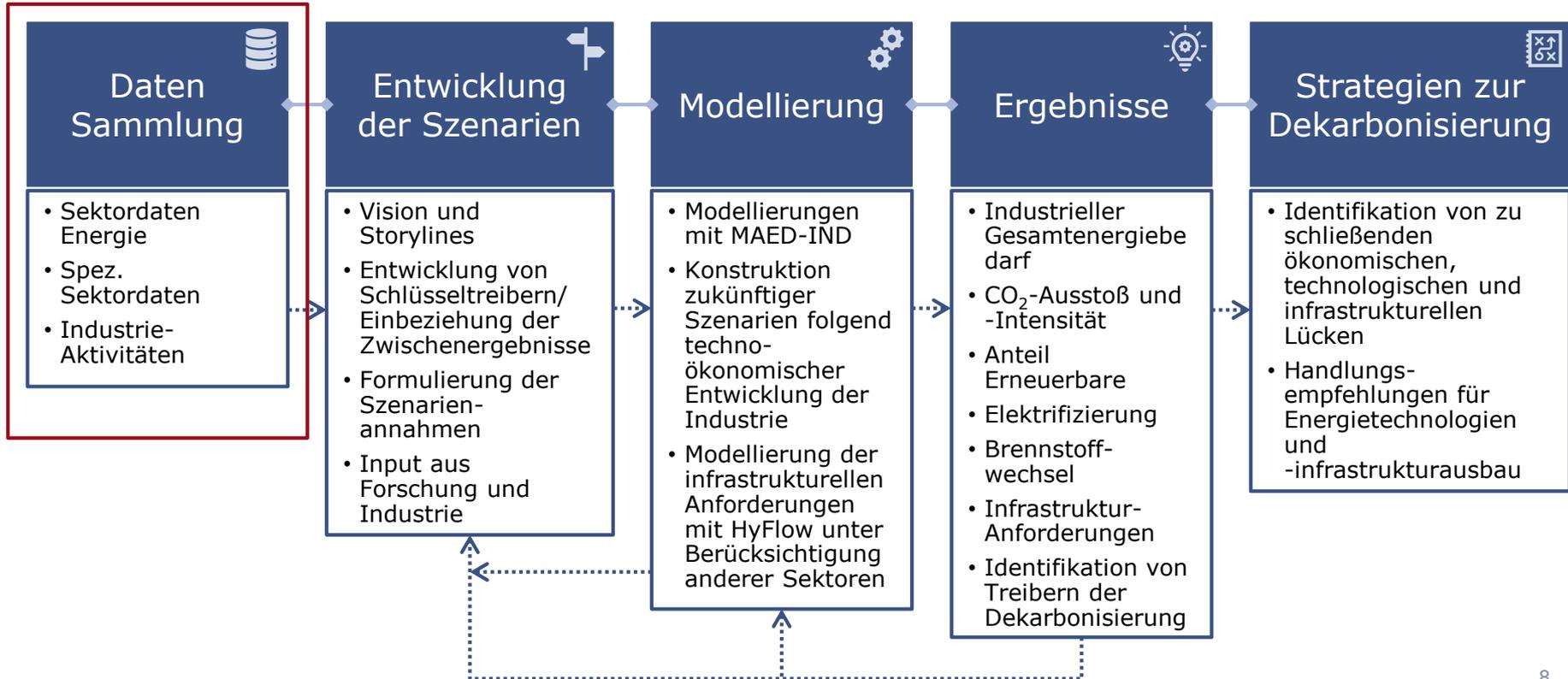
- Aus „Backcasting“ abgeleiteter
Dekarbonisierungsweg
(Robinson, 1982)



METHODIK



METHODIK



DATENSAMMLUNG

LEGT DIE BASIS FÜR DIE UMFANGREICHE MODELLIERUNG

- Fachliteratur, Expertenwissen, Industriedialoge zu Technologien
- Statistische Verbrauchsdaten
- Allgemeine Wirtschaftsentwicklung

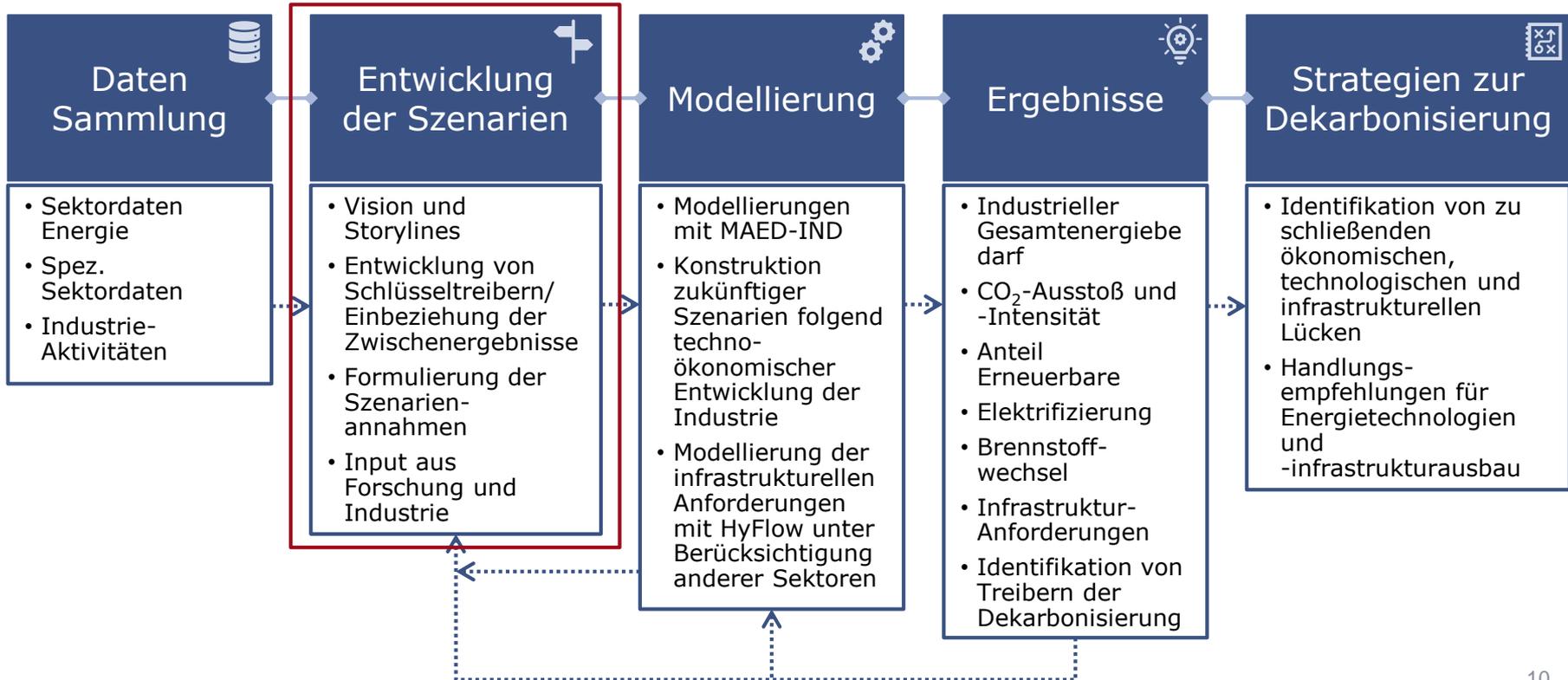
Daten-


sammlung

- Sektordaten Energie
- Spez. Sektordaten
- Industrie-Aktivitäten

		2017	2020	2021	2022	2025	2030	2040	2050
BIP _{Real, 2015}	Mrd.€	360,1	321,8	329,2	343,3	373,0	405,8	478,0	560,2
BIP _{Real, 2015}	%/a	2,48	-6,60	2,30	4,30	2,80	2,33	1,60	1,60

METHODIK



SZENARIENENTWICKLUNG

LAUFENDE OPTIMIERUNG MIT FEEDBACK AUS MODELLIERUNG UND ZWISCHENERGEBNISSEN

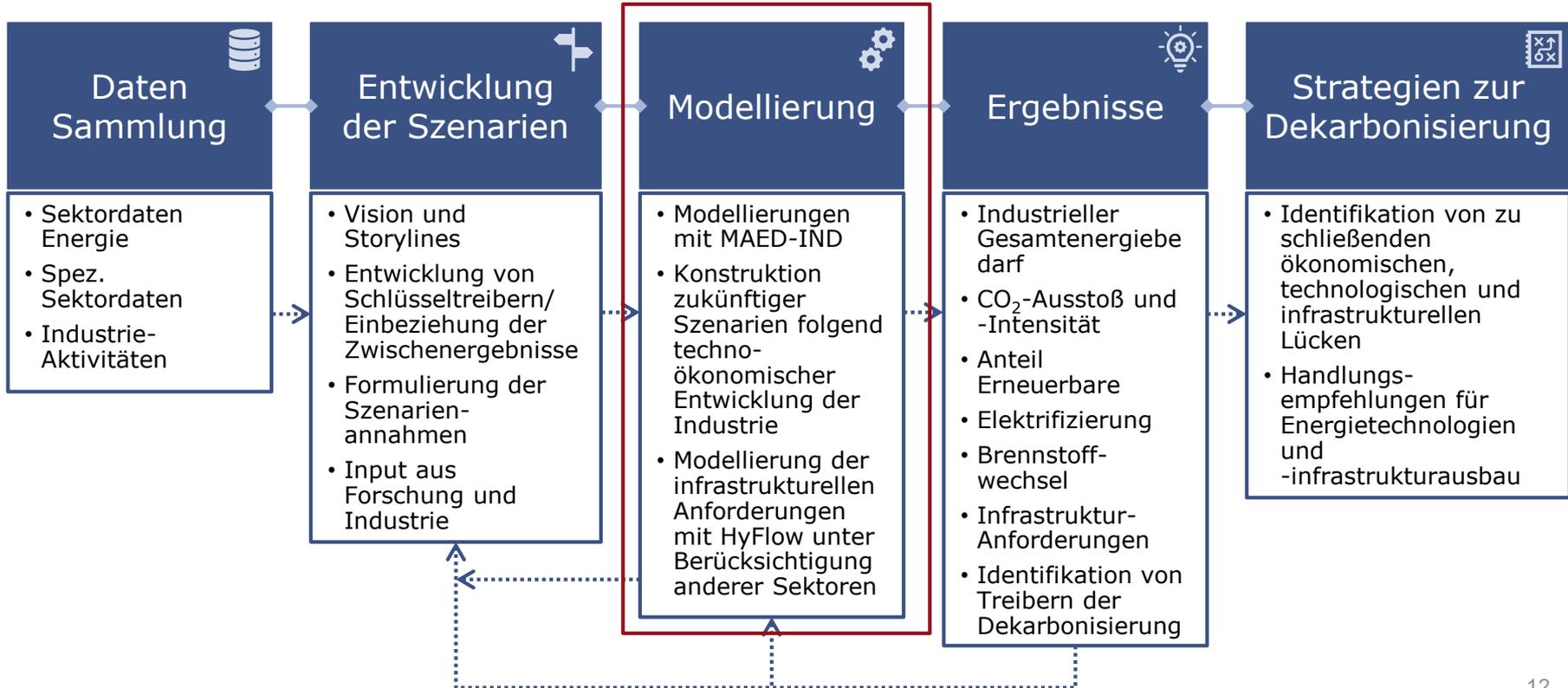
- Erarbeitung der Szenario-Storylines
- Szenarienspezifische Anwendung der Datensätze
- Intensiver Stakeholderprozess
 - Entwicklung/Ausgestaltung der Szenarien
 - Dekarbonisierungstreiber bzw. -hindernisse



Entwicklung der Szenarien

- Vision und Storylines
- Entwicklung von Schlüsseltreibern/
Einbeziehung der Zwischenergebnisse
- Formulierung der Szenari-
annahmen
- Input aus
Forschung und
Industrie

METHODIK



MODELLIERUNG (1)

WIE GESTALTET SICH DAS INDUSTRIELLE ENERGIESYSTEM IN DEN SZENARIEN

- Laufende Optimierung und Anpassung auf Basis der (Zwischen)ergebnisse sowie sich ändernder Rahmenbedingungen
- Verschneidung von wirtschaftlicher Aktivität und Verwendung von Technologien
- Parallel zu erarbeitende Infrastrukturanalyse und -bewertung für die leitungsgebundenen Energieträger Strom, Gas, Wärme
- Bilanzgrenze von besonderer Bedeutung

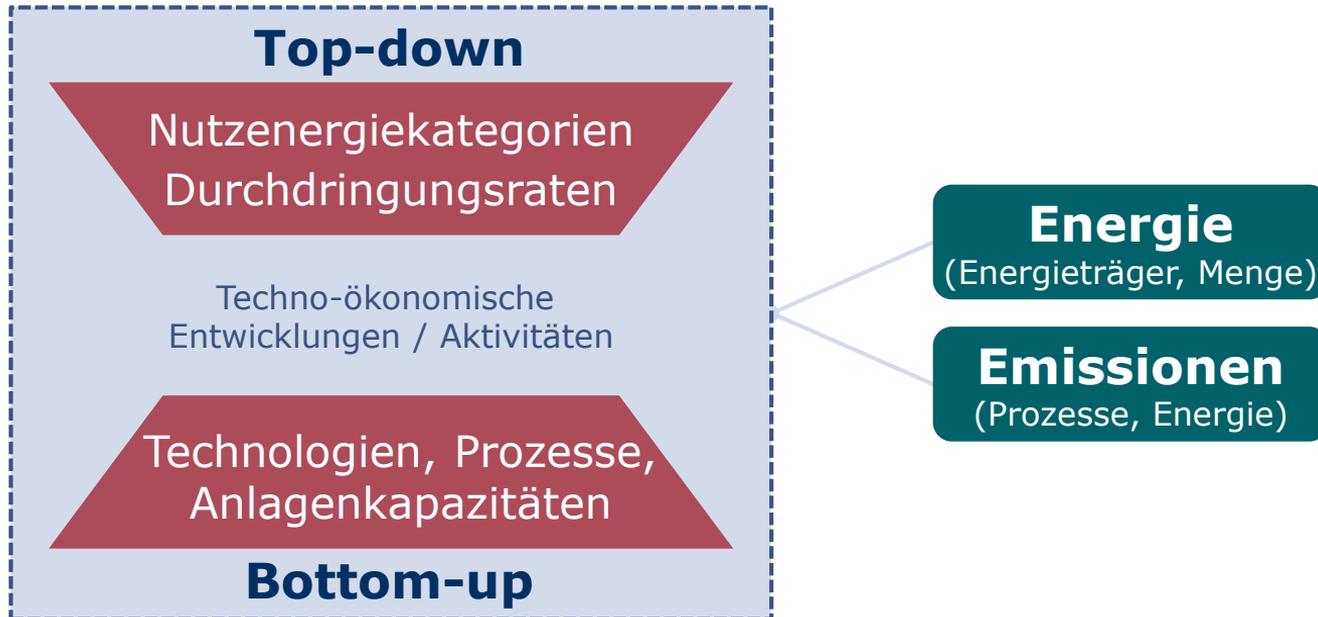


Modellierung

- Modellierungen mit MAED-IND
- Konstruktion zukünftiger Szenarien folgend techno-ökonomischer Entwicklung der Industrie
- Modellierung der infrastrukturellen Anforderungen mit HyFlow unter Berücksichtigung anderer Sektoren

MODELLIERUNG (2)

KOMBINATION AUS TOP-DOWN UND BOTTOM-UP-
BETRACHTUNGEN UM ALLE BRANCHEN ZU BETRACHTEN



Beispielmodellierung

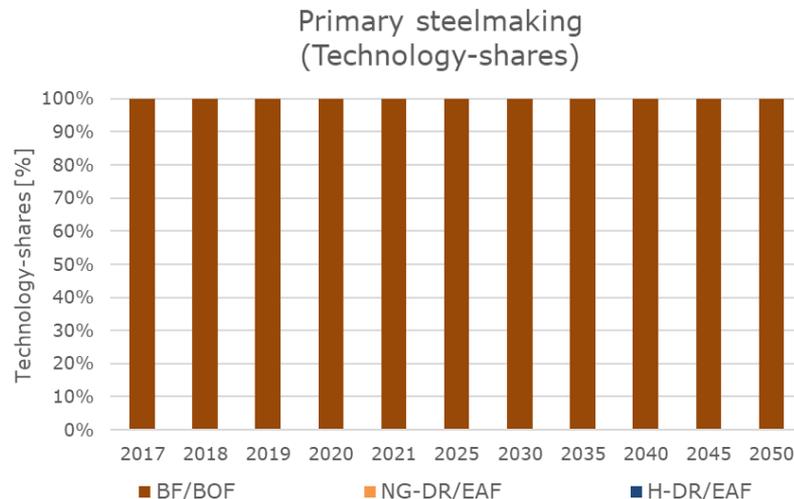
Primär-Stahlerzeugung

BUSINESS-AS-USUAL (BAU)

PRIMÄR-STÄHLERZEUGUNG MITTELS BF/BOF UND WASSERSTOFFEINSPEISUNG

- Ab 2025 wird erneuerbarer H₂ eingedüst: ersetzt Kohle

Jahr	kgH ₂ /t _{Roheisen}
2025	1
2030	2
2035	5
2040	10
2045	15
2050	20

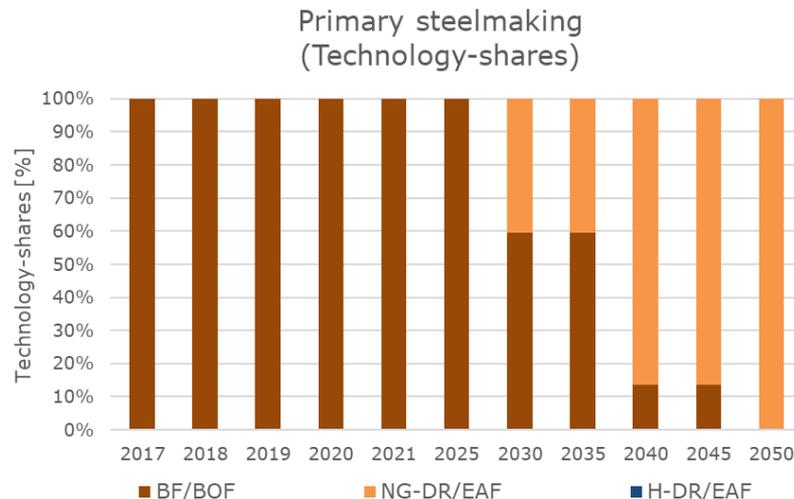


MITIGATION (MGS)

SUKZESSIVE UMSTELLUNG DER PRIMÄR-STÄHLERZEUGUNG VON BF/BOF AUF NG-DR/EAF INKL. H₂-EINSPEISUNG (30%) JE EINHEIT

- BAU-Maßnahmen mit entsprechenden H₂-Einspeisungen in den einzelnen BF/BOF bleiben bestehen

Jahr	Kapazität NG-DR/EAF	Kapazität BF/BOF
2030	40%	60%
2040	85%	15%
2050	100%	0%

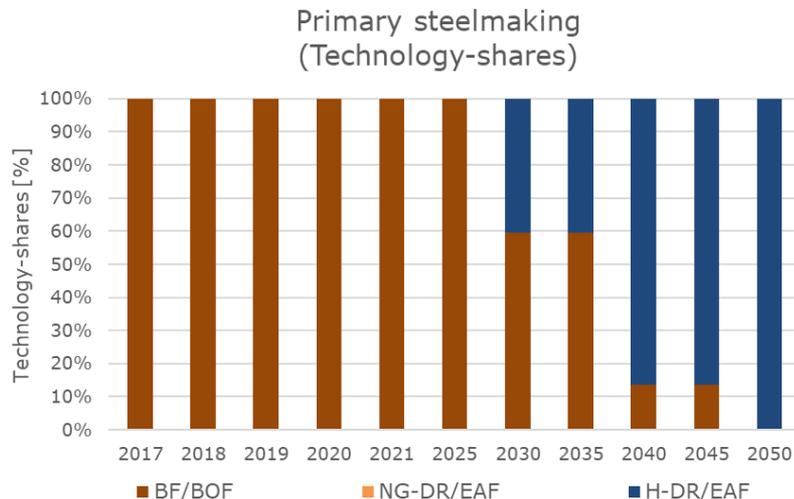


DEEP DECARBONISATION (DCS)

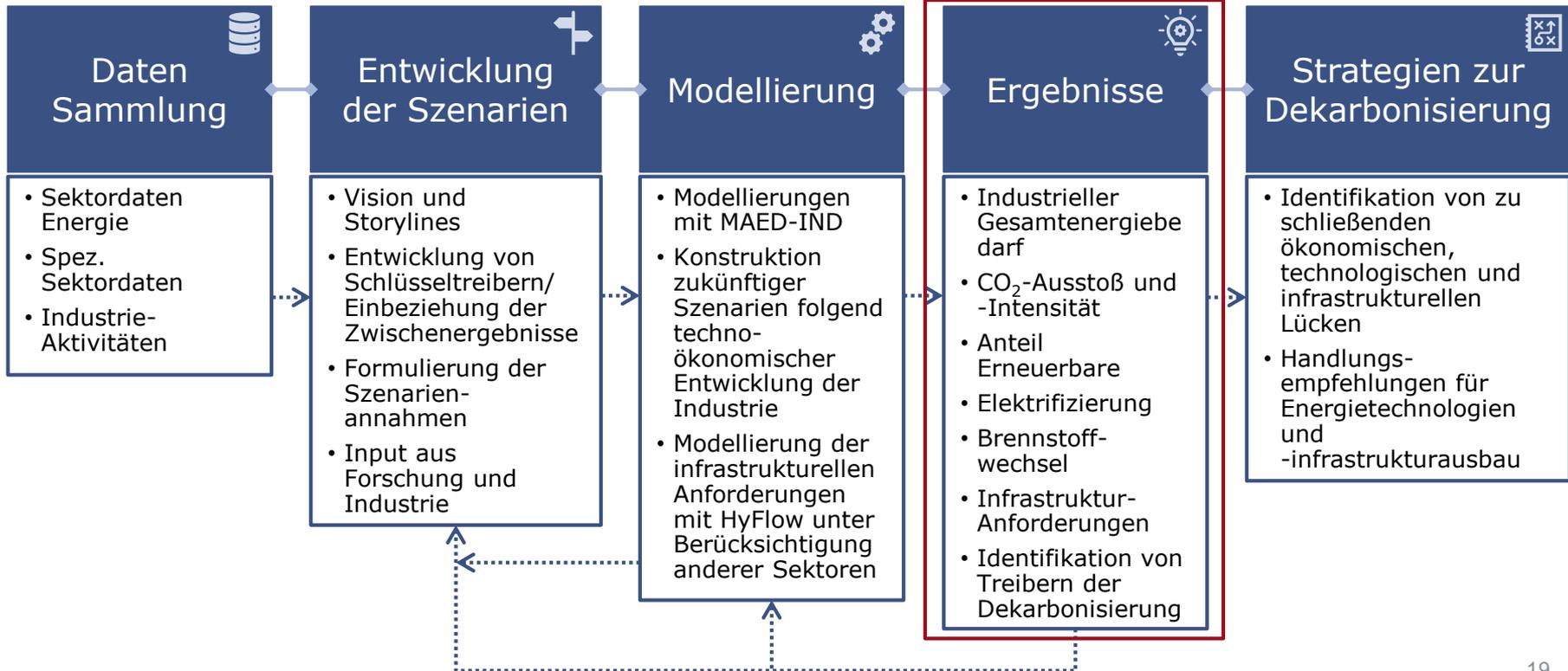
SUKZESSIVE UMSTELLUNG DER PRIMÄR-STÄHLERZEUGUNG VON BF/BOF AUF H₂-DR/EAF

- BAU-Maßnahmen mit entsprechenden H₂-Einspeisungen in den einzelnen BF/BOF bleiben bestehen

Jahr	Kapazität H ₂ -DR/EAF	Kapazität BF/BOF
2030	40%	60%
2040	85%	15%
2050	100%	0%



METHODIK



ERGEBNISSE

AUS DER UMFANGREICHEN BETRACHTUNG ERGEBEN SICH EBENSO UMFANGREICHE INFORMATIONEN

Die Ergebnisse können nach Branche oder für den gesamten industriellen Sektor aggregiert werden:

- Gesamtenergiebedarf (Endenergie und Umwandlungsprozesse)
- CO₂-Ausstoß und Intensität
- Aussagen zum Brennstoffwechsel und Anteil Erneuerbarer
- In Kombination mit Szenarien für verbleibende Sektoren werden auch Infrastruktur-Bottlenecks sowie Lösungsmöglichkeiten ermittelt



Ergebnisse

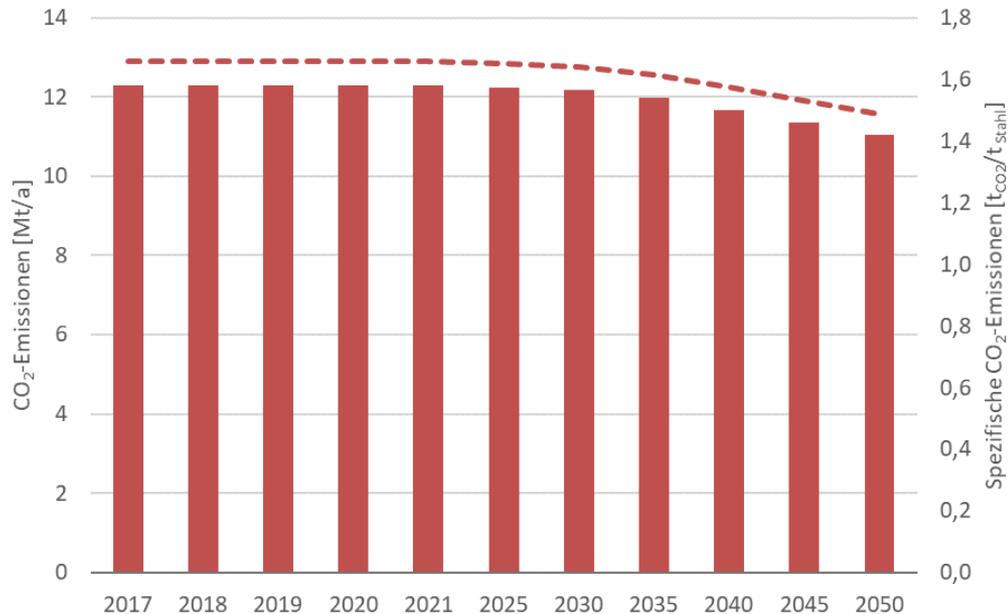
- Industrieller Gesamtenergiebedarf
- CO₂-Ausstoß und -Intensität
- Anteil Erneuerbare
- Elektrifizierung
- Brennstoffwechsel
- Infrastruktur-Anforderungen
- Identifikation von Treibern der Dekarbonisierung

Ergebnisse der Beispielmodellierung

Primär-Stahlerzeugung

BUSINESS-AS-USUAL (BAU)

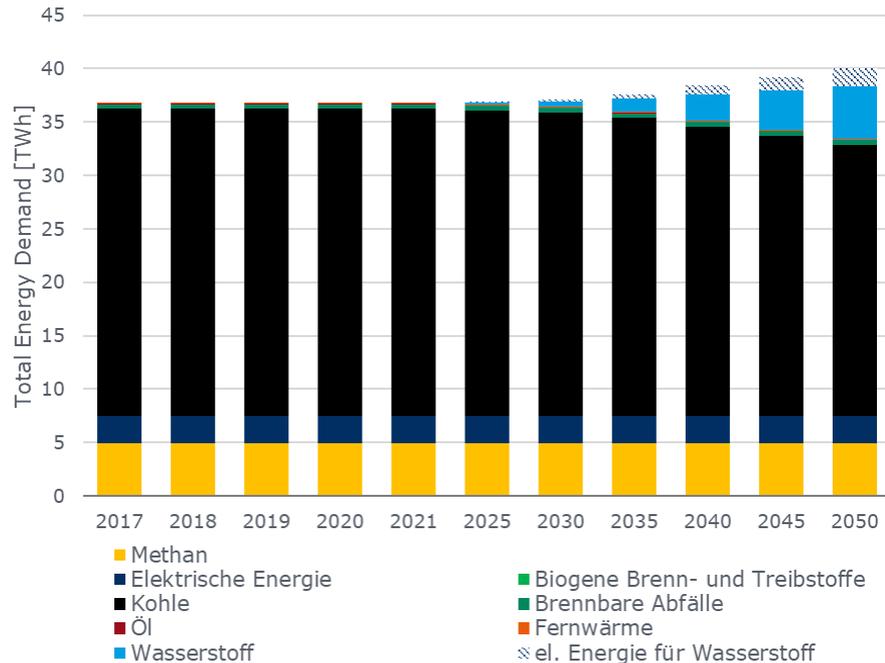
CO₂-EMISSIONEN – PRIMÄR-STÄHLERZEUGUNG



- Energie- und Prozessbedingte CO₂-Emissionen sinken von 12,3 auf 11,0 MtCO₂
- Vergleich 2050 ggü. 2017: Reduktion um 1,3 Mt CO₂ bzw. 10%
- Reduktion entspricht einer Minderungsrate von 0,3 %/a

BUSINESS-AS-USUAL (BAU)

GESAMTENERGIEBEDARF – PRIMÄR-STÄHLERZEUGUNG



- Wasserstoff ersetzt zunehmend Kohle
- Kohle-Einsatz reduziert sich um 3,4 TWh (2050 ggü. 2017)
- Rund 10% des (kohlenstoffbasierten) Reduktionsmittels kann ersetzt werden
- Unter Berücksichtigung des Stromeinsatzes zur Wasserstoffherzeugung kommen 2050 1,6 TWh dazu

MITIGATION (MGS)

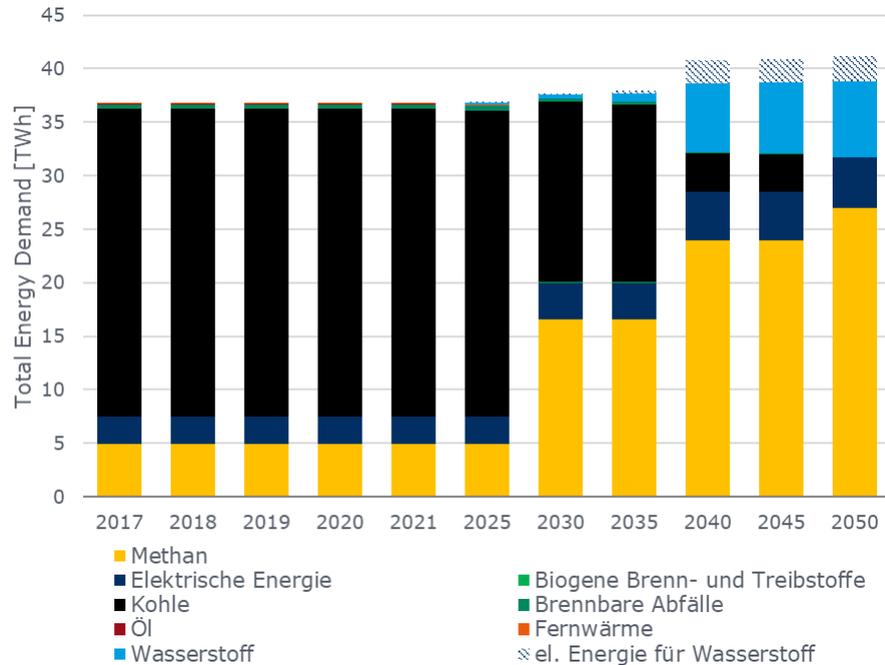
CO₂-EMISSIONEN – PRIMÄR-STÄHLERZEUGUNG



- Energie- und Prozessbedingte CO₂-Emissionen sinken von 12,3 auf 6,2 MtCO₂
- Vergleich 2050 ggü. 2017: Reduktion um 6,1 MtCO₂ bzw. 49%
- Somit sinkt auch die CO₂-Intensität um die Hälfte
- Zusätzliche CO₂-Reduktion um 4,8 MtCO₂ ggü. BAU-Szenario
- Reduktion entspricht einer Minderungsrate von 2,0 %/a
- Potenzial (30-60%) von Schrott im EAF noch nicht berücksichtigt

MITIGATION (MGS)

GESAMTENERGIEBEDARF – PRIMÄR-STÄHLERZEUGUNG



- Gesamtenergiebedarf steigt um 2,1 TWh an
- Bei dieser Betrachtung ist der el. Energieeinsatz für die Wasserstoffproduktion nicht inkludiert
- Unter Berücksichtigung des el. Energieeinsatzes für die Wasserstoffproduktion erhöht sich die Bilanz um 2,4 TWh im Jahr 2050 (schraffierter Bereich)
- Anzahl der eingesetzten Energieträger im Jahr 2050 reduziert sich auf Methan, Wasserstoff und elektrische Energie

DEEP DECARBONISATION (DCS)

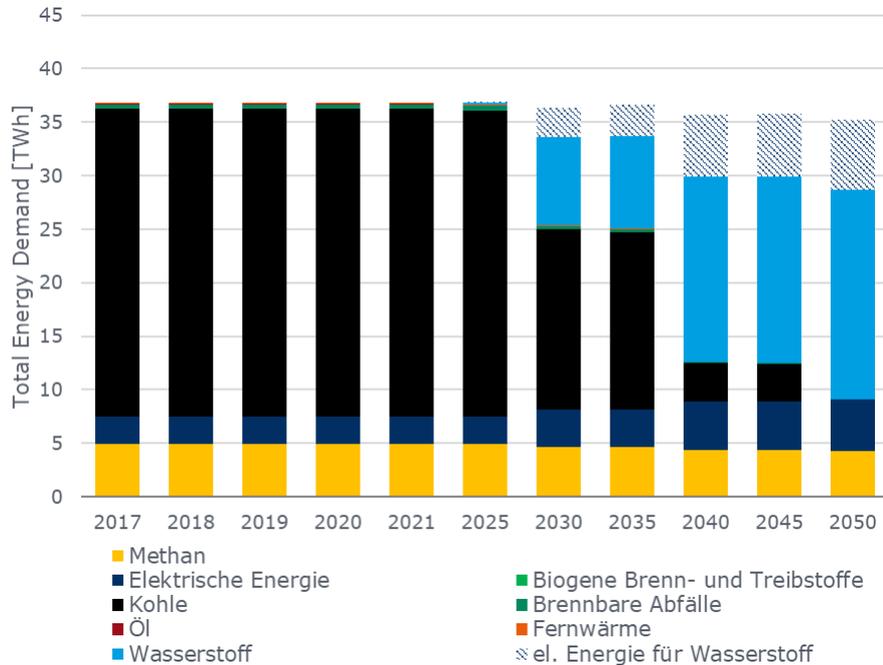
CO₂-EMISSIONEN – PRIMÄR-STÄHLERZEUGUNG



- Energie- und Prozessbedingte CO₂-Emissionen sinken von 12,3 auf 0,6 MtCO₂
- CO₂-Intensität der primären Stahlerzeugung sinkt signifikant
- Vergleich 2050 ggü. 2017: Reduktion um 11,7 MtCO₂ bzw. 95%
- Reduktion entspricht einer Minderungsrate von 8,3 %/a
- Potenzial von Schrott im EAF noch nicht berücksichtigt (Limit Schrottverfügbarkeit)

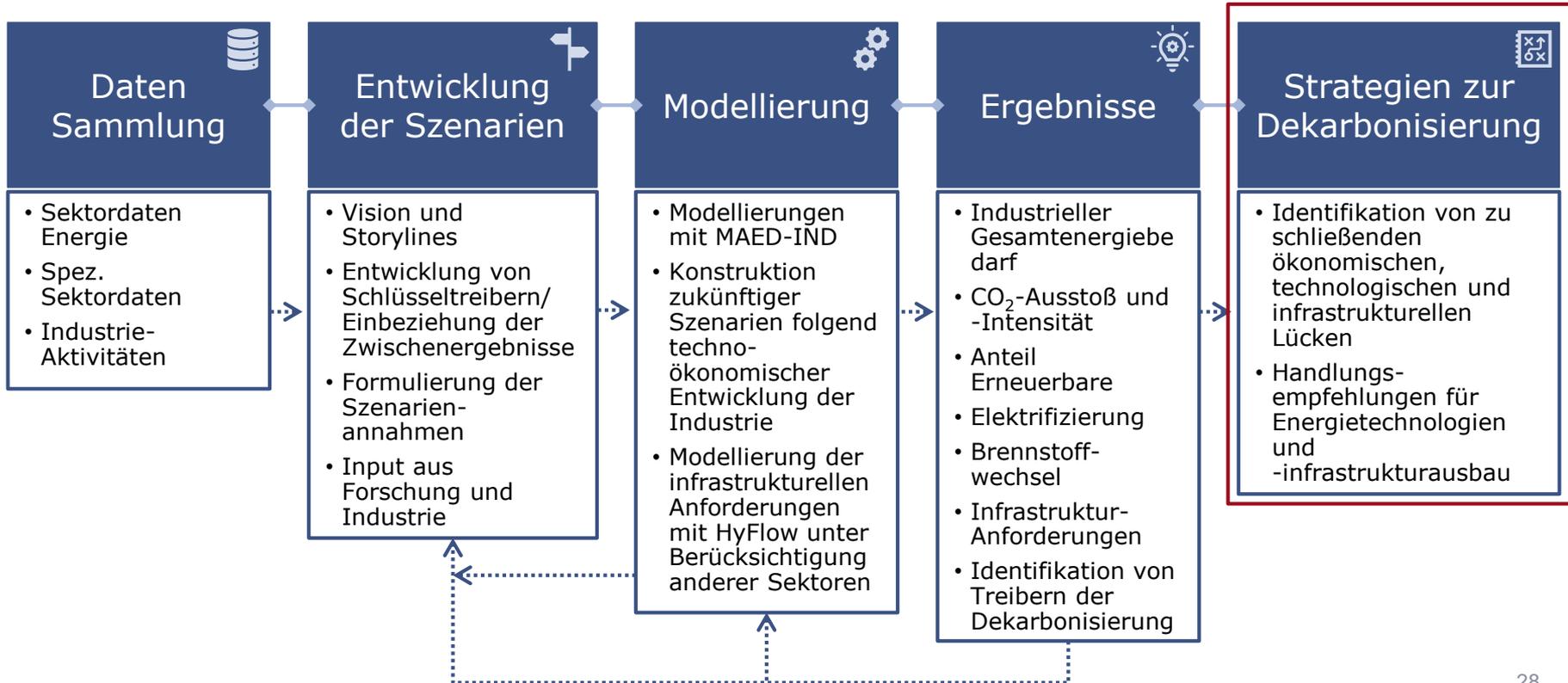
DEEP DECARBONISATION (DCS)

GESAMTENERGIEBEDARF – PRIMÄR-STÄHLERZEUGUNG



- Gesamtenergiebedarf sinkt von 36,8 TWh (2017) auf 28,7 TWh (2050)
- Bei dieser Betrachtung ist der el. Energieeinsatz für die Wasserstoffproduktion nicht inkludiert
- Unter Berücksichtigung des el. Energieeinsatzes für die Wasserstoffproduktion erhöht sich die Bilanz um 6,5 TWh im Jahr 2050 (schraffierter Bereich)
- El. Leistungsbedarf (Elektrolyse)
 - 2030: 1,3 GW_{el} (0,9 GW_{H₂})
 - 2040: 2,6 GW_{el} (2,0 GW_{H₂})
 - 2050: 3,0 GW_{el} (2,2 GW_{H₂})

METHODIK



STRATEGIEN ZUR DEKARBONISIERUNG

SZENARIENERGEBNISSE FÜHREN NOCH ZU SCHLIEßENDE LÜCKEN VOR AUGEN

- Um die Lücke zwischen Szenario „MGS“ und „DCS“ zu schließen, können u.a. notwendig sein:
 - Technologieentwicklung
 - Wirtschaftliche/regulative Änderungen
 - Infrastrukturentwicklungen



Strategien zur Dekarbonisierung

- Identifikation von zu schließenden ökonomischen, technologischen und infrastrukturellen Lücken
- Handlungsempfehlungen für Energietechnologien und -infrastrukturausbau

AUSBLICK

SZENARIEN ALS LIVING PROJECT

- Erste gesamtheitliche Veröffentlichung im zweiten Halbjahr 2021
- Fortlaufender partizipativer Prozess mit der Industrie bis 2025
- Laufende Weiterentwicklung und Aktualisierung der Szenarien
 - Tiefergehende Betrachtungen
 - Neue Technologien
 - Sich ändernde Rahmenbedingungen



**NEW ENERGY
FOR INDUSTRY**

DANKE

**ROMAN GEYER
PETER NAGOVNAK**