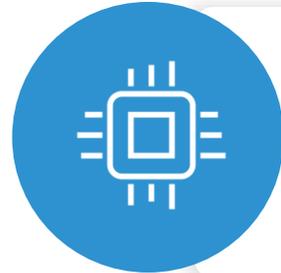


Energieversorgung Schweiz, Szenarien und Handlungsoptionen

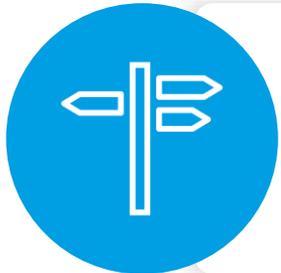
Basierend auf den Ergebnissen der Szenarienrechnungen
Energieperspektiven 2050+



Zielbild – das Energiesystem



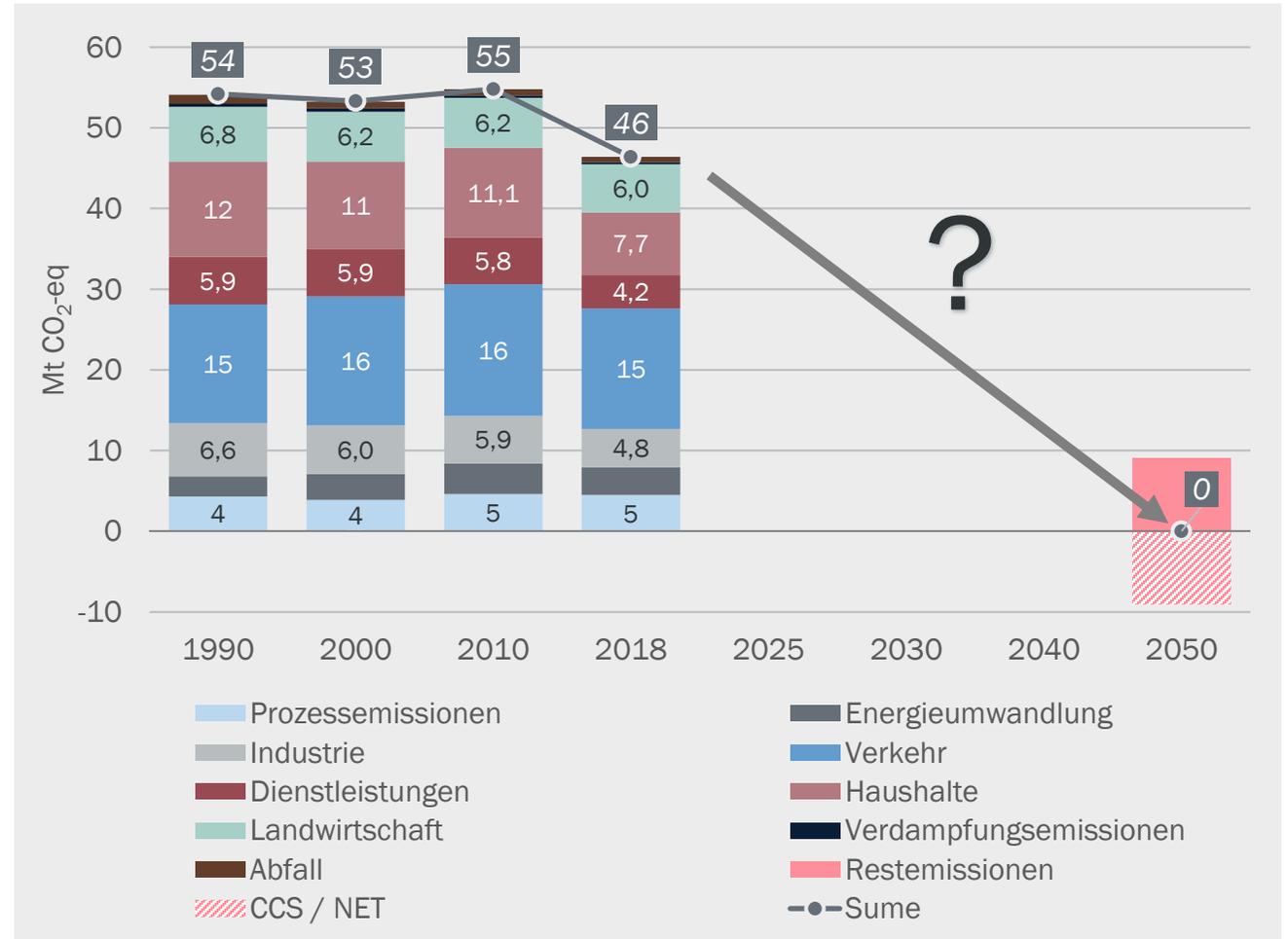
Technologie, Herausforderungen, Innovation



Benötigte Rahmensetzungen

Klimaneutrale Schweiz bis 2050

- Netto-Null bis 2050: schwer vermeidbare Restemissionen werden durch natürliche oder technische Senken ausgeglichen
- Welche Pfade ermöglichen die Zielerreichung?



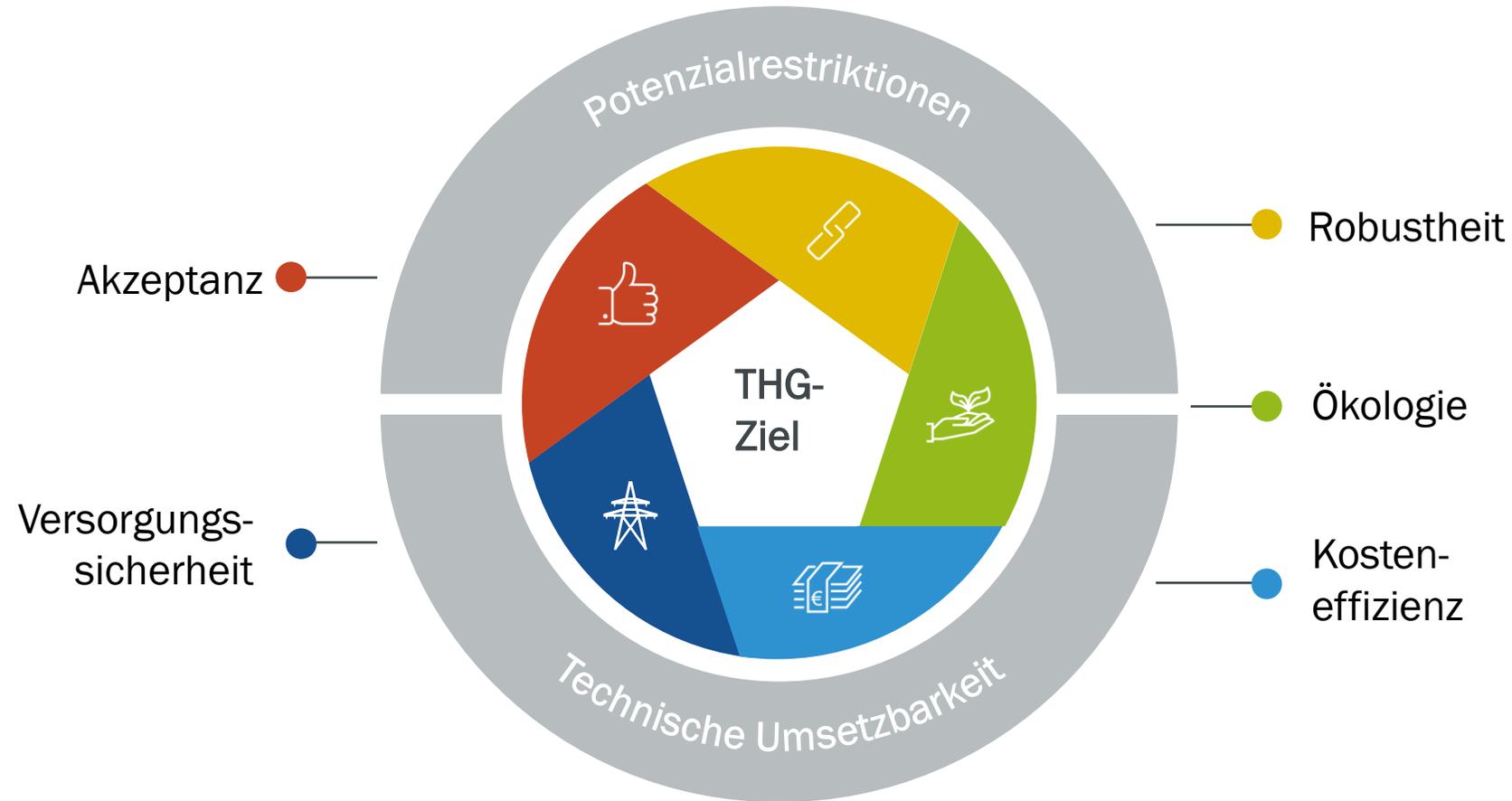
Einleitung

Szenario-Logik

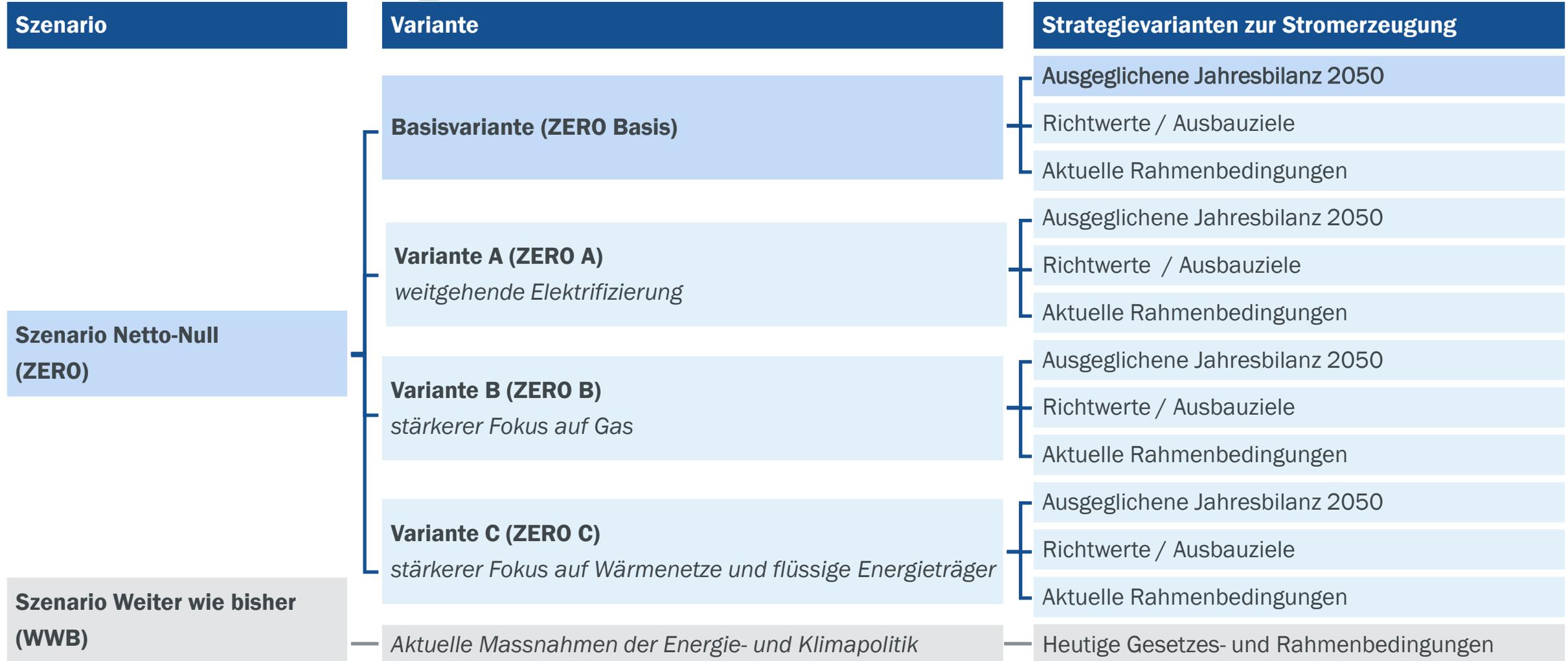
Zentrale Zielgrösse: Erreichung des Treibhausgasziels.

Für den Weg zur Zielerreichung werden die folgenden Kriterien berücksichtigt:

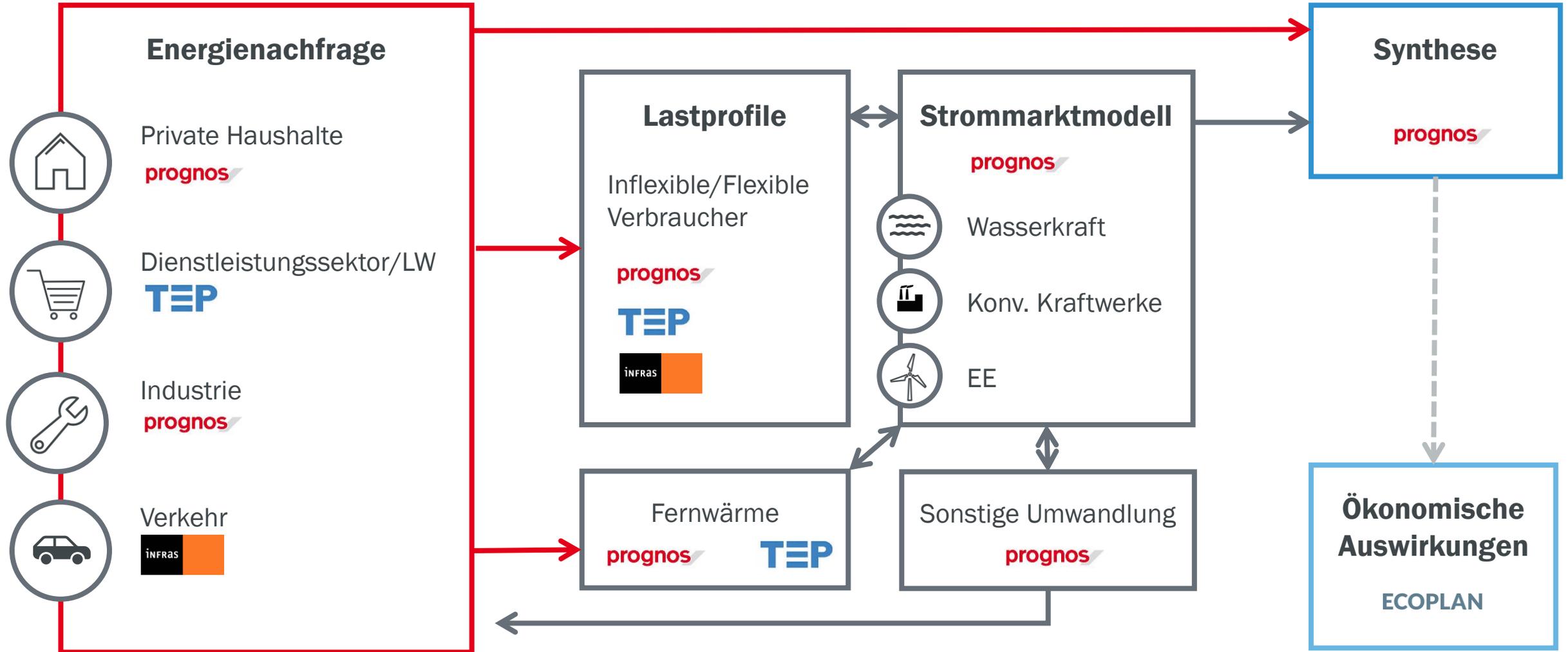
- Räumliche und zeitliche Potenzialrestriktionen
- Technische Umsetzbarkeit
- Kosteneffizienz
- Akzeptanz
- Versorgungssicherheit
- Robustheit der Zielerreichung



Einleitung: Szenarien und Varianten verschiedene Wege führen zum Ziel



Gesamtübersicht Modellierung

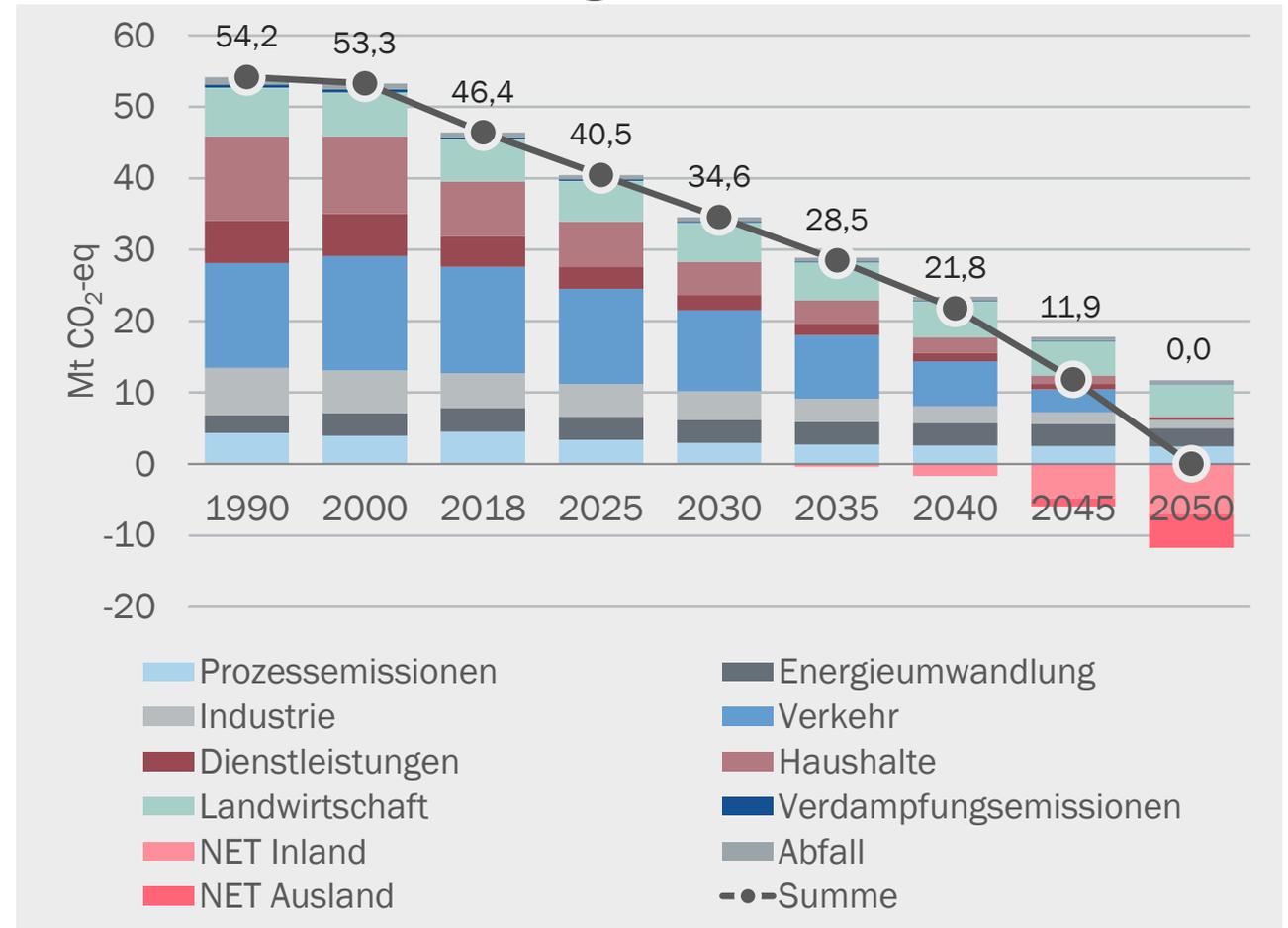


Treibhausgasemissionen

Netto-Null Treibhausgasemissionen

- Ziel Netto-Null kann erreicht werden
- 2050 verbleiben rund 12 Mt CO₂-eq schwer vermeidbare Restemissionen
- diese fallen hauptsächlich an in den Bereichen:
 - Landwirtschaft
 - industrielle Prozesse (u.a. Zement) und
 - Kehrichtverwertung (KVA)
- Einsatz von CCS/NET ist notwendig, damit bilanzielle Null erreicht werden kann.

Emissionsentwicklung im Szenario ZERO-Basis



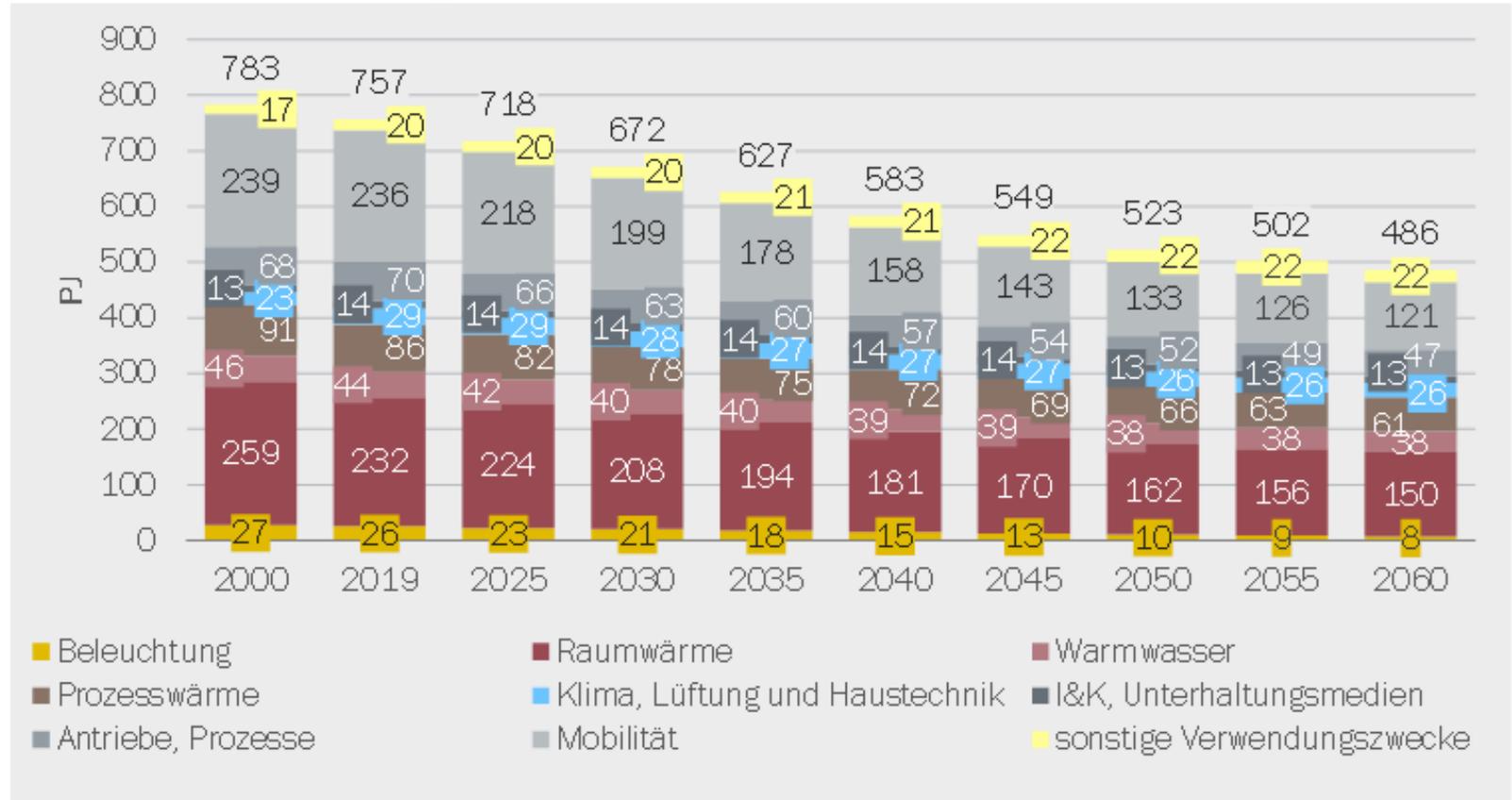
Endenergieverbrauch

Entwicklung 2019 bis 2050:

- insgesamt: -31% (WWB -19%), zusätzliche Einsparung ggü. WWB: 91PJ
- starke Rückgänge bei
 - Beleuchtung -60%
 - Raumwärme -30%
 - Mobilität -44%
- Raumwärme und Mobilität bleiben die Verwendungszwecke mit dem höchsten Verbrauch.
- Verbrauch aller Verwendungszwecke rückläufig, ausser den Sonstigen (Sammelgruppe mit Elektroanwendungen)

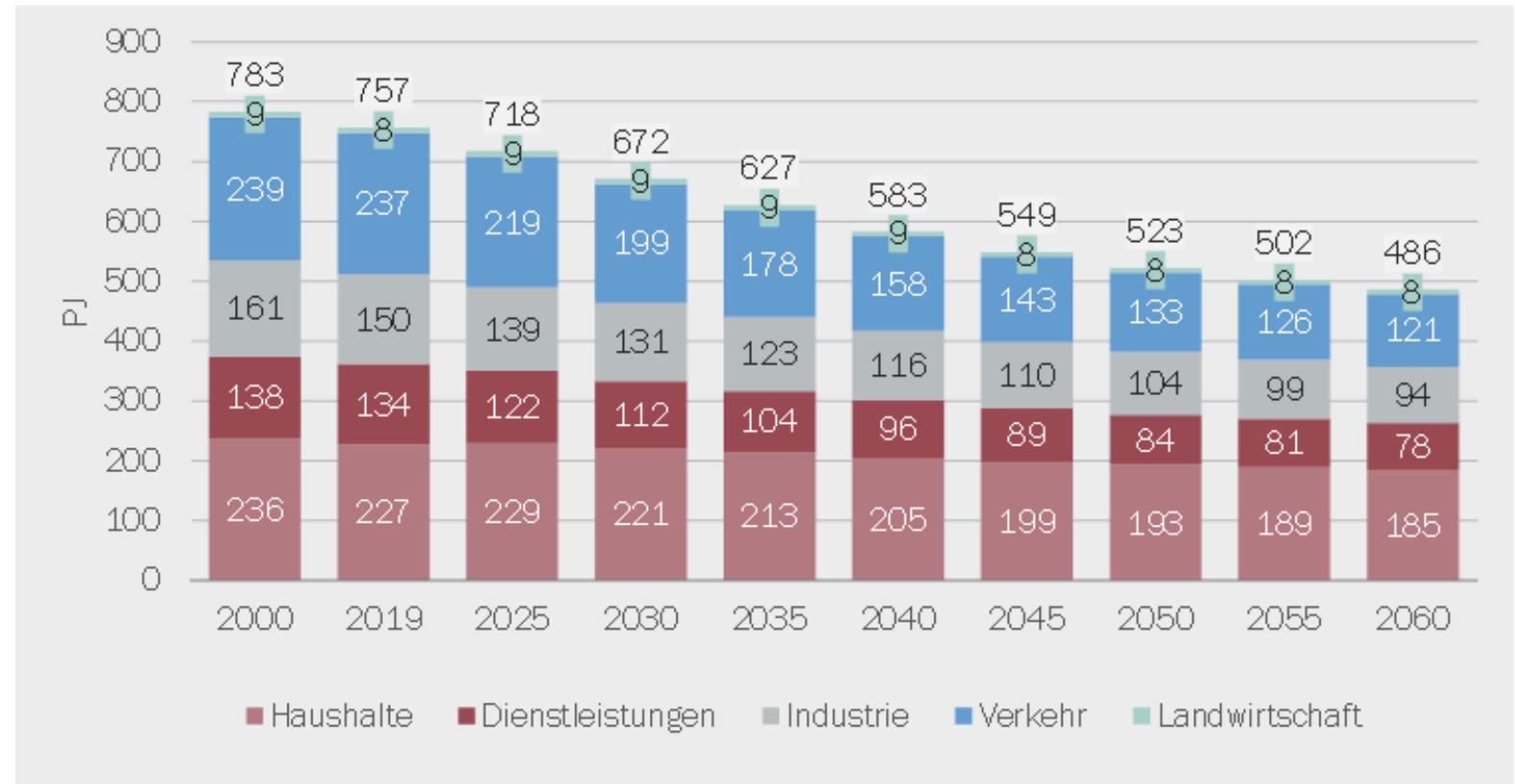
Verbrauchsentwicklung im Szenario ZERO-Basis

- nach Verwendungszwecken



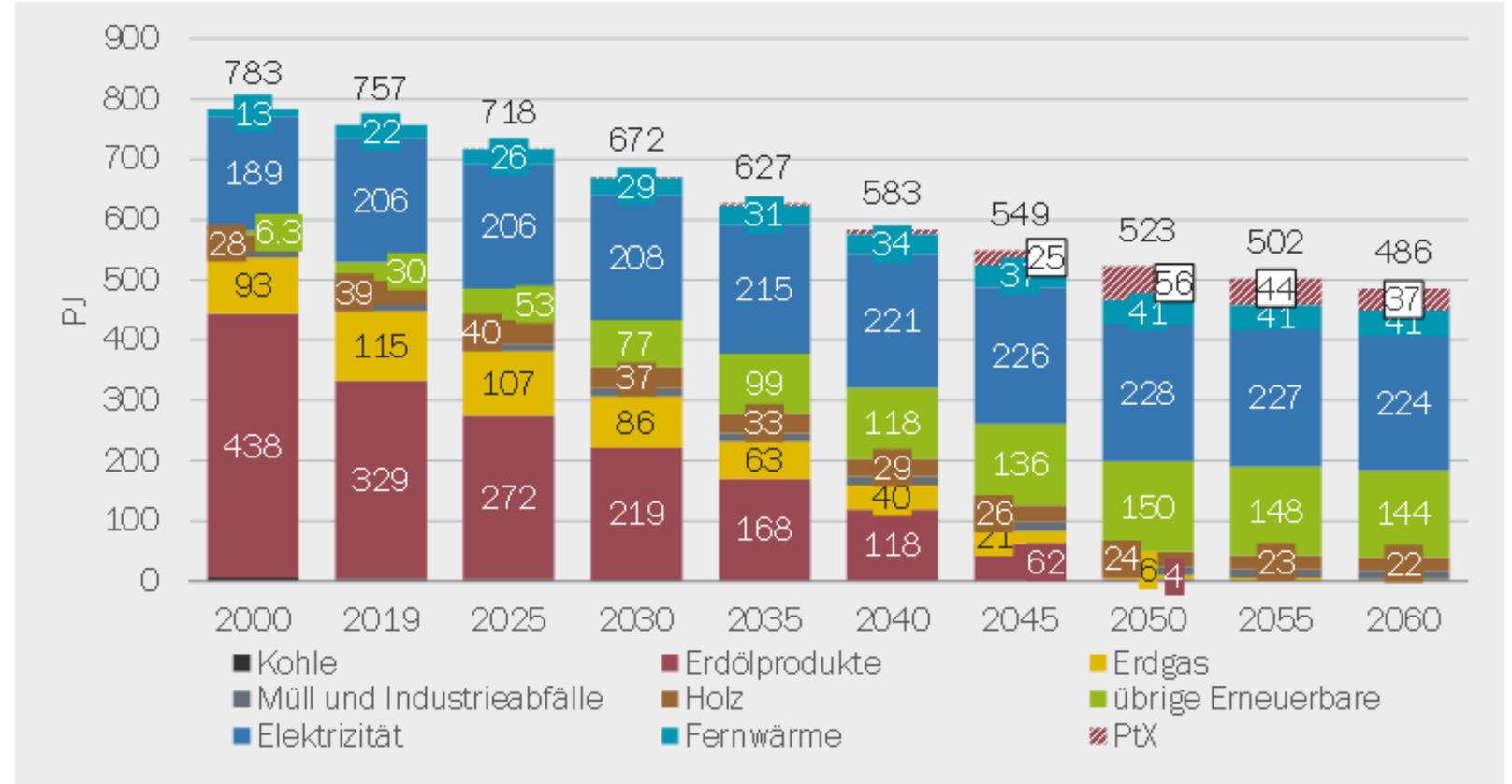
- Verkehr ist anfangs der Sektor mit dem höchsten Verbrauch → der Effizienzeffekt durch Elektrifizierung führt zur stärksten Reduktion.
- Industrie: Vor allem Querschnitts-Technologien und Elektrifizierung
- Gebäude (PHH und GHD): Effizienzmassnahmen, Qualität der Gebäudehülle

Nach Sektoren



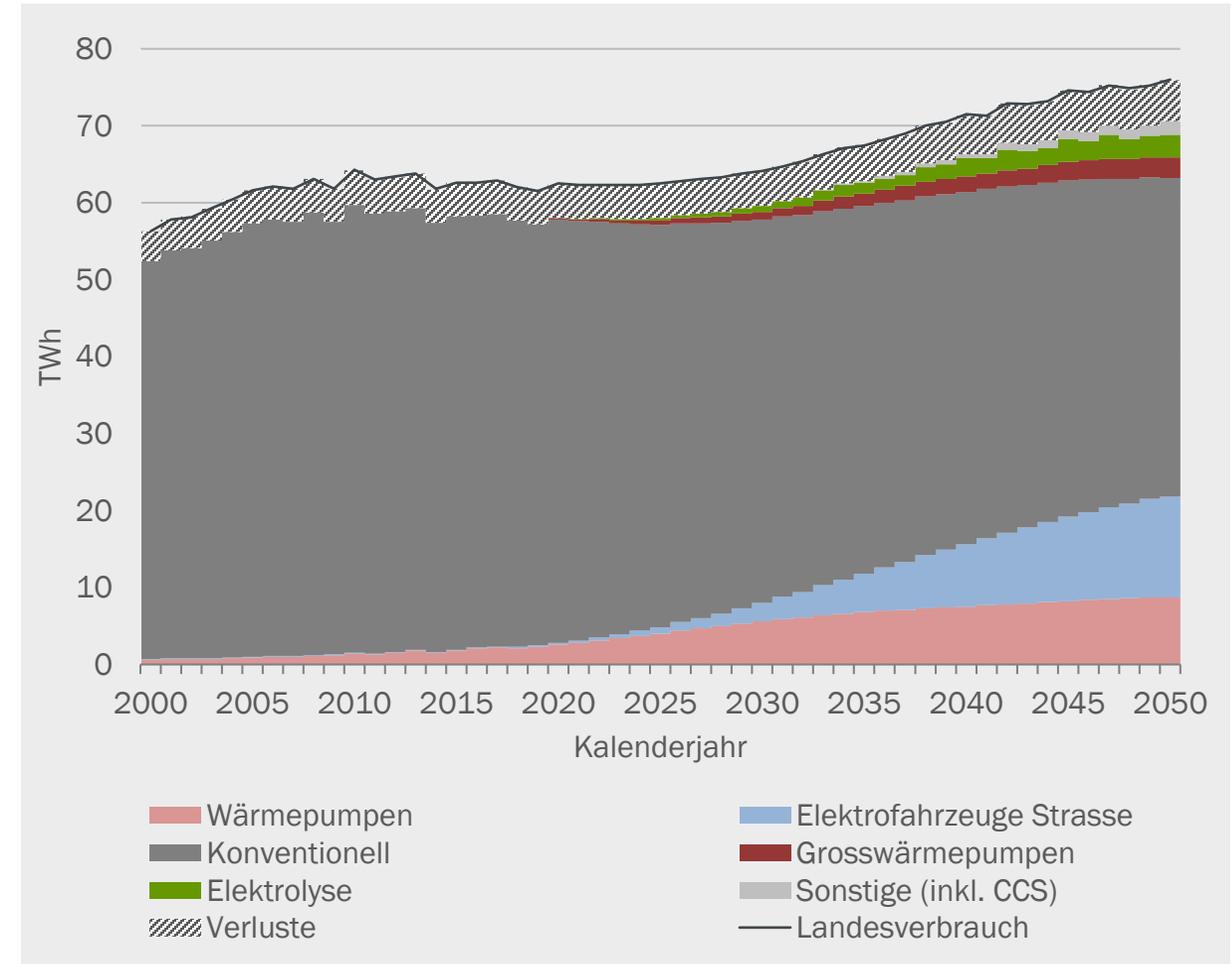
- Elektrifizierung führt zur Erhöhung der Stromnachfrage um ca. 10 %
- Effizienz wichtig, um den Anstieg zu begrenzen
- EE: Umgebungswärme, Solarthermie, Biomasse
- Nahezu Verdoppelung der Fernwärme
- Erdgas als Übergangstechnologie – ständige Reduktion
- PtX vor allem im Schwerverkehr & Flugverkehr

Nach Energieträgern



Landesverbrauch nach Anwendungsbereichen

- Anstieg des Landesverbrauchs um rund 24 % bis zum Jahr 2050
- Treiber des Anstiegs sind hauptsächlich
 - Elektrofahrzeuge im Strassenverkehr (13 TWh)
 - Wärmepumpen (9 TWh)
 - H₂-Elektrolyse (3 TWh)
 - CCS / Negativemissionstechnologien (2 TWh)
- Gedämpft wird der Anstieg durch Effizienz: Rückgang im Vergleich zu WWB im konv. Stromverbrauch.

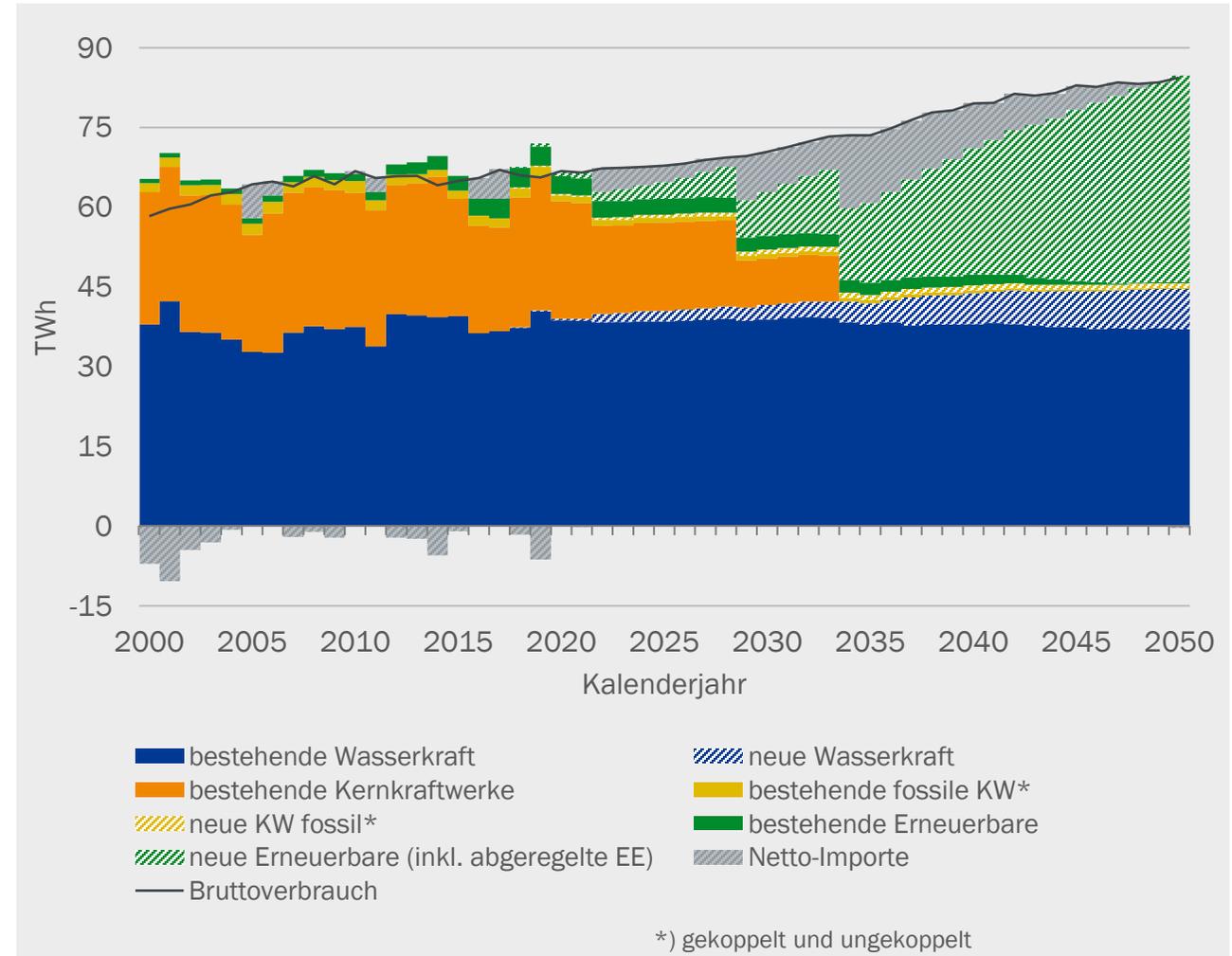


Strom- und Wärmeversorgung

Stromsystem

Stromversorgung der Schweiz bis 2050 durch Wasserkraft und erneuerbare Energien, temporär Ergänzung durch Stromimporte.

- Anstieg des gesamten Verbrauchs (inkl. Speicherpumpen) auf 84 TWh in 2050.
- Deutlicher Anstieg der inländischen Stromerzeugung durch erneuerbare Energien und Wasserkraft.
- Importsaldo nach dem Kernenergieausstieg bis 2050 ausgeglichen.

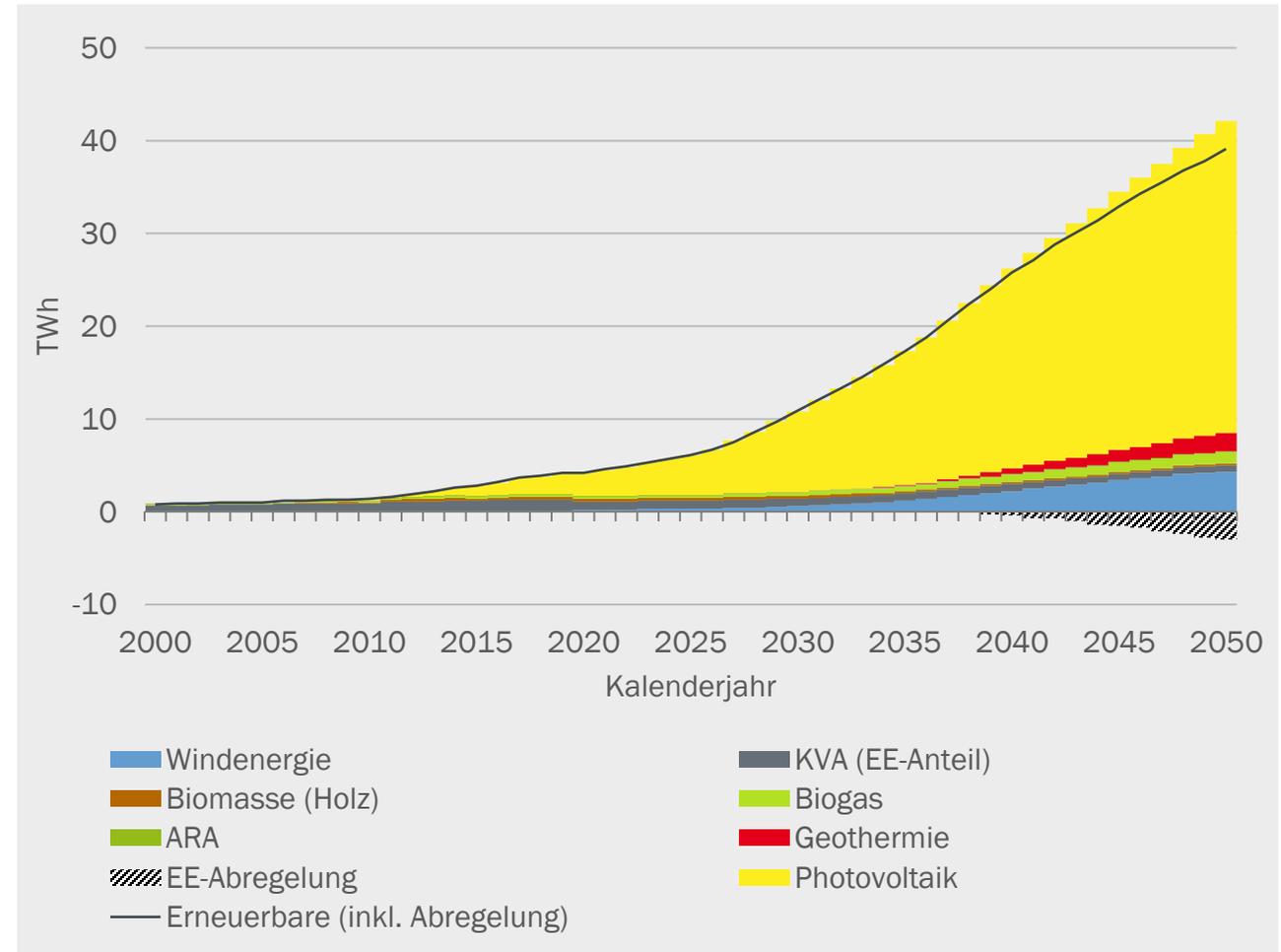


Strom- und Wärmeversorgung

Erneuerbare Energien

Deutlicher Anstieg der Stromerzeugung erneuerbarer Energien bis 2050 auf 39 TWh (heute 4 TWh).

- Photovoltaik mit hohen Anteilen aufgrund sinkender Kosten und hoher Potenziale in der Schweiz: 34 TWh in 2050.
- Wind mit tiefen Kosten an guten Standorten, aber Herausforderungen bei Akzeptanz.
- Biomasse und Geothermie ergänzen den Strommix der Schweiz und stellen zudem CO₂-freie Wärme bereit.
- Flexibilität in der Stromerzeugung und im Verbrauch zentral für die Integration.

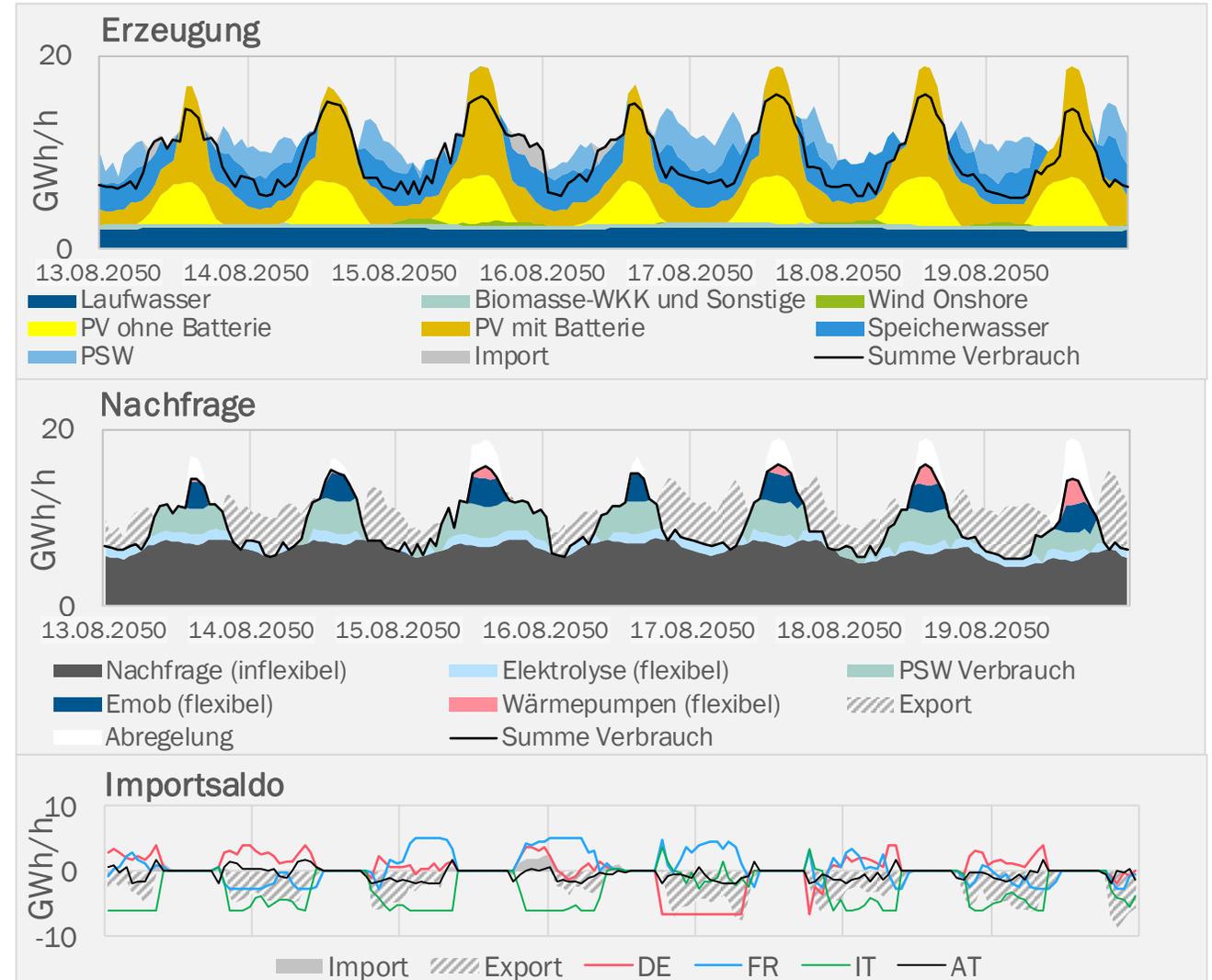


Flexibilität im Stromsystem

Flexibilität in der Stromerzeugung und zukünftig auch im Stromverbrauch ermöglicht die Integration erneuerbarer Stromerzeugung.

- Speicher- und Pumpspeicherkraftwerke verschieben ihre Erzeugung in Stunden geringer erneuerbarer Erzeugung.
- Stromverbrauch wird in Stunden hoher erneuerbarer Erzeugung verschoben.
- Zusammenspiel mit dem Ausland ergänzt die Stromversorgung der Schweiz.
- Abgeregelte Strommengen durch Erzeugungsspitzen im Sommer sind gering.

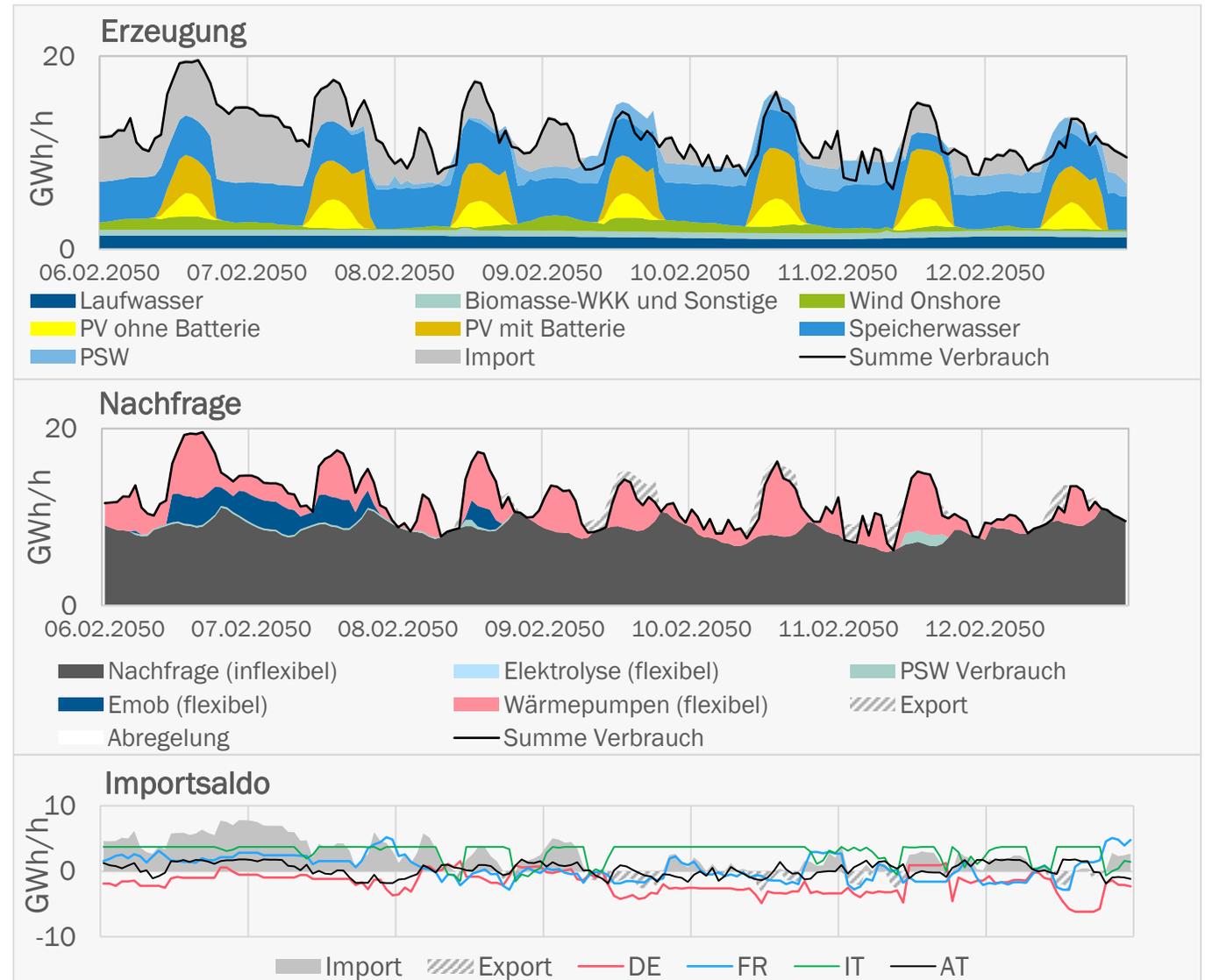
Bsp. aus den Modellergebnissen: Sommerwoche 2050



Stromsystem: Bsp. Winter 2050

Hohe EE-Anteile aber geringe Wintererzeugung, flexible Wasserkraft und Importe decken den Bedarf.

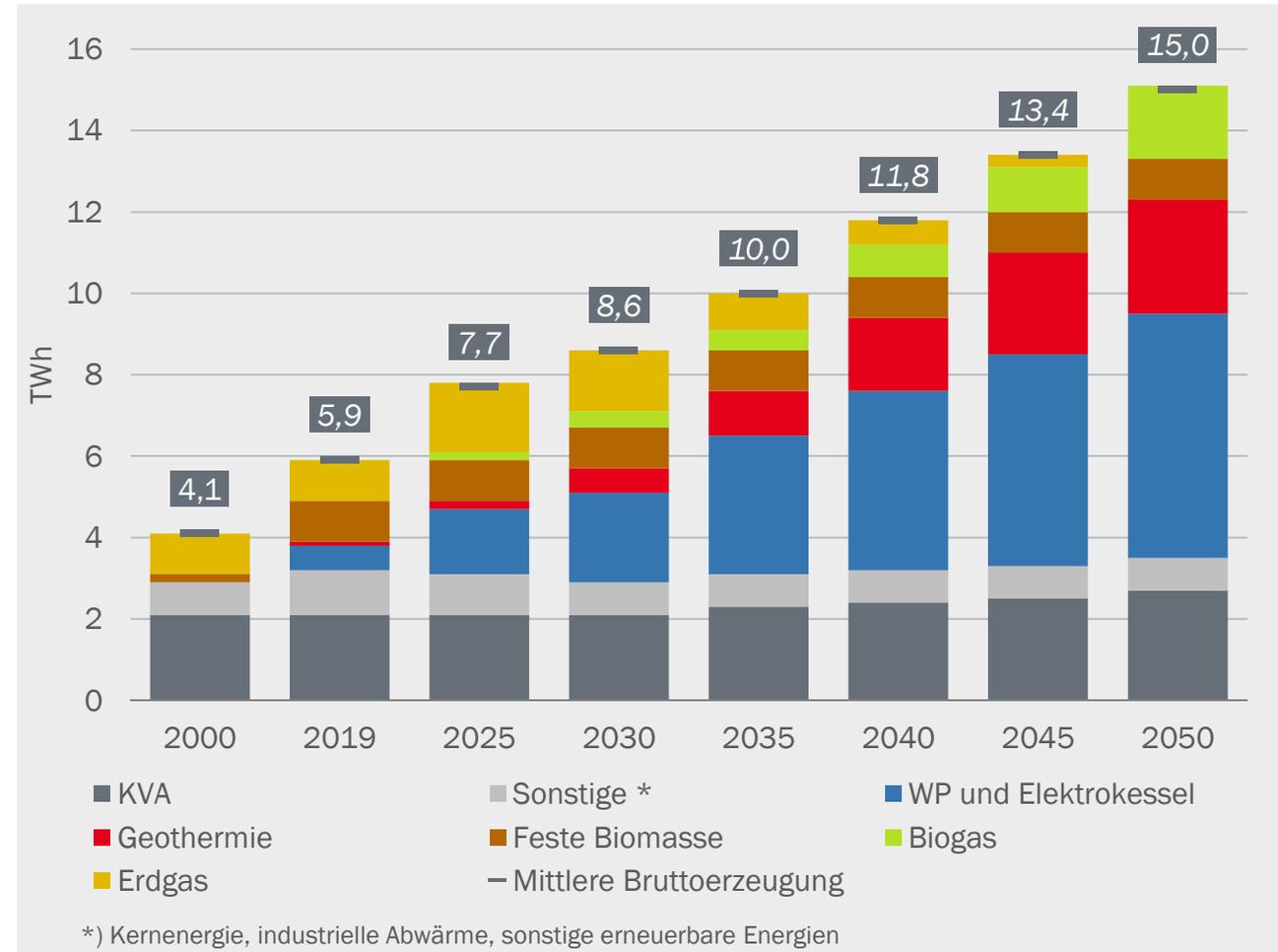
- Speicherkraftwerke mit durchgehend hoher Produktion.
- Zu Beginn der Periode hohes Windaufkommen im Ausland.
- Flexible Verbraucher verschieben in diese Periode, hohe Importe.
- Ende der Periode: wenig Wind.
- PSW verschieben ihre Produktion in diese Periode.
- Importbilanz gegen Ende der Periode ausgeglichen.



Fernwärme-Erzeugung

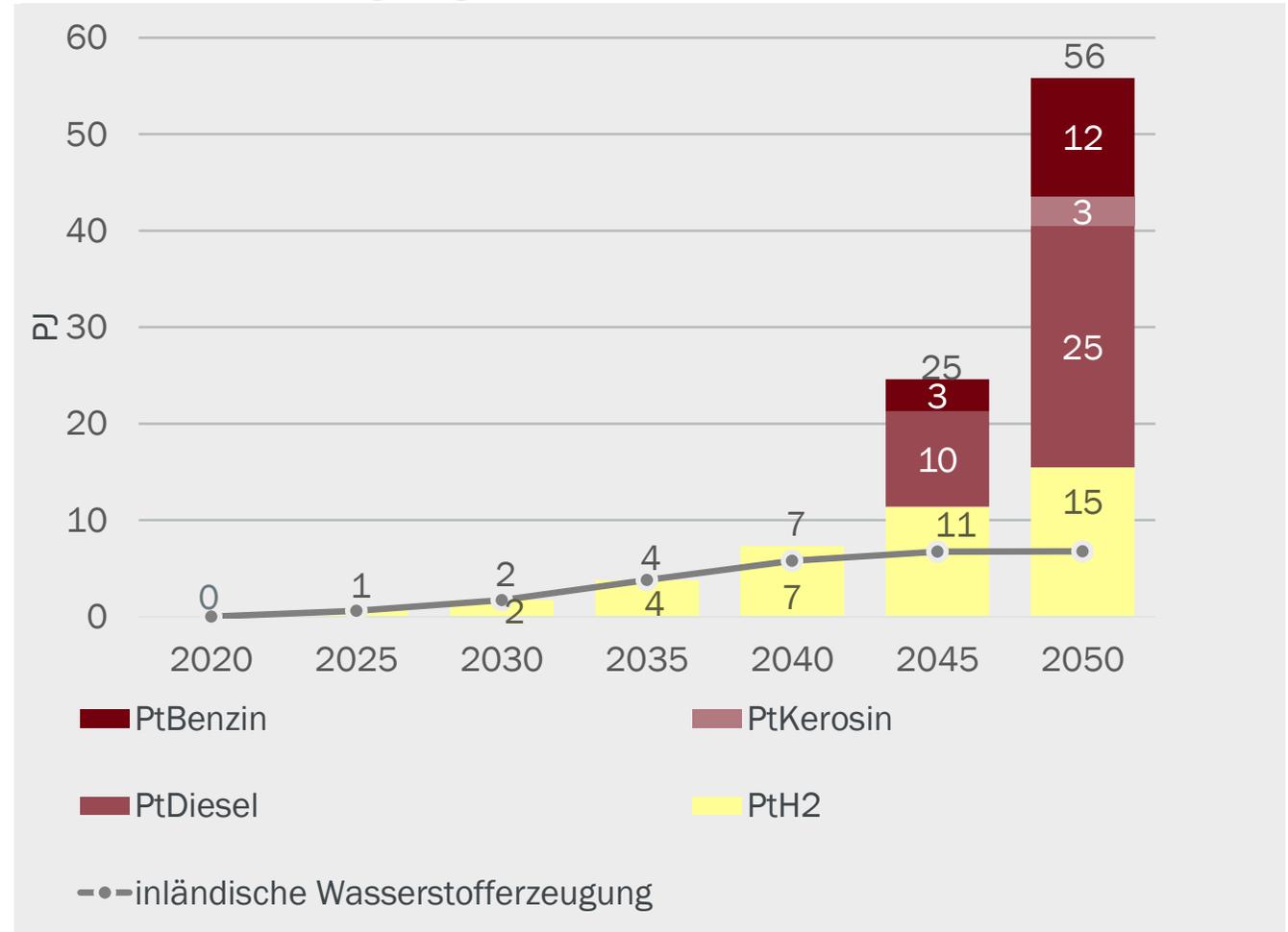
Ausbau der Wärmenetze ist eine zentrale Massnahme für eine CO₂-freie Wärmeversorgung.

- Es stehen hohe Potenziale erneuerbarer Wärme zur Verfügung (Abwärme, Umweltwärme in Kombination mit Grosswärmepumpen, Geothermie, Biomasse).
- Biomethan ersetzt den Einsatz von Erdgas zur Abdeckung der Spitzenlast.
- Wichtig ist hier ein rascher Ausbau, damit die Anschlussmöglichkeiten geschaffen werden.



Verbrauch strombasierter Energieträger und inländische Erzeugung von Wasserstoff

- Einsatz von PtL und Wasserstoff ab 2040 insb. im Verkehrssektor.
- PtL wird aufgrund von Kostenvorteilen und höheren ausländischen Potenzialen vollständig importiert.
- inländisch wird ausschliesslich Wasserstoff hergestellt.
- kurz- und mittelfristig erfolgt Erzeugung inländisch, langfristig erfolgt 3/4 der Deckung des Wasserstoffbedarfs inländisch.
- die restlichen 1/4 des Wasserstoffs werden beginnend nach 2040 importiert.



(dargestellte Werte ohne int. Flugverkehr)

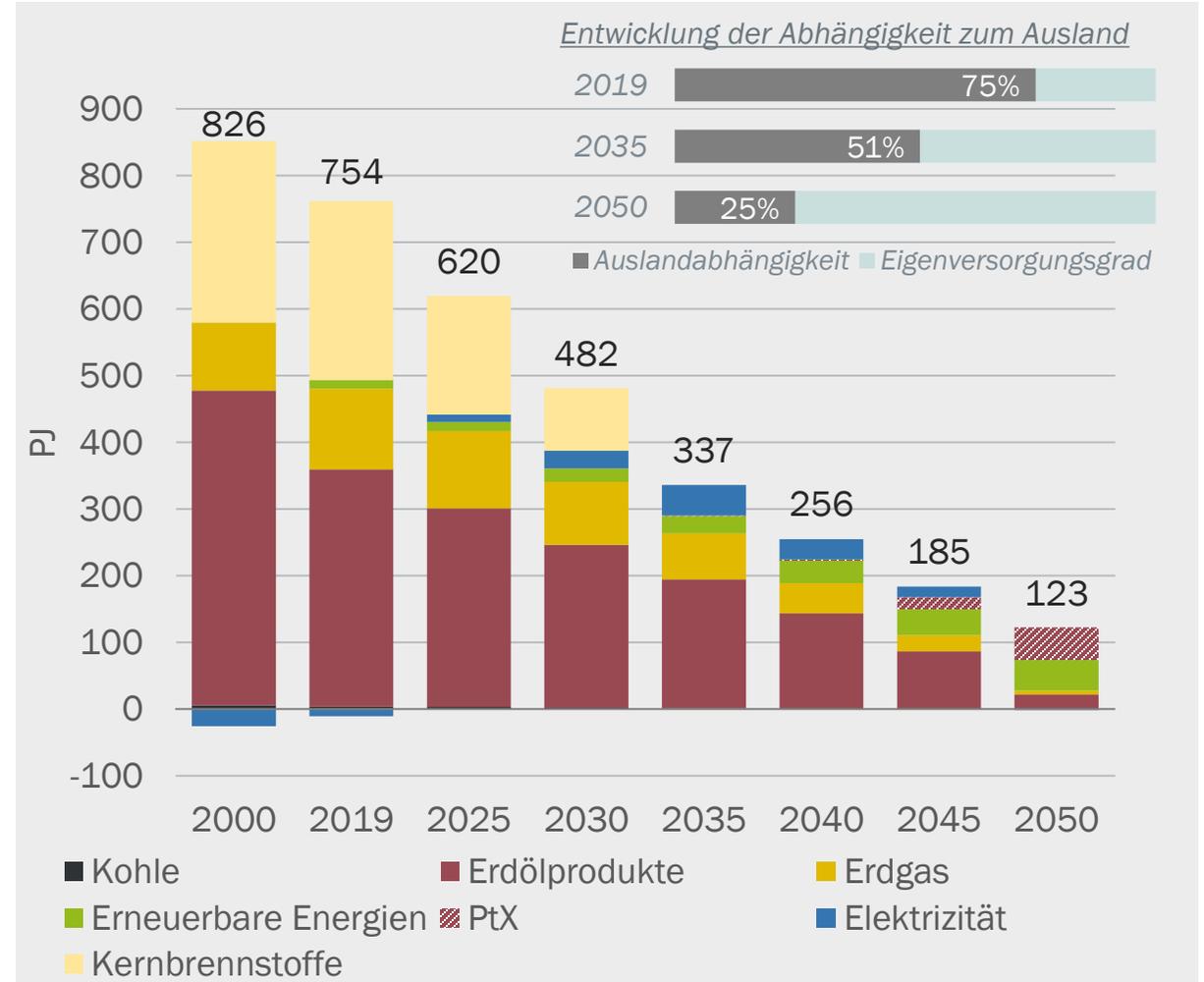
© Prognos AG, TEP Energy GmbH, INFRAS AG 2020

Nettoimporte an Energie

jährliche Nettoimporte

Entwicklung 2019 bis 2050:

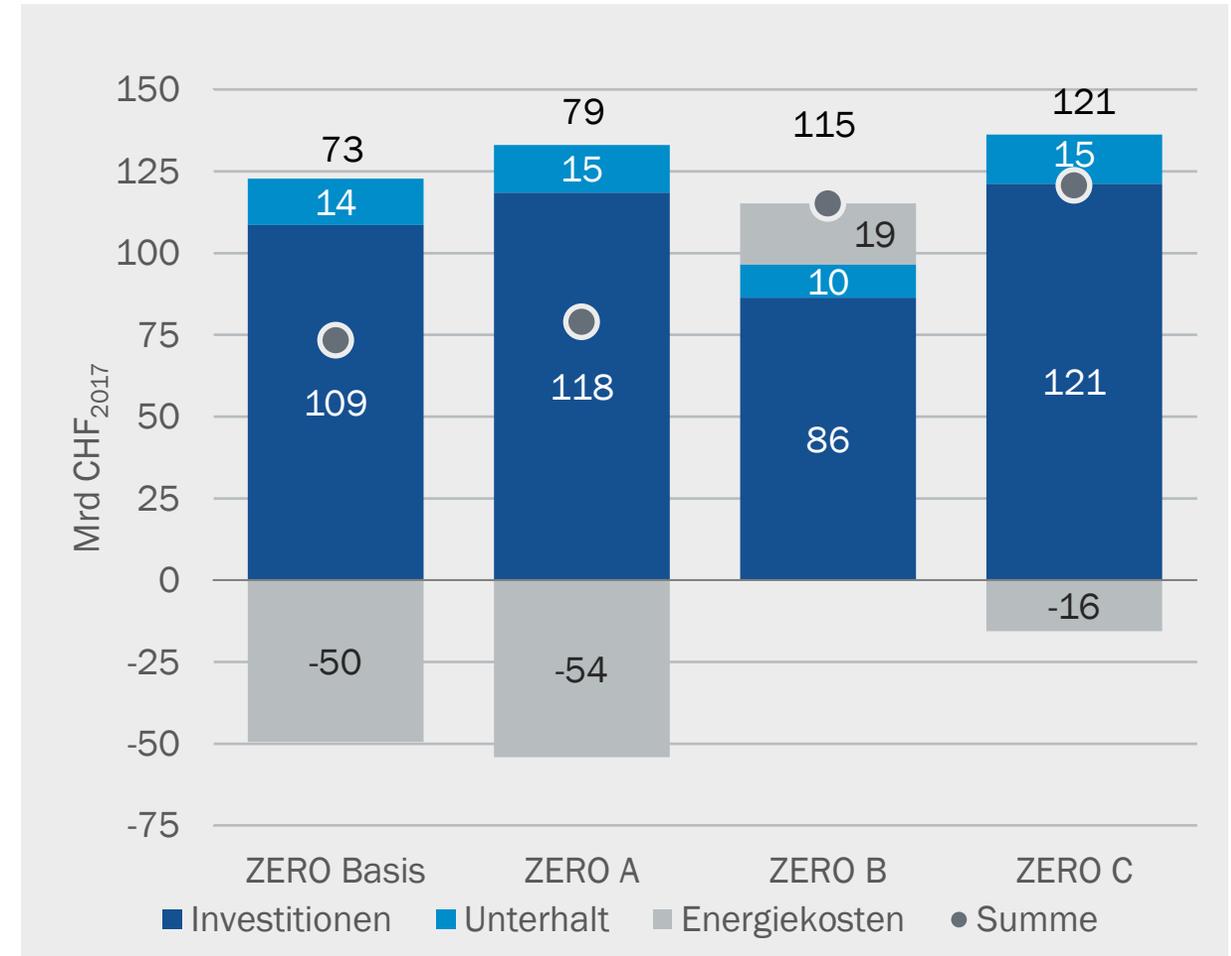
- Starker Rückgang der Importe (-84%), insbesondere bei Mineralölen, Erdgas und Kernenergie
- nach Kernenergieausstieg: zwischenzeitlich Anstieg der Stromimporte
- ansteigende Importe für Biomasse (insbesondere Biomethan) und Importe an strombasierten Energieträgern (PtX)



Kosten insgesamt

- Basisvariante geringste Mehrkosten ggü. WWB
- Zur Einordnung: 0,3 % vom BIP
- ZERO B und ZERO C deutlich höhere Kosten als ZERO Basis (rund 70% höher), dies ist auf die höheren Energiekosten zurückzuführen
- nach 2050 nimmt die absolute Differenz zu
- Bedeutung der Unterhalts- und Betriebskosten begrenzt, auch wenig Unterschiede zwischen den Varianten

Szenarienvergleich der Gesamtkosten

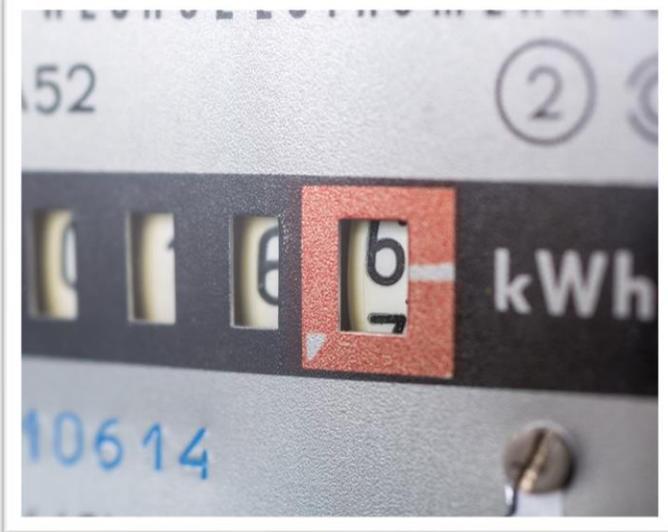


Netto-null – was braucht es?

Elektrifizierung



Energieeffizienz steigern



EE-Potenziale ausnutzen



CO₂-Abscheidung und
Negativ-Emissionen



Biomassen, PtX und
Wärmenetze



Zusammenarbeit
mit dem Ausland



Was hilft - Technologien (Beispiele)

© iStock - baona

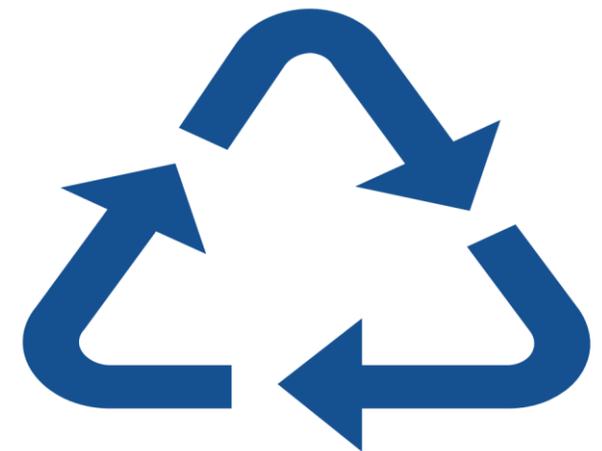


© istock - Izusek]_53442375

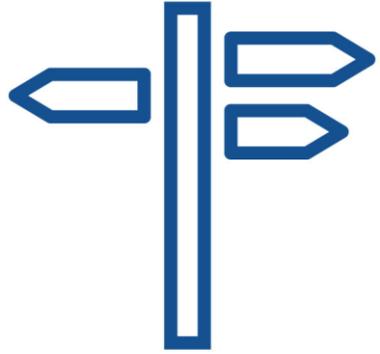
- Neue Werkstoffe, z.B.:
 - Höchsteffiziente Wärmedämmung
 - Adaptive Fensterbeschichtung
 - Next Generation Photovoltaics (PV basierend auf organischen Molekülen)
- Neue Fertigungsprozesse
 - Vorfertigung
 - 3D-Druck
- Neue Stoffströme (Circular Economy)
- Digitalisierung – Steuerung der Systeme



©Fotolia – Stanisic Vladimir

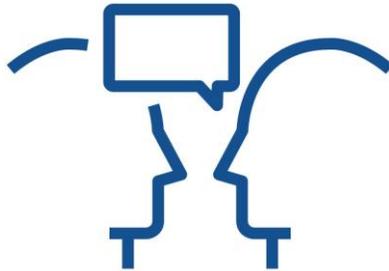


Was ist erforderlich?



- Klare Strategie
- Rahmenbedingungen (ggf. flexibel)
 - z.B. Marktdesign
 - «Preisschild» auf Versorgungssicherheit
 - Ausgleich zwischen Be- und Entlastungen
- Regelmässiges Monitoring mit Option auf Nachsteuerung
- Professionelle Kommunikation
- Internationale Einbindung

- Beschleunigung Effizienz- und EE-Ausbau
- Alternative Beschaffungsquellen



Zielbild klimaneutrale Schweiz 2050



Die Berichte zu den Energieperspektiven 2050 + sind auf der Webseite des Bundesamts für Energie aufgeschaltet. Dort finden sich auch sämtliche publizierte Tabellen, Grafiken und zugrundeliegende Daten im Excel-Format.

Die Langfassung des Berichts ist der «technische Bericht».

Ausserdem gibt es zahlreiche Vertiefungen zu spezifischen Themen in Form von «Exkursen», die ebenfalls als eigene Dokumente auf dieser Seite (unter Dokumente) aufgeschaltet sind.

<https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/politik/energieperspektiven-2050-plus.html>

© Prognos AG, INFRAS AG, TEP Energy GmbH, 2021

Alle Inhalte dieses Werkes, insbesondere Texte, Abbildungen und Grafiken, sind urheberrechtlich geschützt. Das Urheberrecht liegt, soweit nicht ausdrücklich anders gekennzeichnet, bei der Prognos AG, der INFRAS AG und der TEP Energy GmbH. Jede Art der Vervielfältigung, Verbreitung, öffentlichen Zugänglichmachung oder andere Nutzung bedarf der ausdrücklichen, schriftlichen Zustimmung der Prognos AG, der INFRAS AG und der TEP Energy GmbH

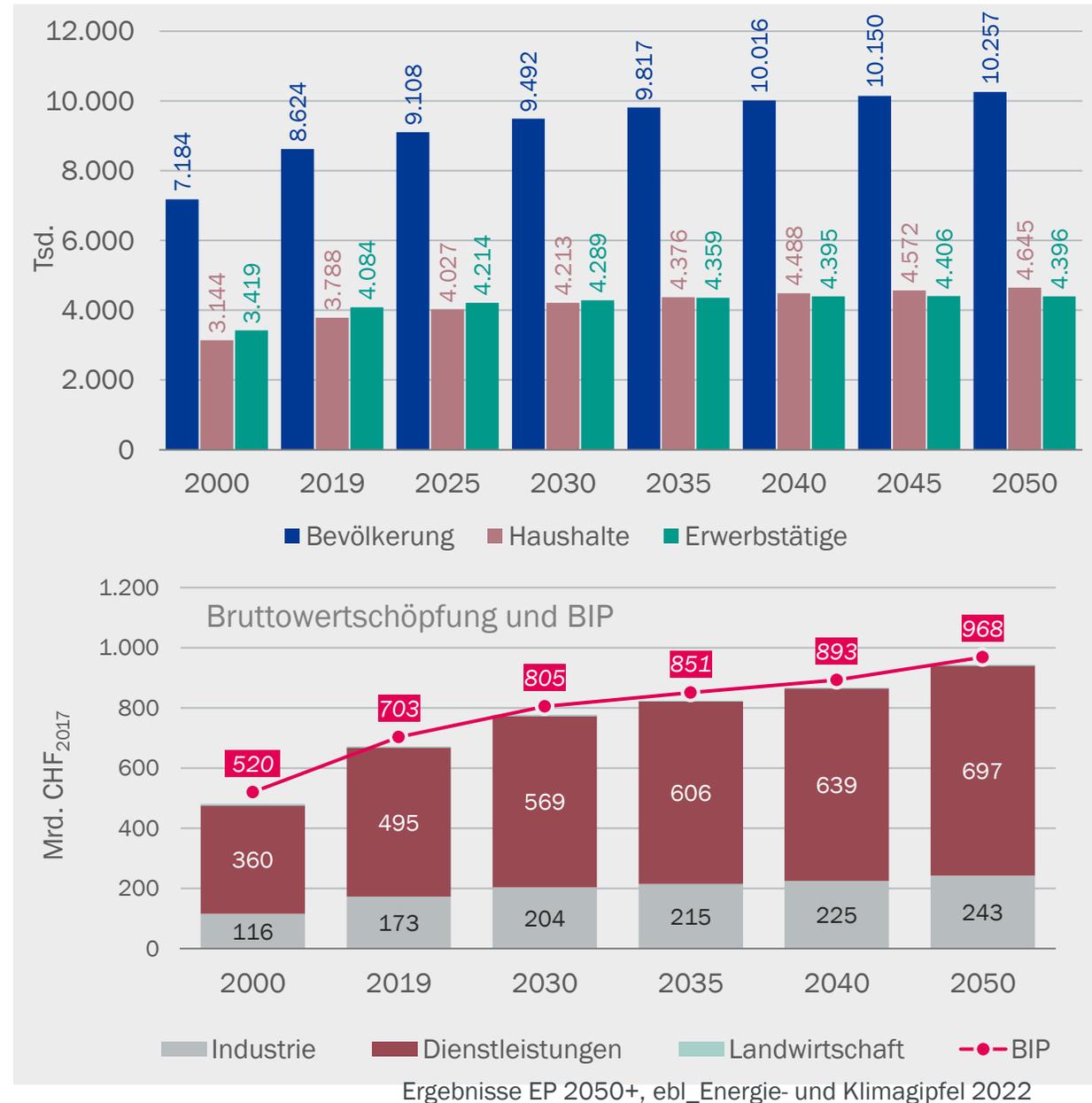
Stand: 24. Oktober 2022

Backup – ergänzendes Material

Rahmendaten: Wachstum setzt sich fort

Mengengerüste steigen weiter an:

- Bevölkerung wächst auf über 10 Mio.
 - Beheizte Fläche erhöht sich um 17%
 - Fahrleistung Personenverkehr steigt ebenfalls um 17%
 - Zahl der Erwerbstätigen nimmt um 8% zu
 - BIP wächst um 38%
- Entwicklung der Rahmendaten stützt sich auf andere bundesinterne Perspektivstudien
 → sind nicht Teil der EP2050+
 (Bevölkerung / Haushalte: BfS 2015 / 2017
 BIP: Seco 2018)



EEV Strom nach Verwendungszwecken

- Bedeutung von Strom nimmt zu, Anteil am EEV erhöht sich von 27% in 2019 auf 43% in 2050
- Stromverbrauch auf Ebene EEV nimmt aber nur moderat zu (+11%; +22PJ/+6TWh)
- Starke Zunahme im Verkehrssektor, Verbrauch für Mobilität: +50PJ (+14TWh)
- Zunahme bei Raumwärme gedämpft durch Effizienz und Ersatz konventioneller Stromwärme
- grosse Einsparungen auch bei Prozesswärme, mechanischen Prozessen und Antrieben (inkl. Elektrogeräten)

Verbrauchsentwicklung im Szenario ZERO-Basis

