
Energiesystem Deutschland 2050 – Zur Rolle von Erdgas und „grünem“ Gas



Prof. Dr. Hans-Martin Henning

Fraunhofer-Institut für Solare
Energiesysteme ISE, Freiburg

*Workshop Energieverein
» Zur Rolle von Erdgas/„grünem“ Gas in
der Energiewende - Lösungspfad,
Überbrückung oder Sackgasse«*

Berliner Energietage 2018

Berlin, 9. Mai 2018

Inhaltsübersicht

Einführung – Ziele, Hintergrund, Methodik

Ergebnisse

Zusammenfassung, Fazit

Inhaltsübersicht

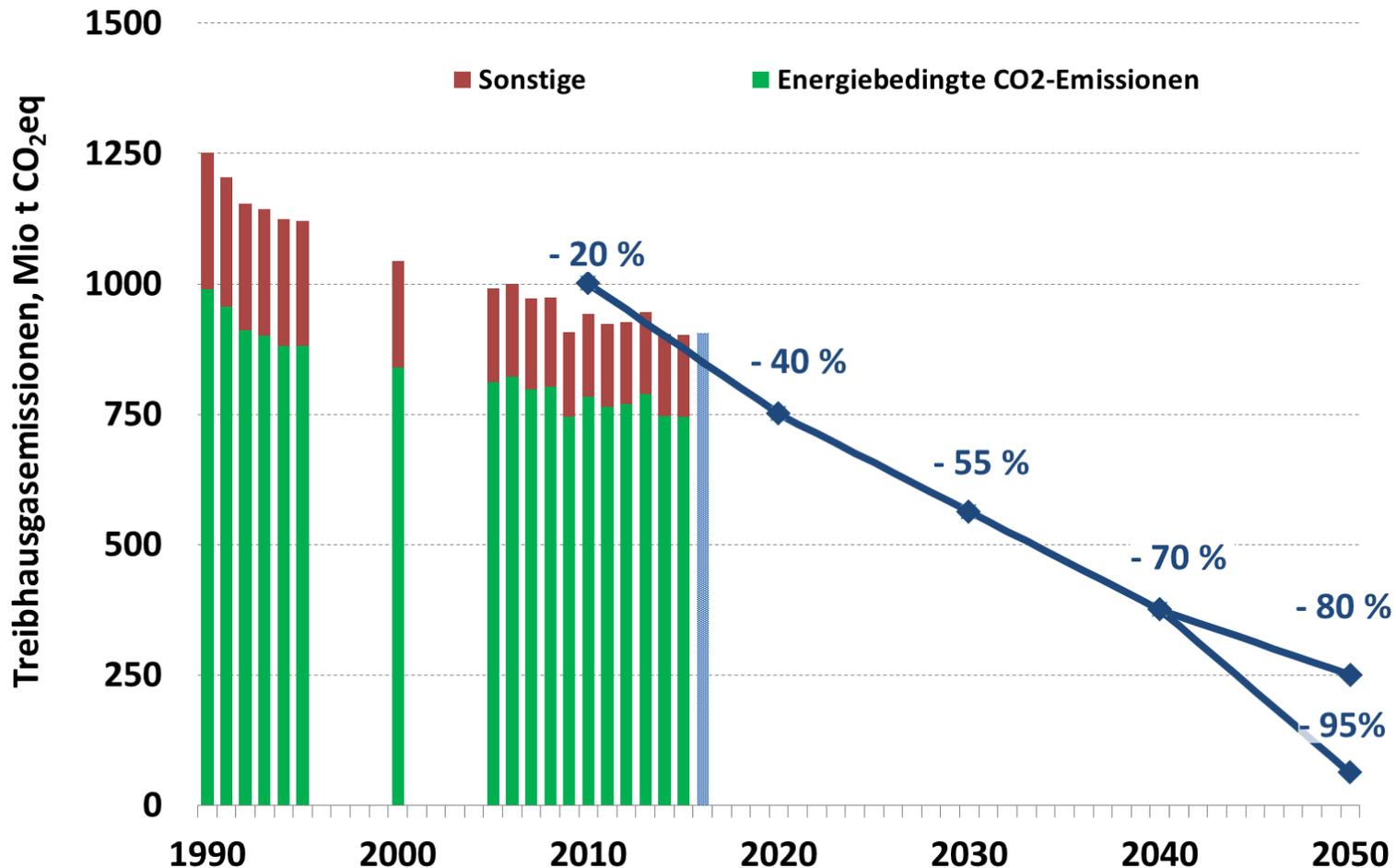
Einführung – Ziele, Hintergrund, Methodik

Ergebnisse

Zusammenfassung, Fazit

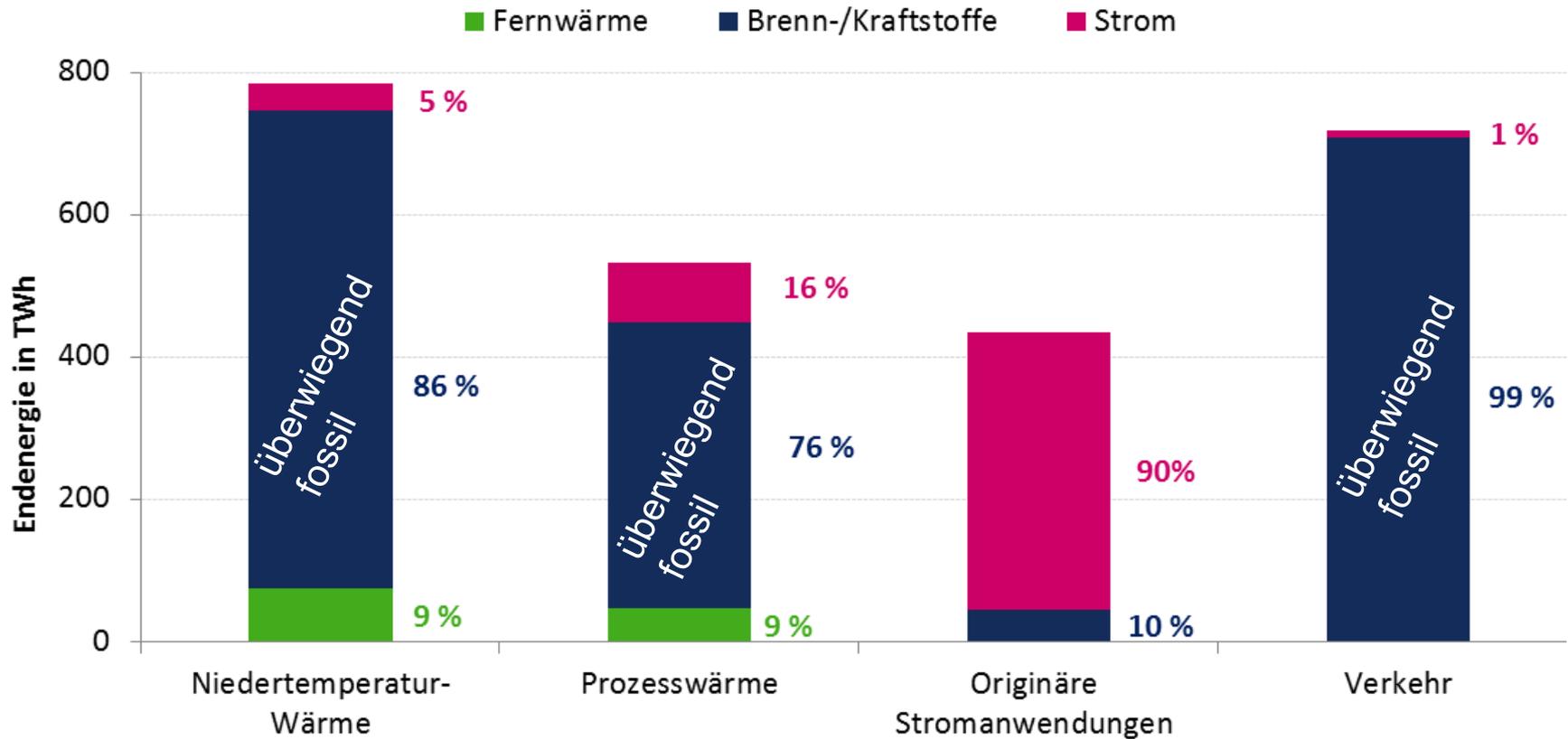
Treibhausgasemissionen Deutschland

Historische Entwicklung und Ziele



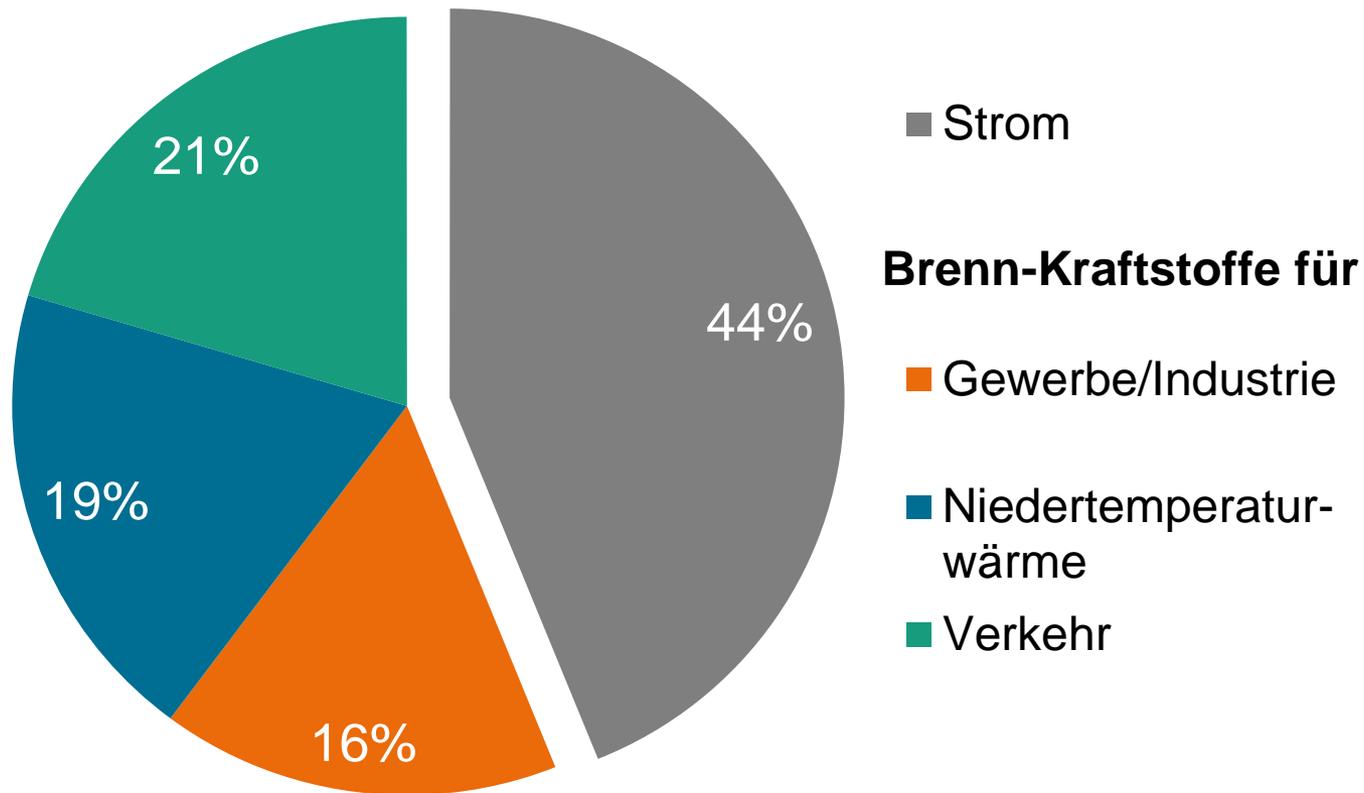
Endenergie Deutschland

Zusammensetzung Endenergie in den vier Nutzungsbereichen



Quelle: „Energiedaten, Gesamtausgabe“, BMWi, Stand Februar 2017

Energiebedingte CO₂-Emissionen – Deutschland



ESYS-Arbeitsgruppe

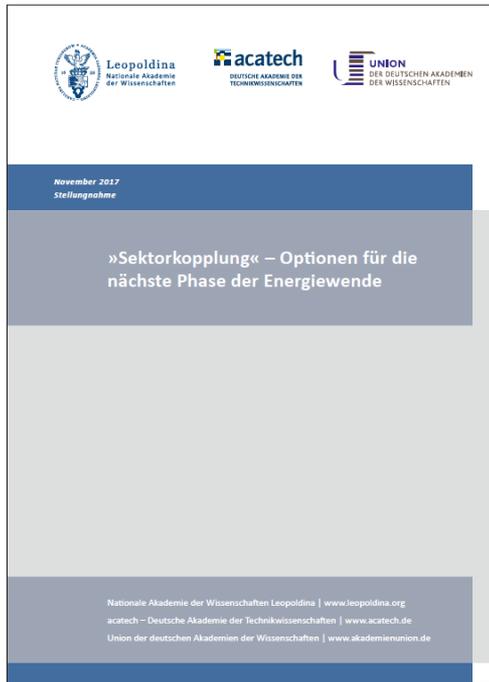
Sektorkopplung



Leopoldina
Nationale Akademie
der Wissenschaften

acatech
DEUTSCHE AKADEMIE DER
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

UNION
DER DEUTSCHEN AKADEMIE
DER WISSENSCHAFTEN



AG »Sektorkopplung« im BMBF- geförderten Projekt »Energiesysteme der Zukunft (ESYS)«, durchgeführt von den deutschen Wissenschaftsakademien unter Federführung von acatech (Leitung Prof. Eberhard Umbach, Prof. Hans-Martin Henning)

Veröffentlichungen November 2017

Download <http://energiesysteme-zukunft.de/themen/sektorkopplung/>

Leitgedanken ESYS-Arbeitsgruppe »Sektorkopplung«

- Die drastische Absenkung der Treibhausgasemissionen der Energieversorgung, ist nur erreichbar, wenn die Emissionen in allen Verbrauchssektoren signifikant reduziert werden.
- Wie kann dies bei der Wärmeversorgung des Gebäudebereichs gelingen, wo heute immer noch überwiegend fossile Energieträger – Erdgas und Heizöl – eingesetzt werden?
- Und wie im Bereich der Mobilität, die dominant auf fossilen Kraftstoffen basiert?
- Welche Möglichkeiten bieten sich in der Industrie, wo ebenfalls heute die meisten Prozesse fossile Energieträger nutzen?
- Gibt es dafür übergreifend wirkende Entwicklungen und Rahmenbedingungen?

Regenerative Energien Modell »REMod«

Modell zur Simulation und Optimierung der Entwicklung nationaler Energiesysteme

Einbeziehung aller Verbrauchssektoren und Energieträger

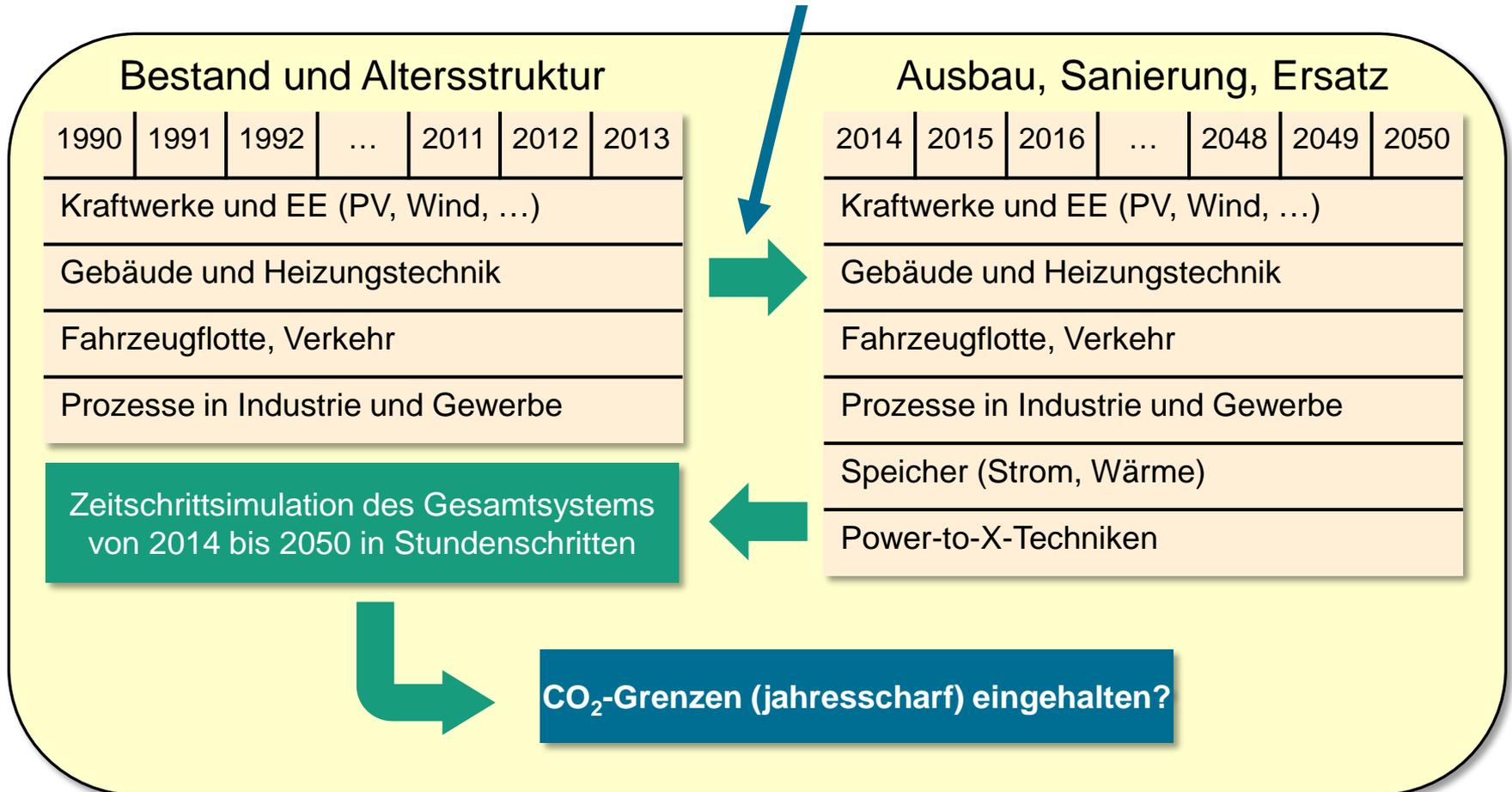
Minimierung der Transformationskosten

Stundengenaue Modellierung



Methodisches Vorgehen

Optimierung von Ausbau, Sanierung, Ersatz
Zielfunktion: minimale kumulative Gesamtkosten 2014-2050



Inhaltsübersicht

Einführung – Ziele, Hintergrund, Methodik

Ergebnisse

Zusammenfassung, Fazit

Untersuchte Randbedingungen

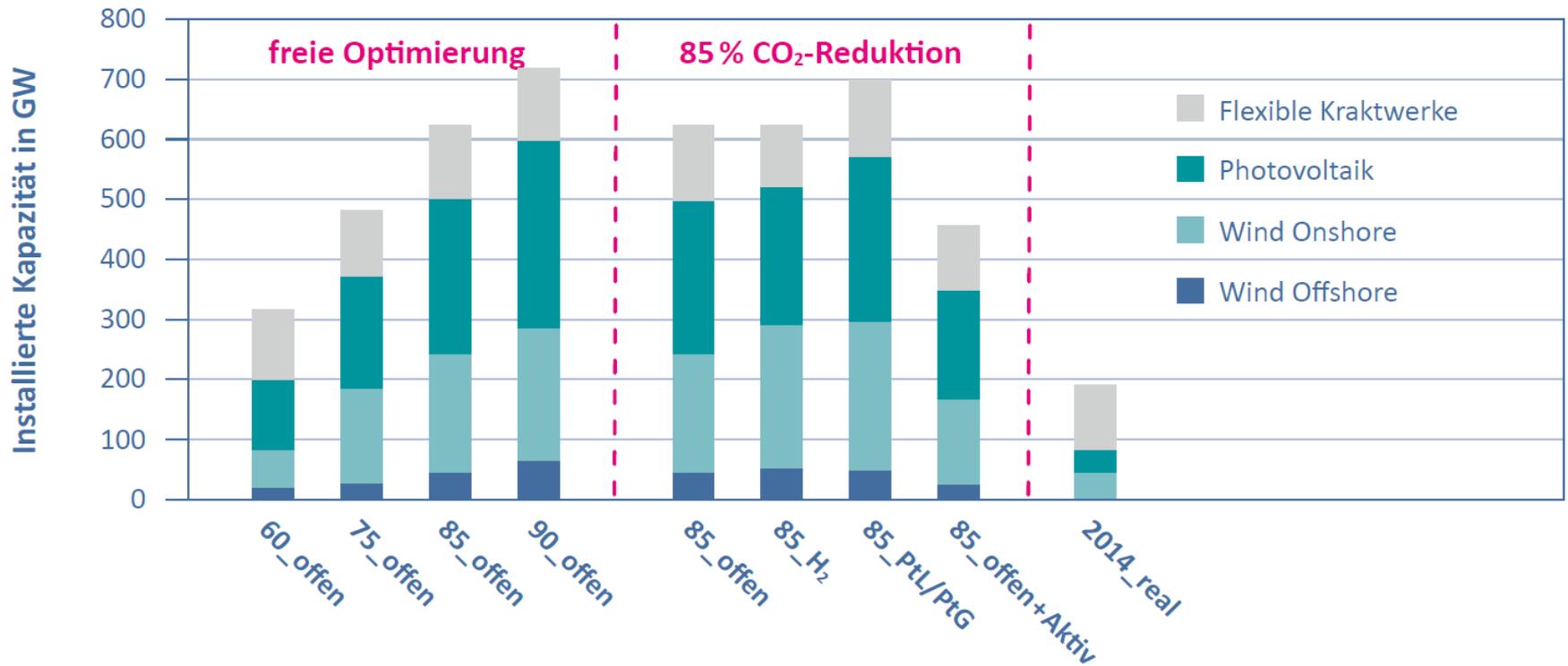
Zielwert energiebedingte CO₂-Emissionen, sonstige

Freie Optimierung; keine gesetzten Randbedingungen Bestimmte Randbedingungen vorgegeben

Bezeichnung	60_offen	75_offen	85_offen	90_offen	85_H ₂	85_PtG	85_offen+ Aktiv
CO ₂ -Ziel 2020	-30%	-35%	-40%	-40%	-40%	-40%	-40%
2030	-40%	-50%	-55%	-55%	-55%	-55%	-55%
2040	-50%	-65%	-75%	-75%	-75%	-75%	-75%
2050	-60%	-75%	-85%	-90%	-85%	-85%	-85%
Verbrauch originäre Stromanwendungen	wie heute (ca. 500 TWh)	wie heute (ca. 500 TWh)	Strom -25% in 2050				
Heizungstechnologien	offen	offen	offen	offen	offen	Wärme- pumpen auf 40% beschränkt	offen
Verkehr	offen	offen	offen	offen	Pkw/Lkw: stark basie- rend auf H ₂ (Marktanteile in 2050 100%)	Pkw/Lkw: Batterie auf 50% Marktanteil beschränkt	offen
H₂ im Gasnetz in Vol %	5	5	5	5	30	5	5
Prozesswärmenachfrage in TWh	ca. 440	Industrie -0,5%/a	Industrie -0,5%/a				
Potenzial PV+Wind in GW	500	500	500	600	600	600	500

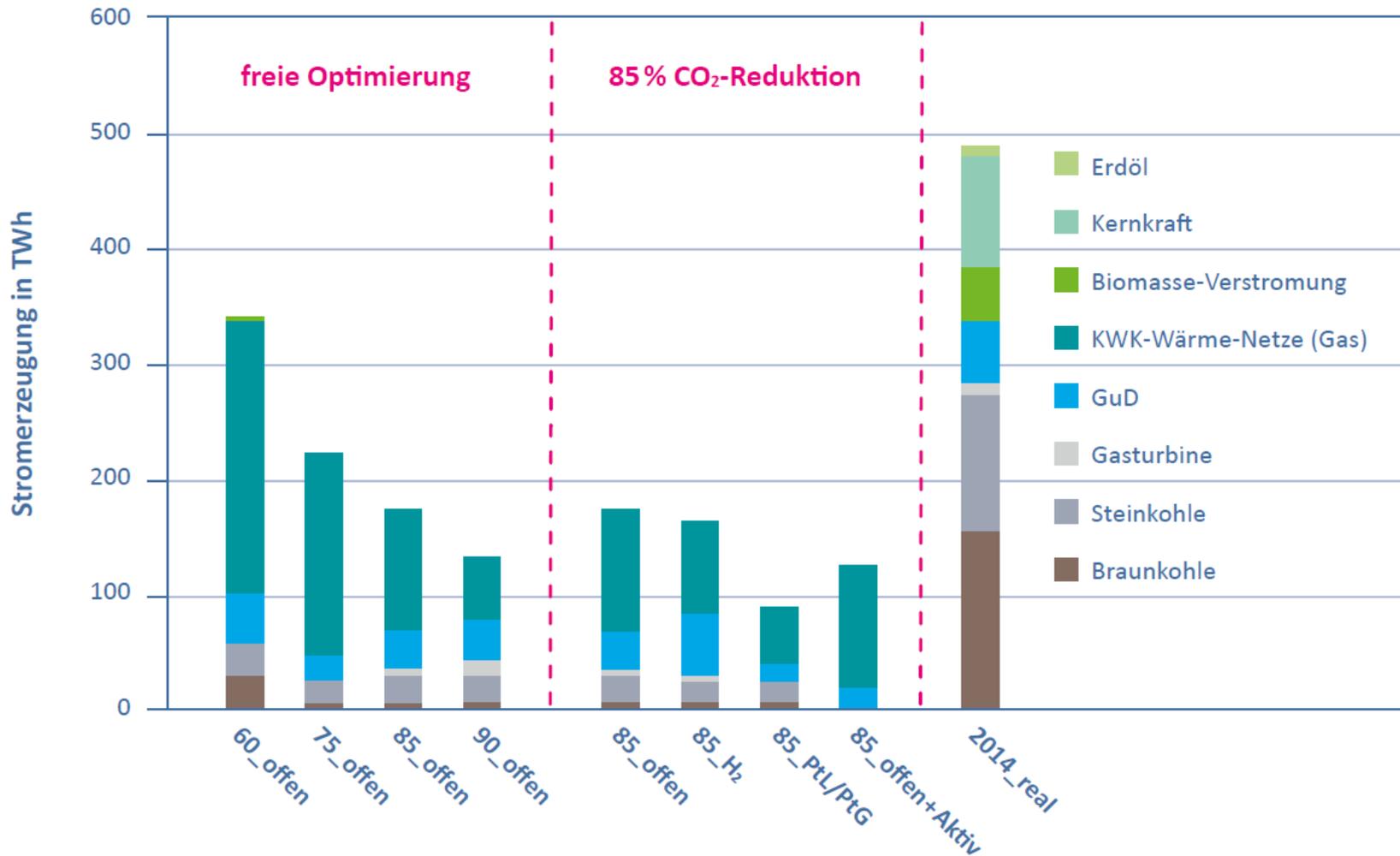
Stromerzeugung

Installierte Leistung



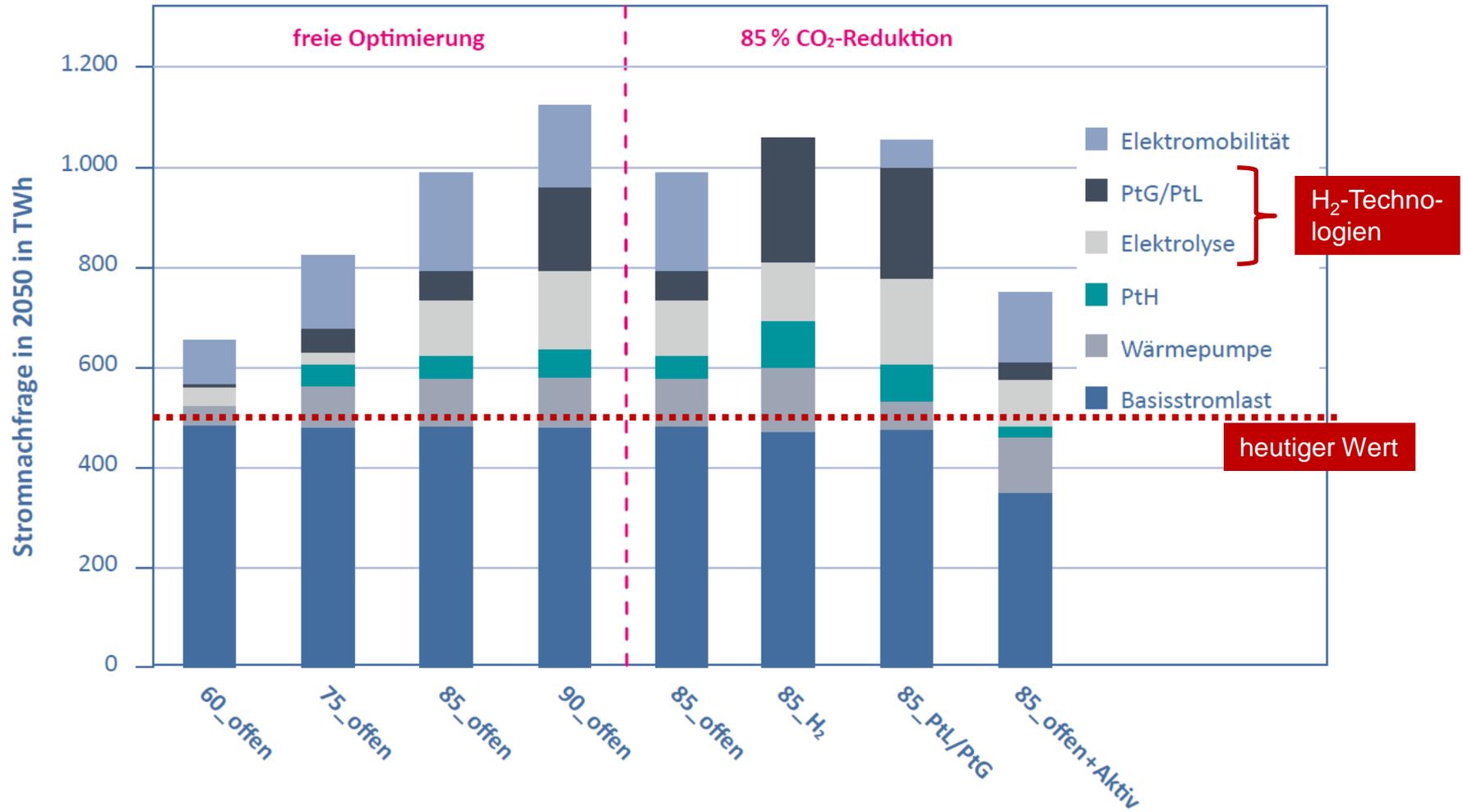
Stromerzeugung durch flexible Kraftwerke

Jährliche Energiemenge in TWh



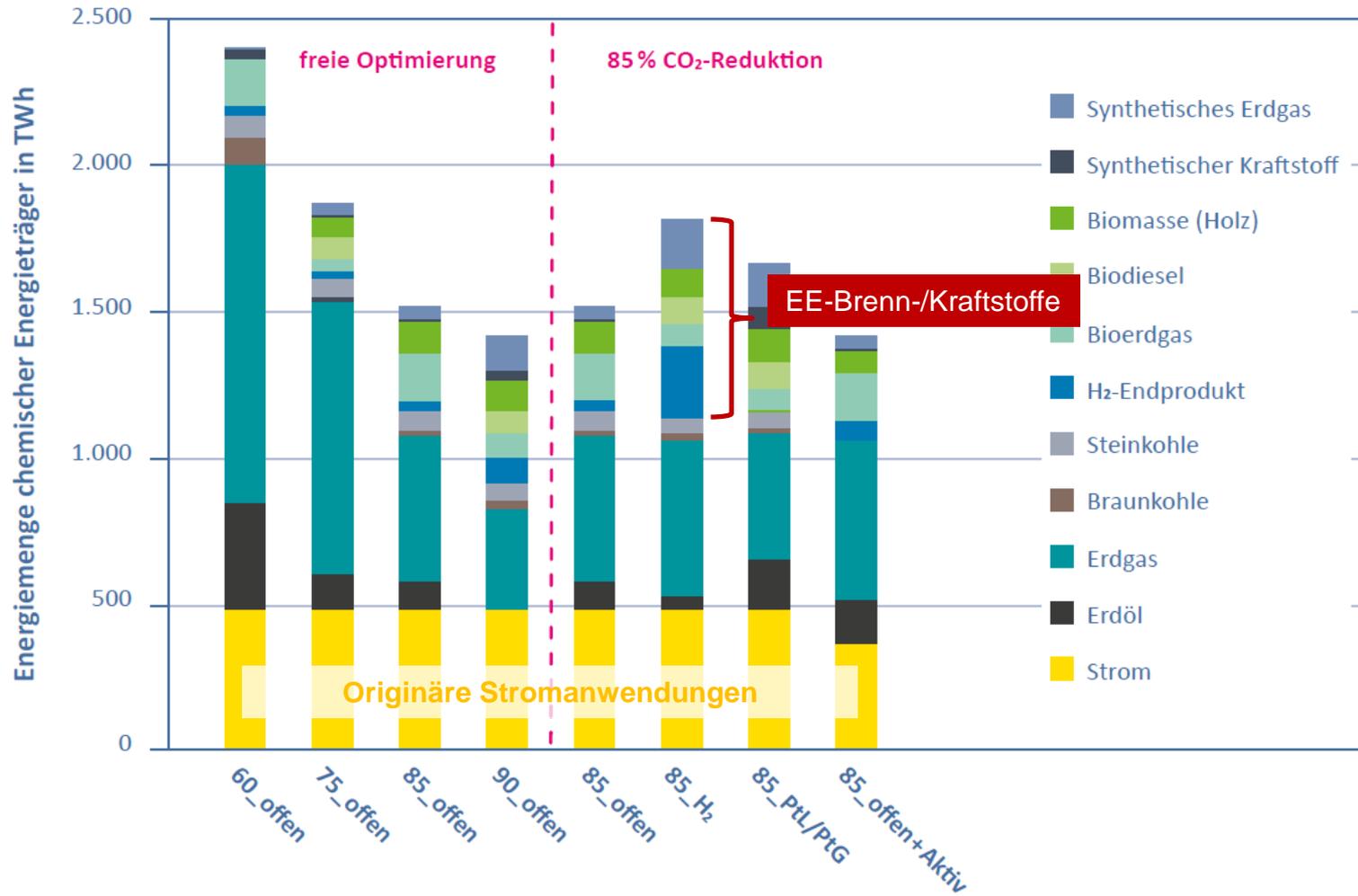
Stromnutzung

Originäre Stromnutzung und Sektorenkopplung

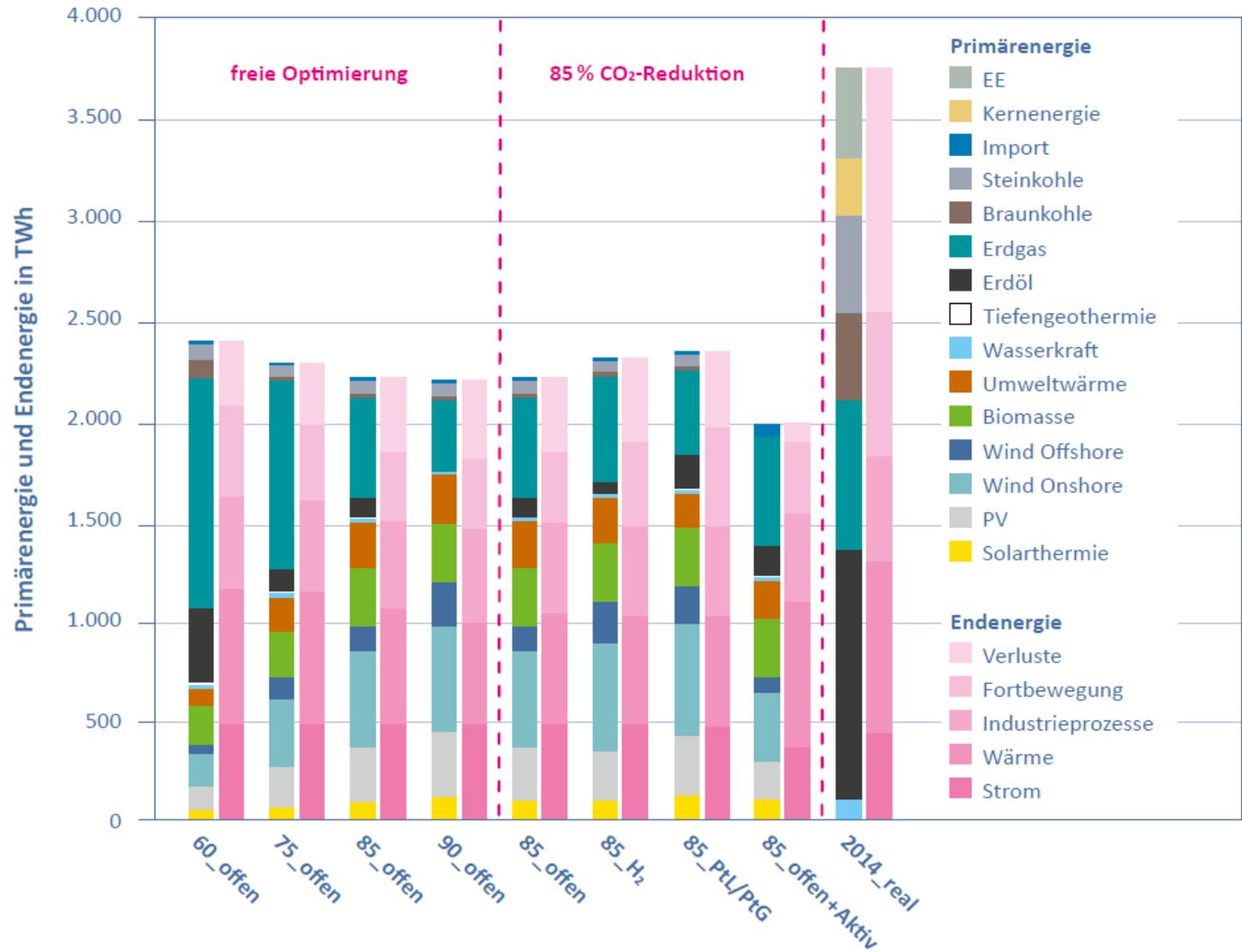


Chemische Energieträger (Endenergie)

Zusammensetzung

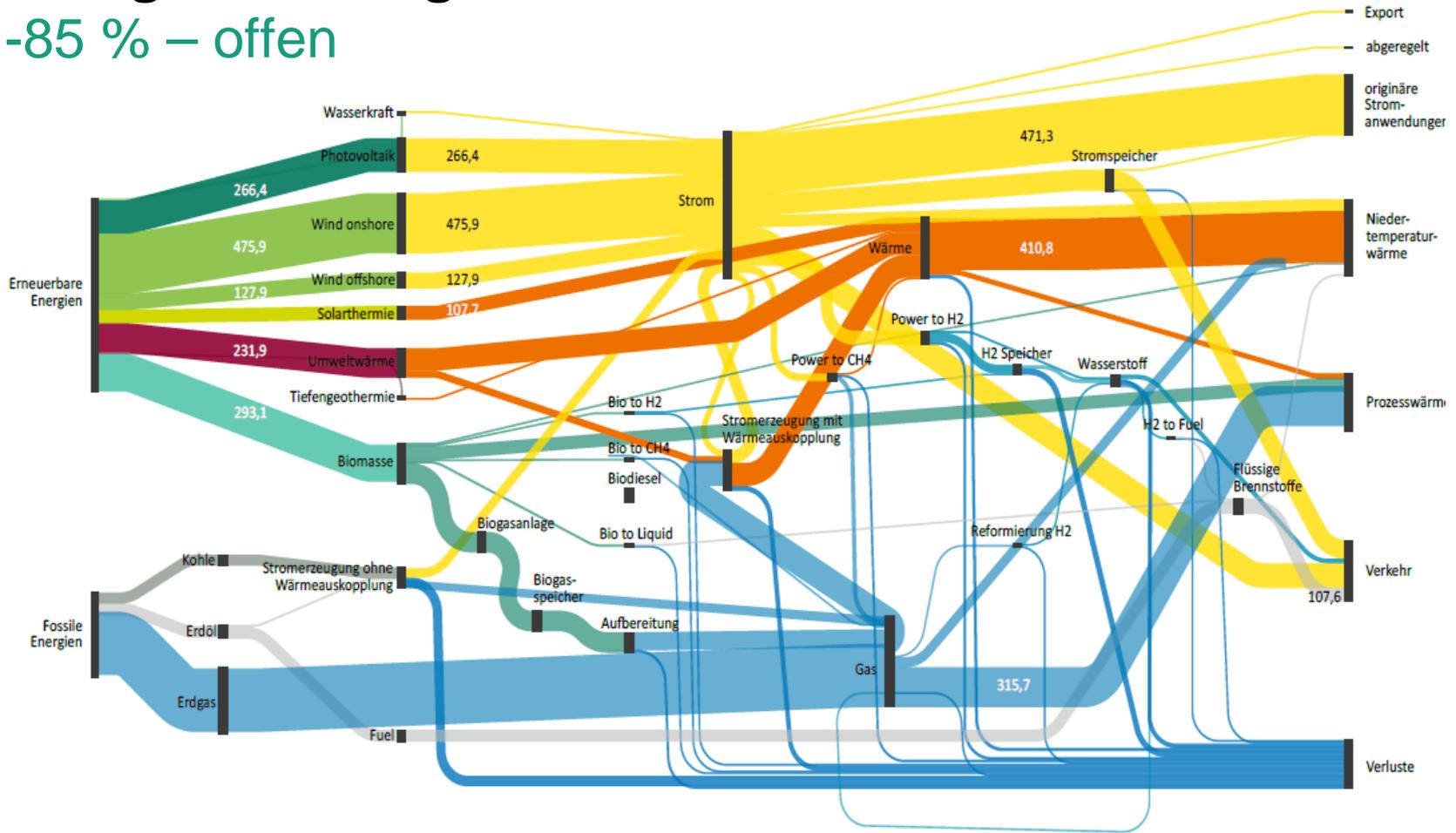


Primärenergie



Energieflussdiagramm

-85 % – offen



Primärenergieaufkommen

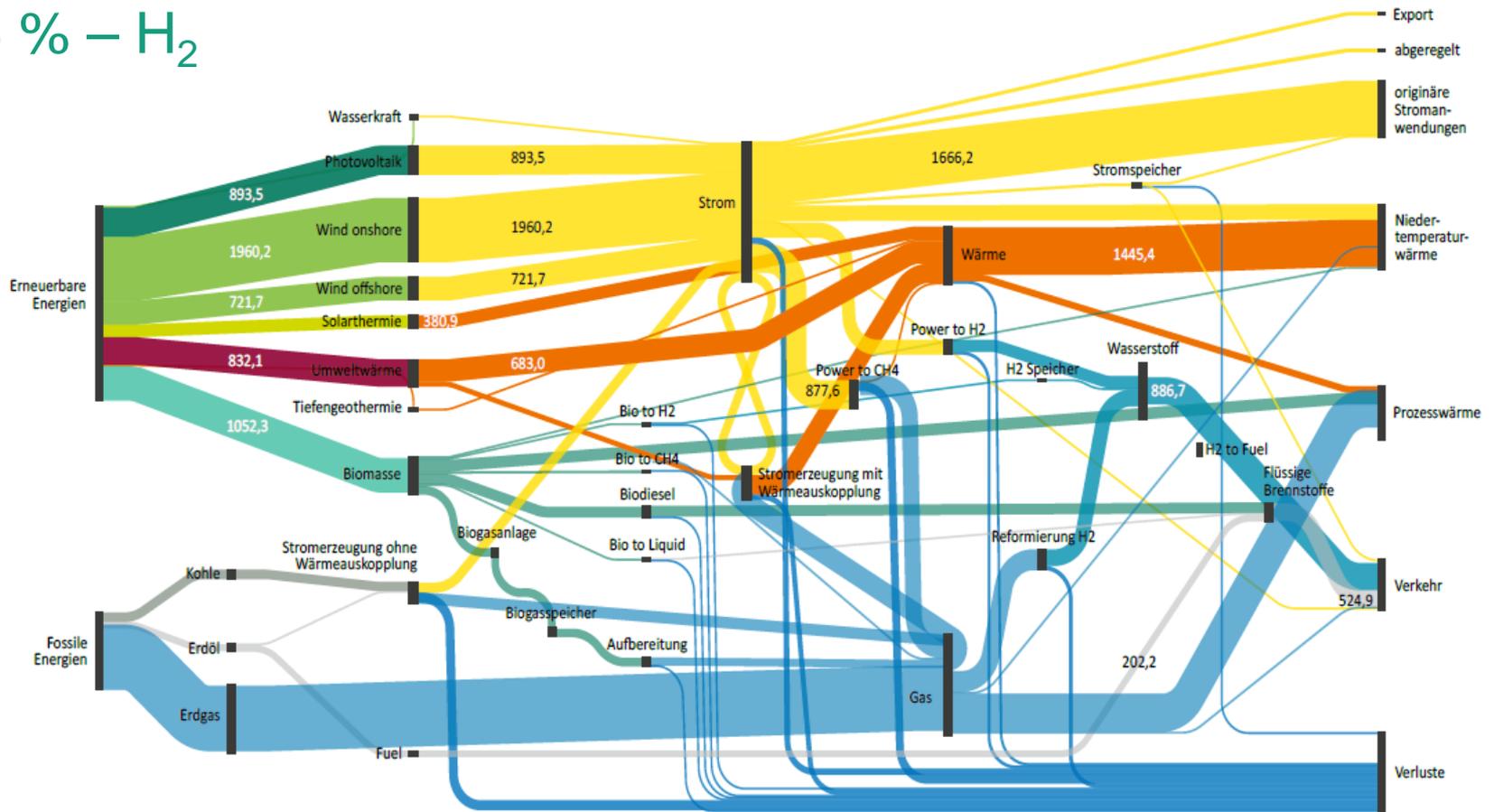
Umwandlung

Endenergie



Energieflussdiagramm

-85 % – H₂



Primärenergieaufkommen

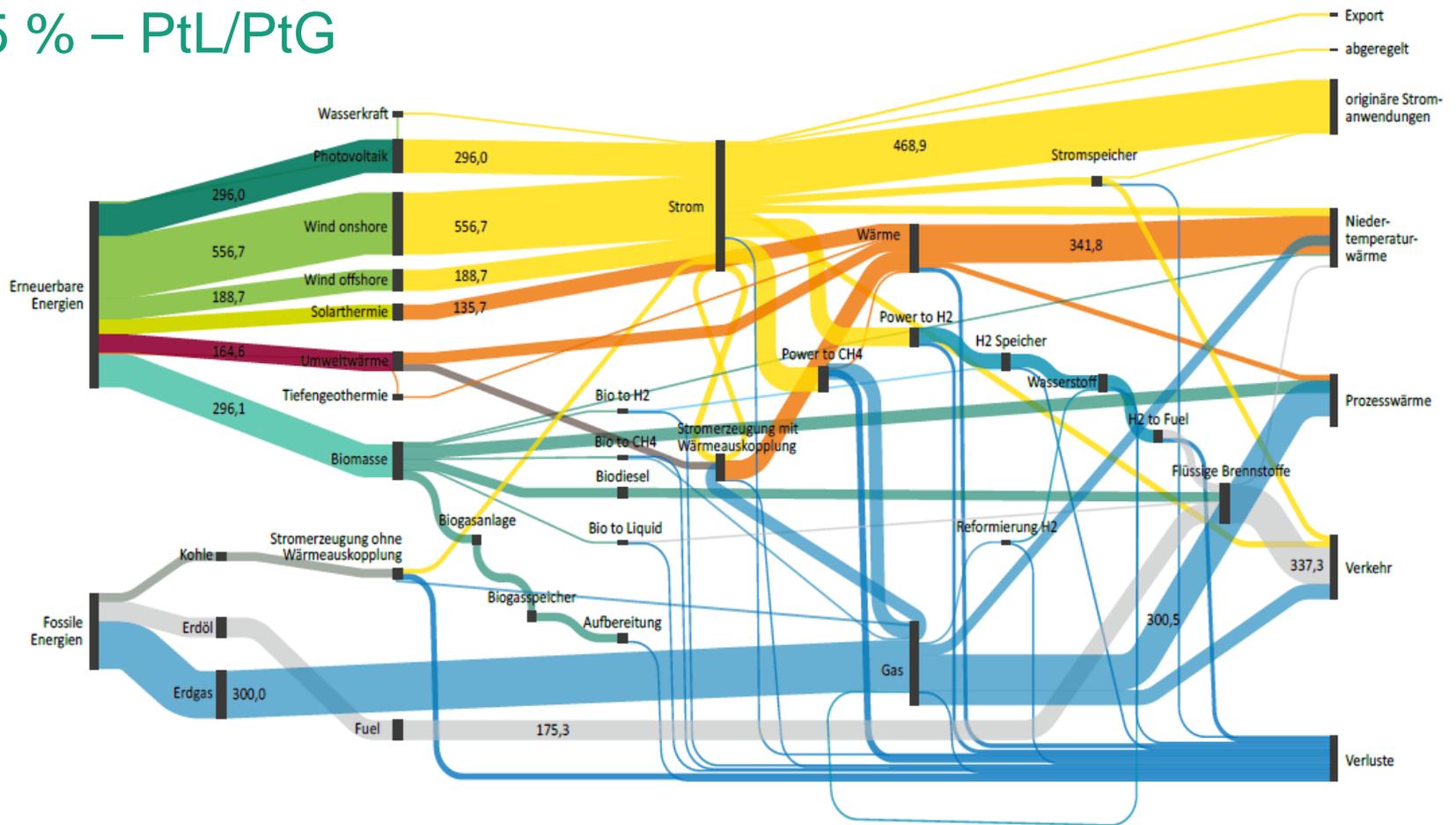
Umwandlung

Endenergie



Energieflussdiagramm

-85 % – PtL/PtG



Primärenergieaufkommen

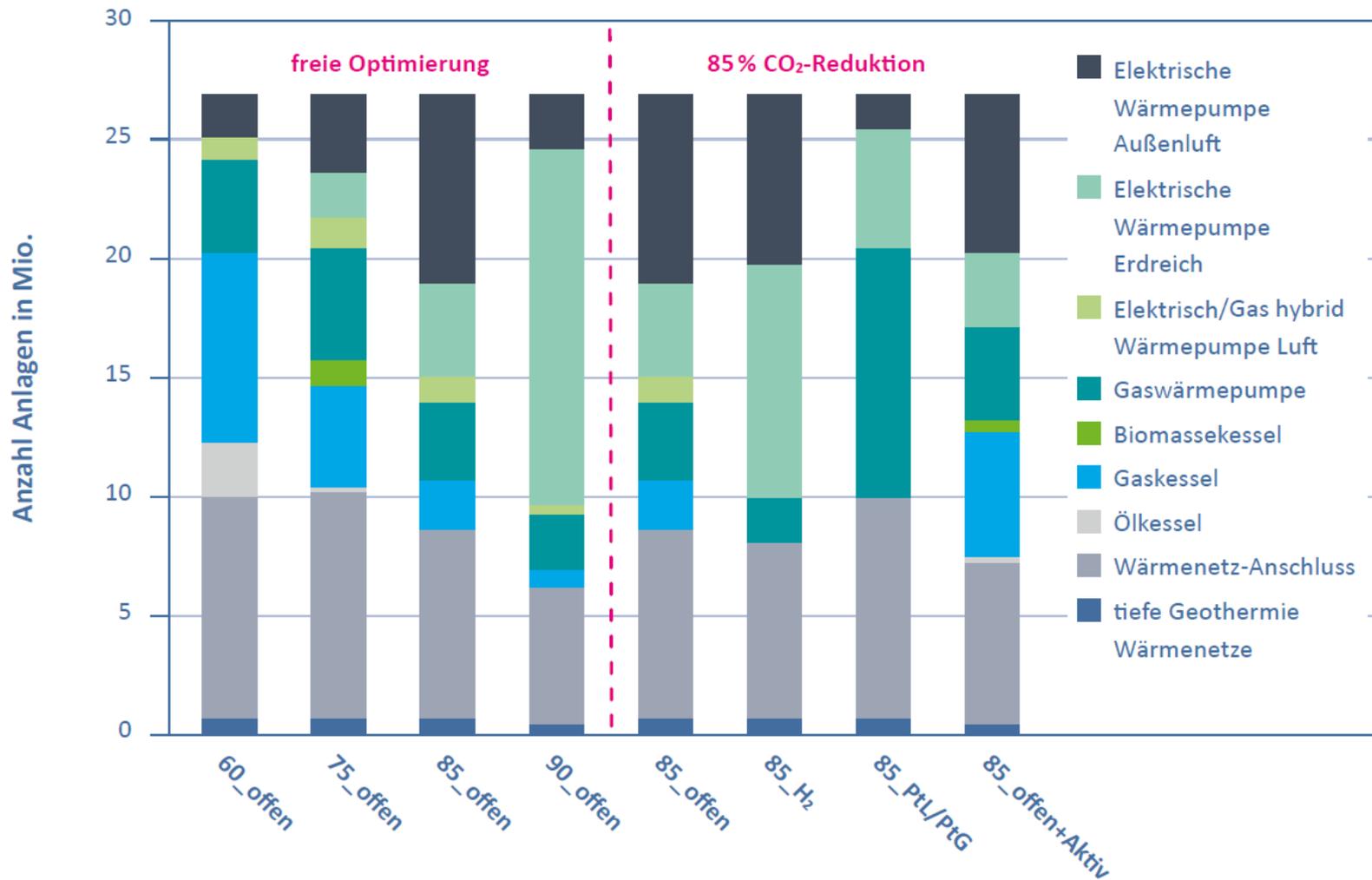
Umwandlung

Endenergie

- EE-Energie in TWh
- Photovoltaik in TWh
- Umweltwärme in TWh
- Energie Biomasse in TWh
- Energie Erdgas in TWh
- Wasserstoff in TWh
- Flüssige Kraftstoffe in TWh
- Kohle in TWh
- Elektrische Energie in TWh
- Wärme in TWh
- Verluste in TWh
- Solarthermie in TWh

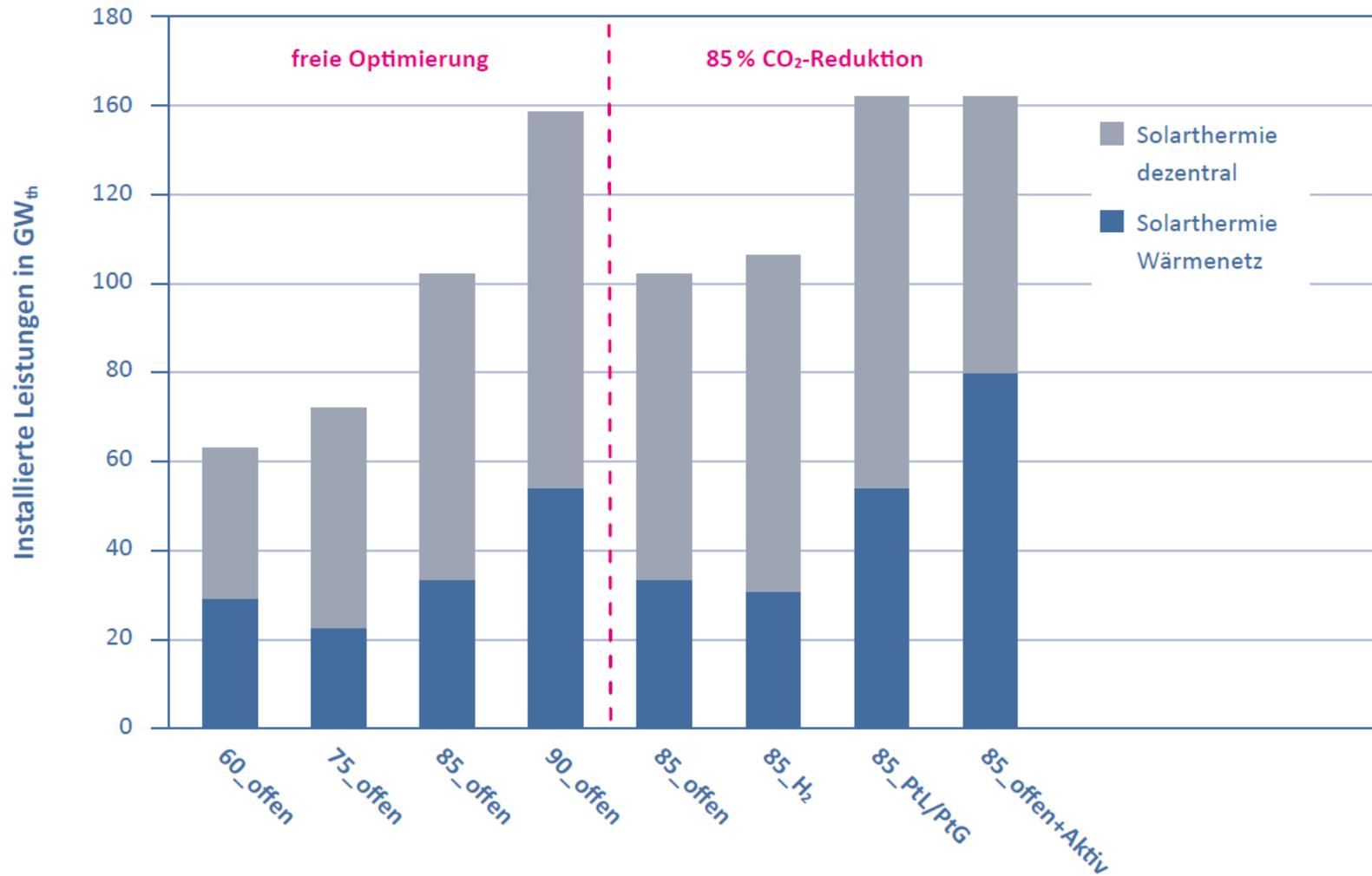
Niedertemperaturwärme

Zusammensetzung Heizungstechnologien



Solarthermie

Installierte Leistung (GW_{th}) ($1 \text{ GW} \cong 1,43 \text{ Mio. m}^2$)



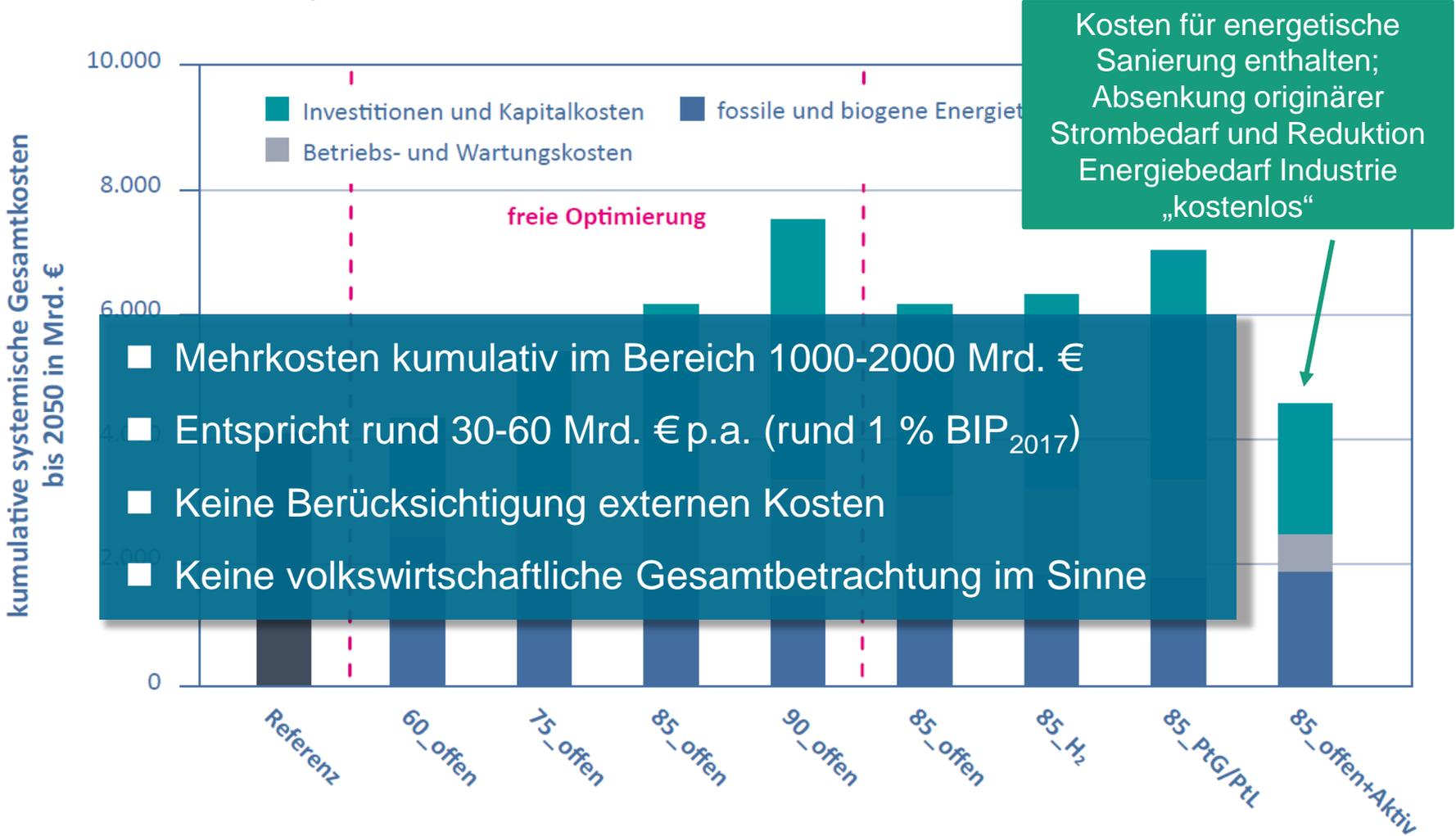
Energetische Sanierung Gebäude

Drei betrachtete Sanierungsstandards



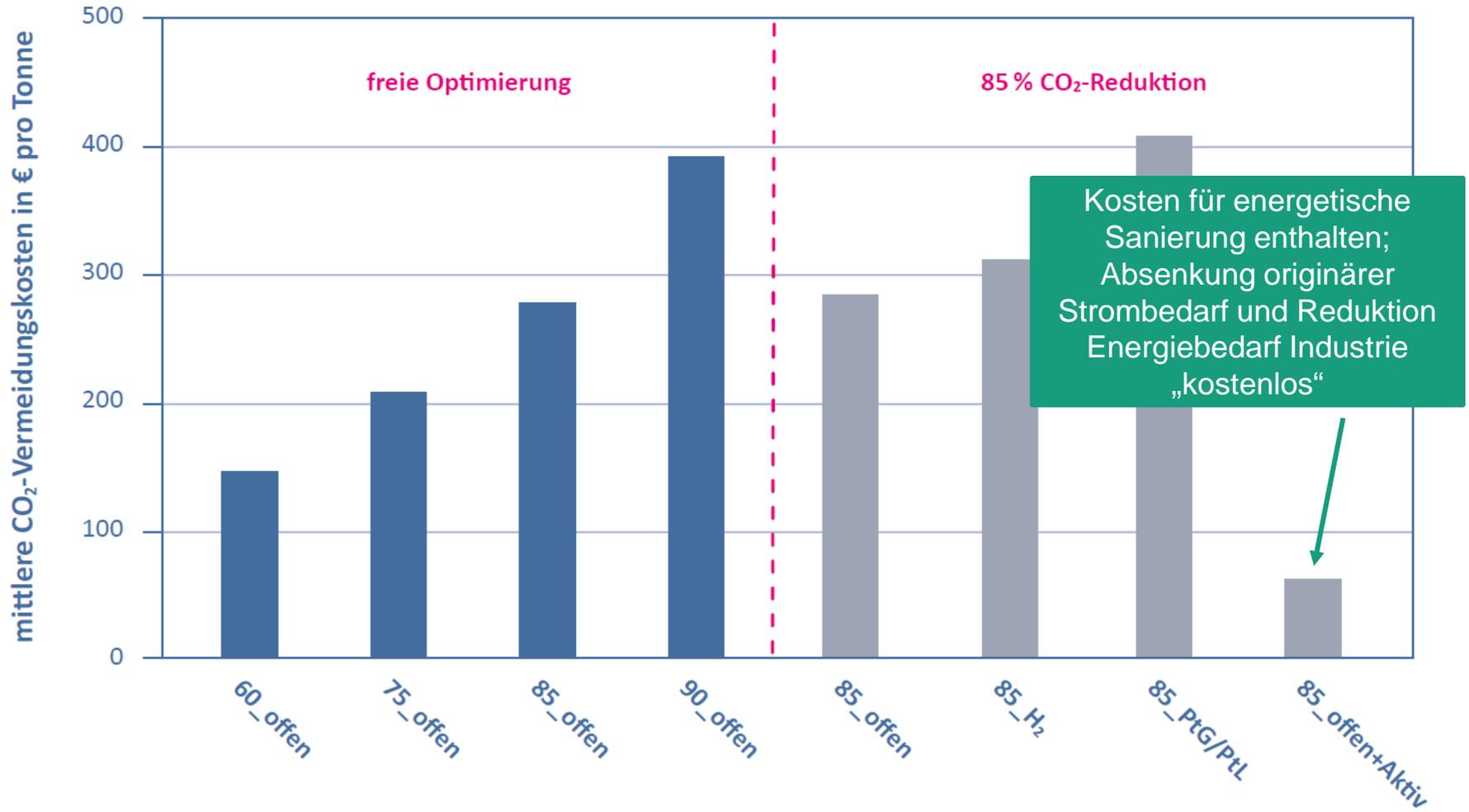
Kosten

Kumulative systemische Gesamtkosten bis 2050 in Mrd. €

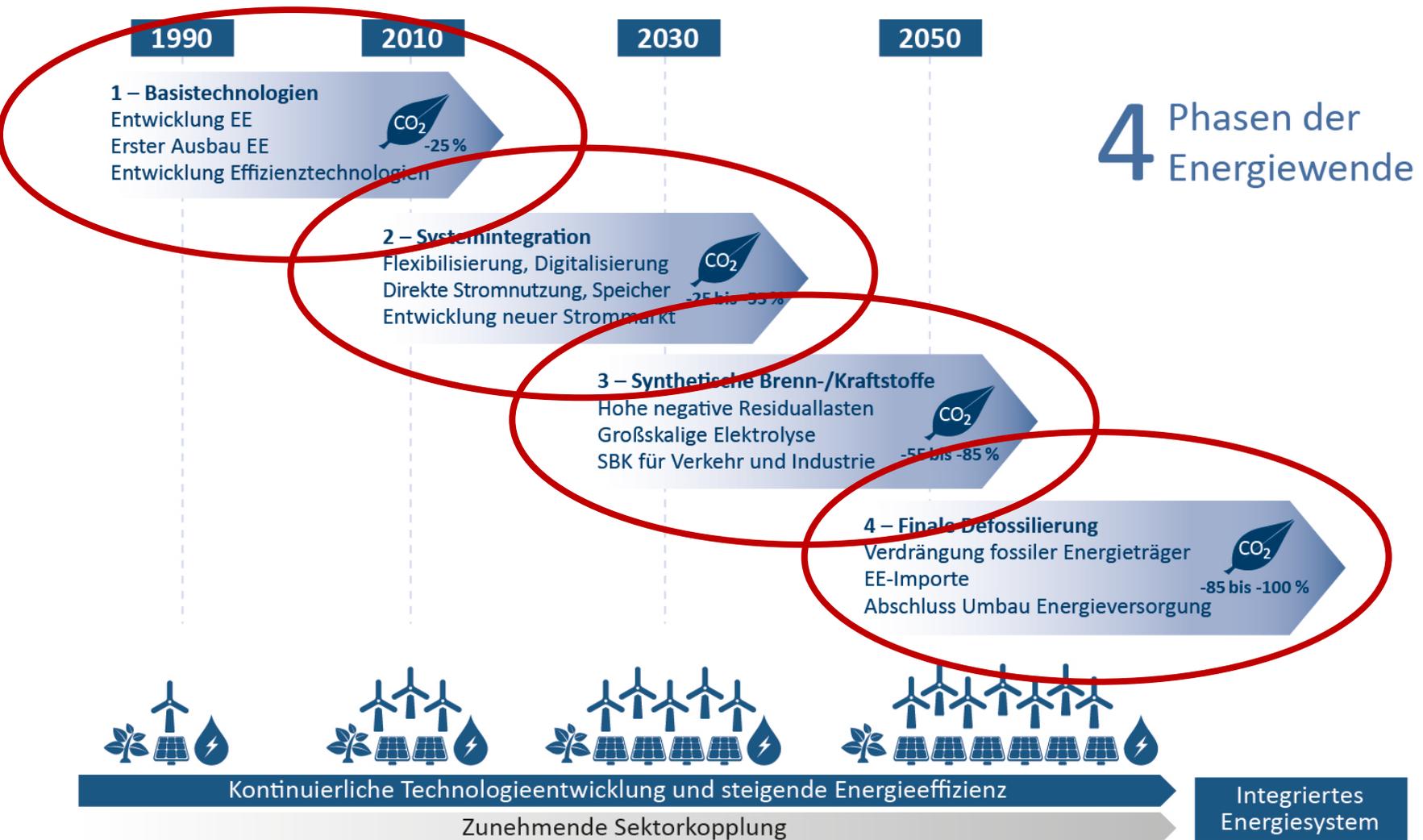


CO₂-Vermeidungskosten

Kumulative Gesamtkosten / vermiedene CO₂-Emissionen



Phasen der Systemtransformation



Inhaltsübersicht

Einführung – Ziele, Hintergrund, Methodik

Ergebnisse

Zusammenfassung, Fazit

Zusammenfassung, Fazit

- Erdgas spielt in allen betrachteten Entwicklungen eine zentrale Rolle
- Im Zuge des Umbaus der Energieversorgung steigt die Bedeutung von Erdgas sogar gegenüber heute (siehe -60 % CO₂)
- Eine Entwicklung mit einer ausgeprägten Nutzung gasförmiger und flüssiger, synthetischer Brenn- und Kraftstoffe hat folgende Implikationen im Vergleich zur Optimierung ohne Restriktionen
 - Größere installierte Leistung Solar- und Windanlagen für Strom
 - Höhere systemische Kosten
 - Im Wärmebereich mehr Wärmenetze, deutlich mehr Gas-Wärmepumpen (hocheffiziente Brennstoff-basierte Heiztechnik), mehr erdgekoppelte Wärmepumpen, höhere Sanierung Gebäude und mehr Solarthermie
- Groß-skalige Wasserstoffherzeugung ist immer Teil der Lösung

...vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Fraunhofer-Institut für Solare Energiesystems ISE

Hans-Martin Henning
www.ise.fraunhofer.de
hans-martin.henning@ise.fraunhofer.de