Sektorkopplung
Ein Vergleich verschiedener Optionen

Florian Ess
Zürich, 27.11.2019

Agenda

01 Was ist Sektorkopplung?

02 Anforderung: Dekarbonisierung des Energiesystems

03 Optionen von Sektorkopplung

04 Ausblick und offene Fragen

© 2019 Prognos AG

Agenda

01 Was ist Sektorkopplung?

02 Anforderung: Dekarbonisierung des Energiesystems

03 Optionen von Sektorkopplung

04 Ausblick und offene Fragen

© 2019 Prognos AG

Vorbemerkungen

Sektorkopplung: Neuer Begriff für bekannte Fragen?

- Begriff ist nicht gut abgegrenzt und wird unterschiedlich interpretiert
- “Sektorkopplung“ im weiteren Sinne gab es schon immer
  - Elektrifizierter Schienenverkehr
  - Direktelektrische Heizungen und «Nachtspeicherheizungen»
  - Stromherde
  - Elektrostahl
  - KWK, etc.

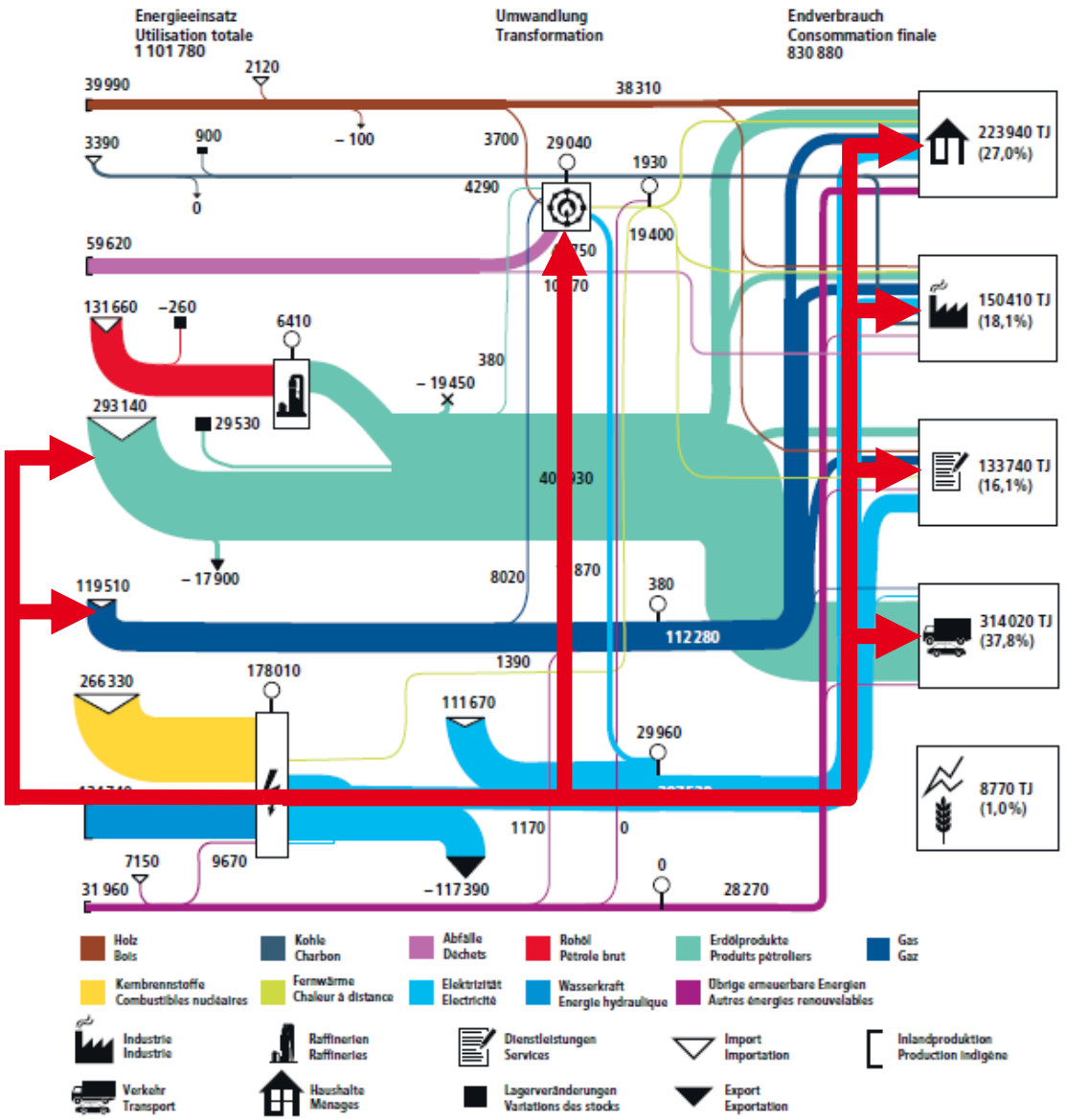
- Was ist neu?
  - Umfang des Einsatzes
  - Direkt- und Indirektstromeinsatz im Wärmebereich (inkl. Fernwärme/PtH) und im Verkehr
  - Indirekter Einsatz durch „neue Energieträger“ – Wasserstoff, Synthesegas, Synthesefuels

- Restriktionen
  - Potenziale EE
  - WP und Emob: technologischer Systemwechsel (Ersatzzyklen), bei WP auch Umweltwärmequellen
  - Erneuerbare C-Quellen für Synthesegase und –fuels?

© 2019 Prognos AG

Sektorkopplung: Neuer Begriff für bekannte Fragen?

- Energiebilanz: Substitution fossiler Energieträger
  1) Direkt in den Endverbrauchs-sektoren ➔ neu vor allem breiter Einsatz im Verkehrs-sektor und in Gebäuden, ggf. auch Industrie
  2) Strombasierte Bereitstellung von Fernwärme
  3) Indirekt durch Substitution der fossilen Energieträger durch synthetische Energieträger



© 2019 Prognos AG

Agenda

01 Was ist Sektorkopplung?

02 Anforderung: Dekarbonisierung des Energiesystems

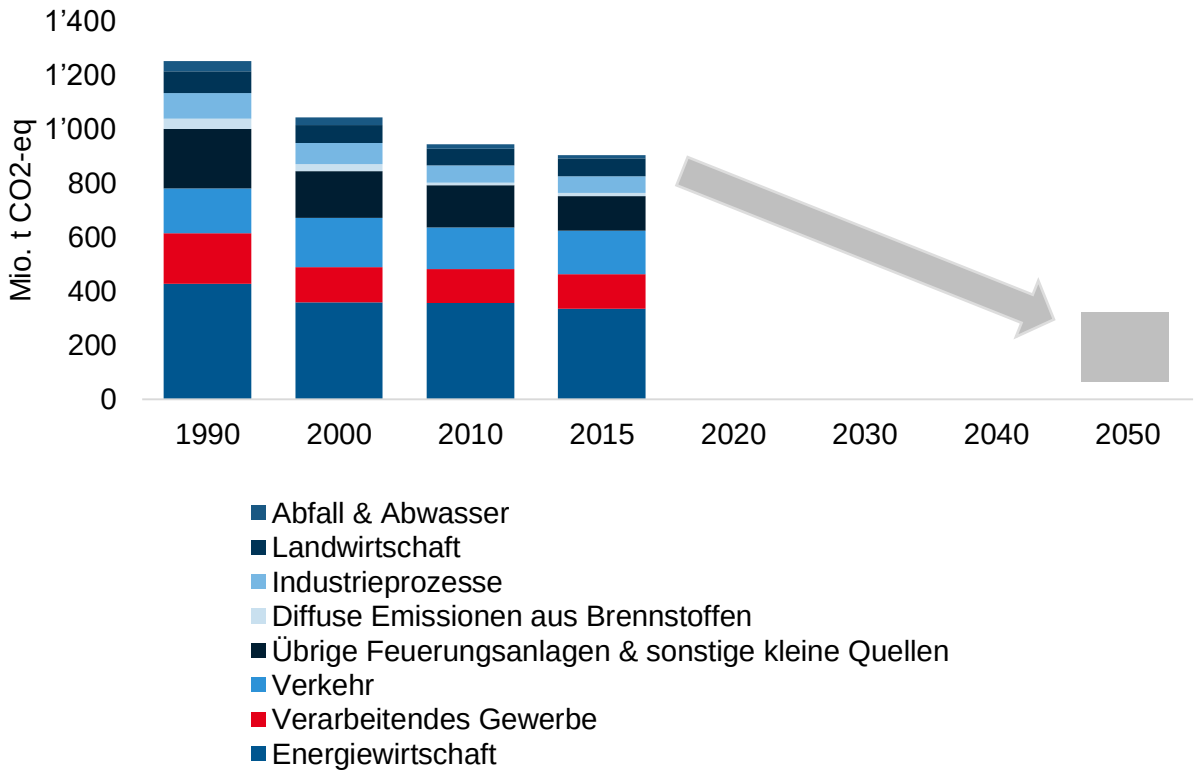
03 Optionen von Sektorkopplung

04 Ausblick und offene Fragen

© 2019 Prognos AG

Energie- und klimapolitische Ziele

- Reduktion der THG-Emissionen um 80-95 % bis 2050

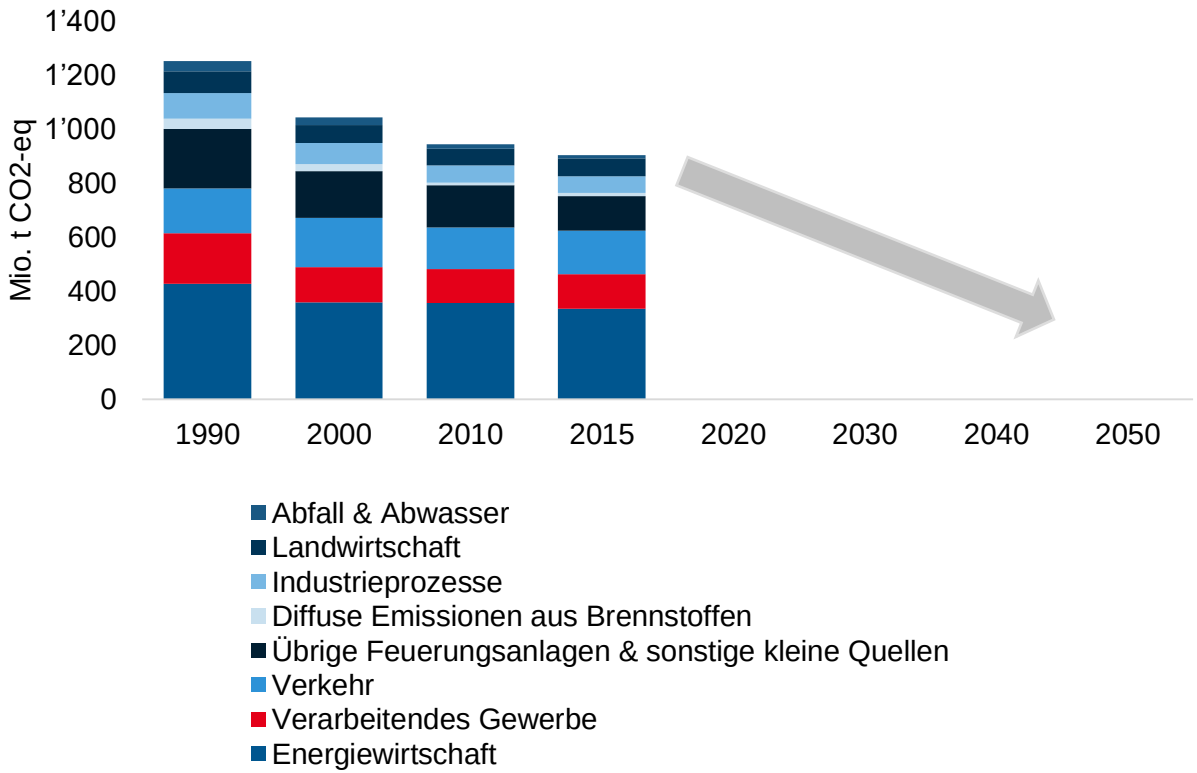


Quelle: UBA (2016), Emissionsquellen und UBA (2017), Treibhausgasemissionen seit 1990 nach Gasen, eigene Darstellung

© 2019 Prognos AG

Energie- und klimapolitische Ziele

- Neu: Netto-Null THG-Emissionen in 2050

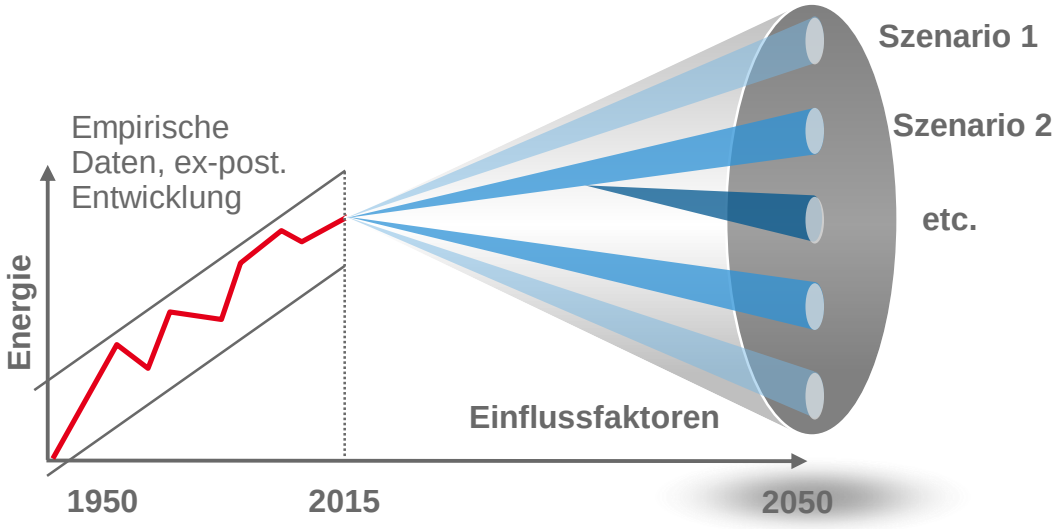


Quelle: UBA (2016), Emissionsquellen und UBA (2017), Treibhausgasemissionen seit 1990 nach Gasen, eigene Darstellung

© 2019 Prognos AG

Szenarien zur Erreichung des Klimaziels

- Wie könnte der Weg zu Netto-Null aussehen?
- Welche Technologien/Optionen der Sektorkopplung spielen dabei eine Rolle…und wann?
- Wie sind Technologiepfade unter verschiedenen Kriterien zu bewerten?



© 2019 Prognos AG

Agenda

01 Was ist Sektorkopplung?

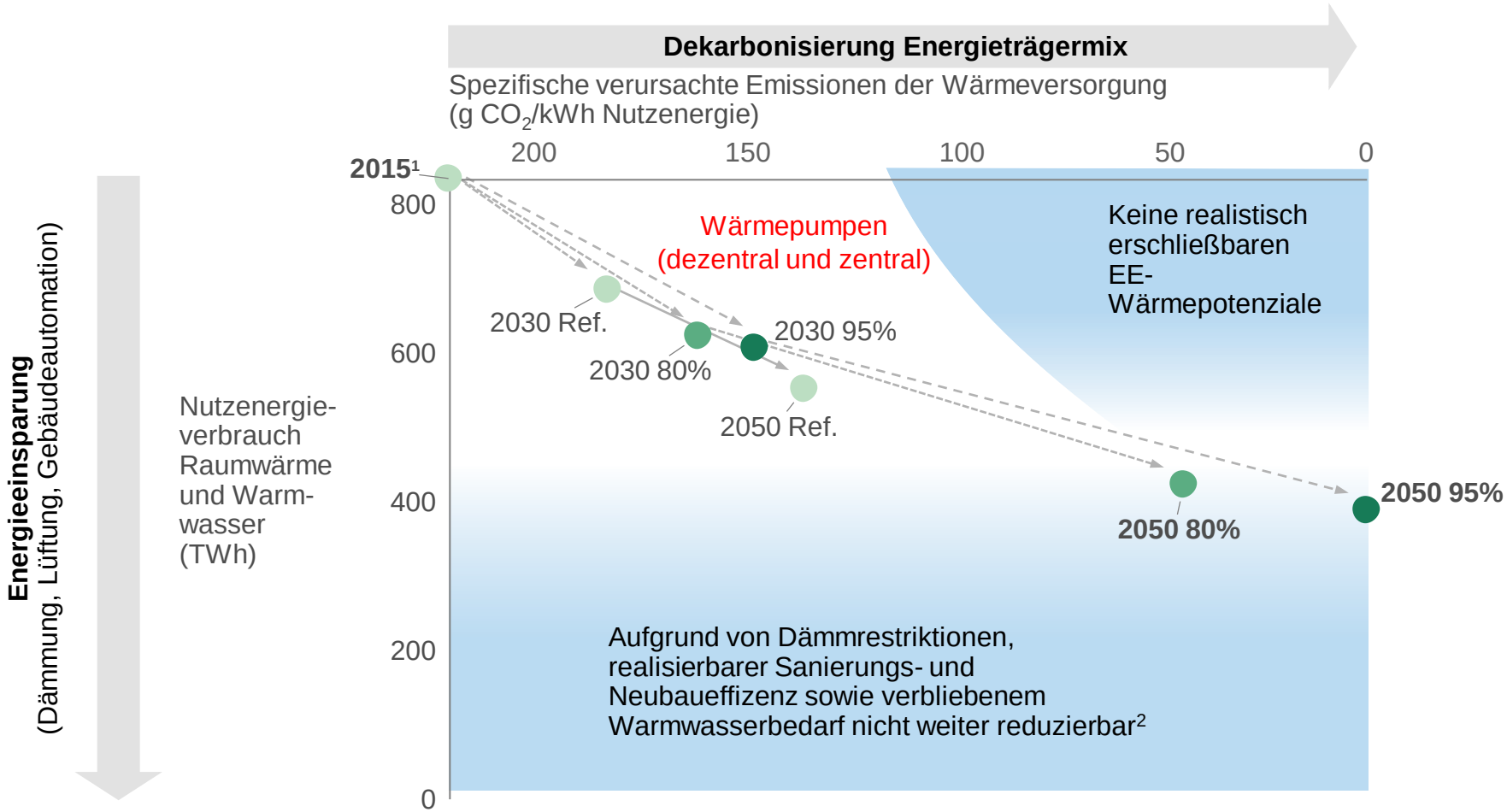
02 Anforderung: Dekarbonisierung des Energiesystems

03 Optionen von Sektorkopplung

04 Ausblick und offene Fragen

© 2019 Prognos AG

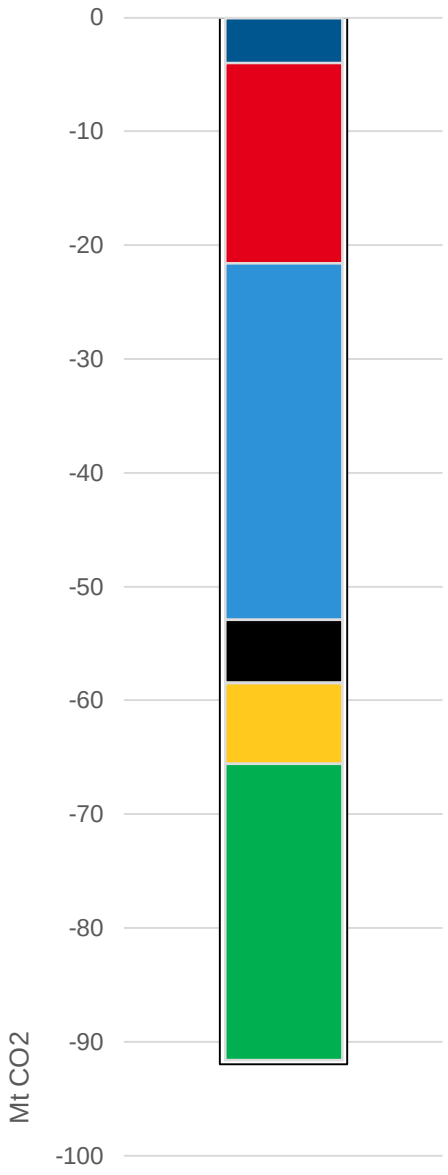
Gebäude: Sanierung + Energieträgerwechsel



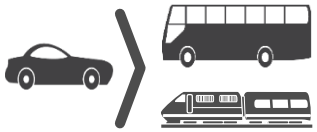
Quelle: Prognos, BCG

© 2019 Prognos AG

Verkehr: Elektrifizierung + synthetische Energieträger



Verkehrsverlagerung



Effizienz

Elektrifizierung Pkw/LNF

Erdgas

Oberleitungs-Lkw

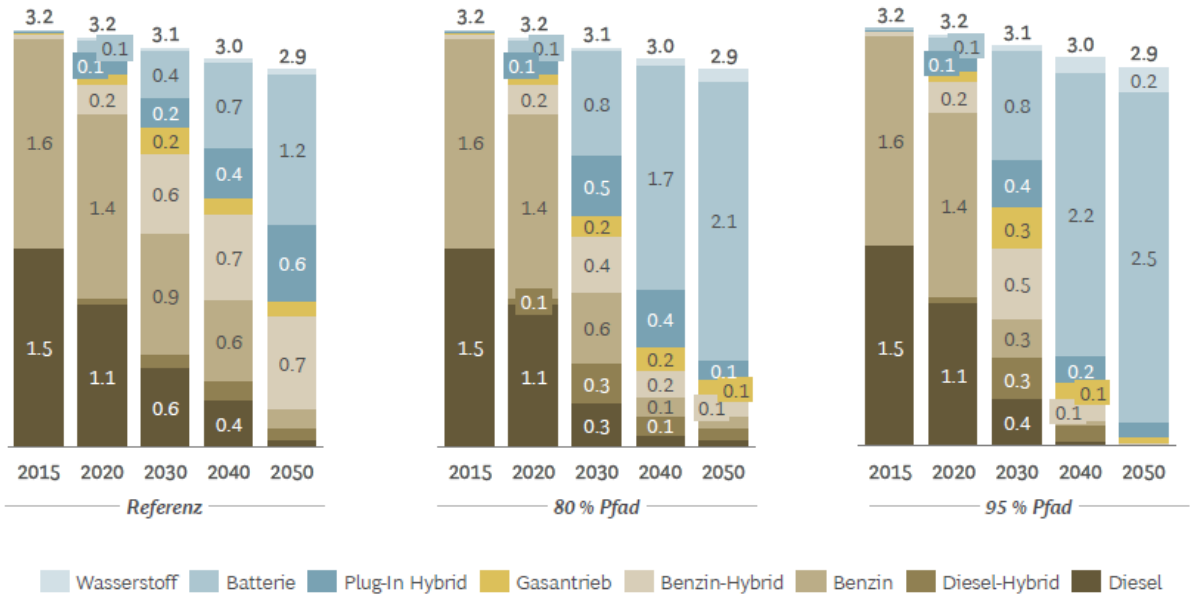
Synthetische Energieträger

© 2019 Prognos AG

Direktelektrifizierung PKW (BEV)

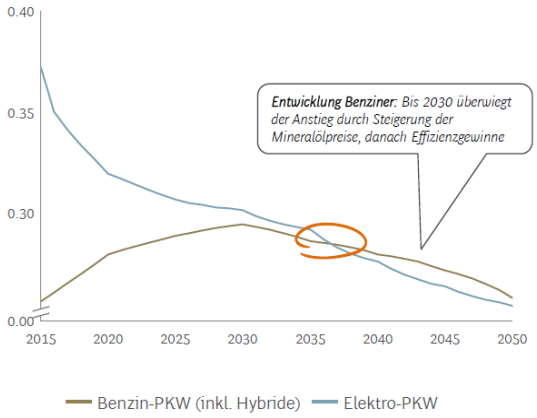
Entwicklung Neuzulassungsstrukturen Pkw nach Klimapfaden

Pkw-Neuzulassungen
(Mio. in Deutschland zugelassene Fahrzeuge)

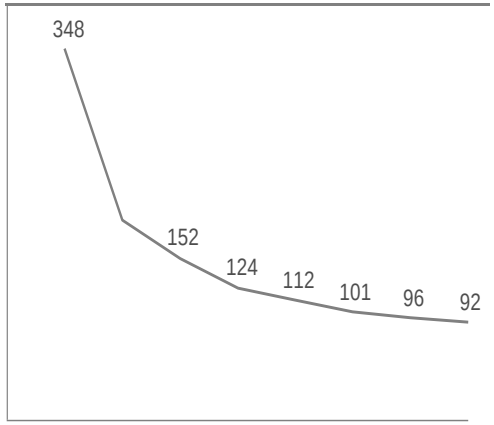


Quelle: Prognos, BCG

Kostenvergleich PKW: Ottomotor vs. elektrisch
(€ pro Fahrzeug-km)[1]



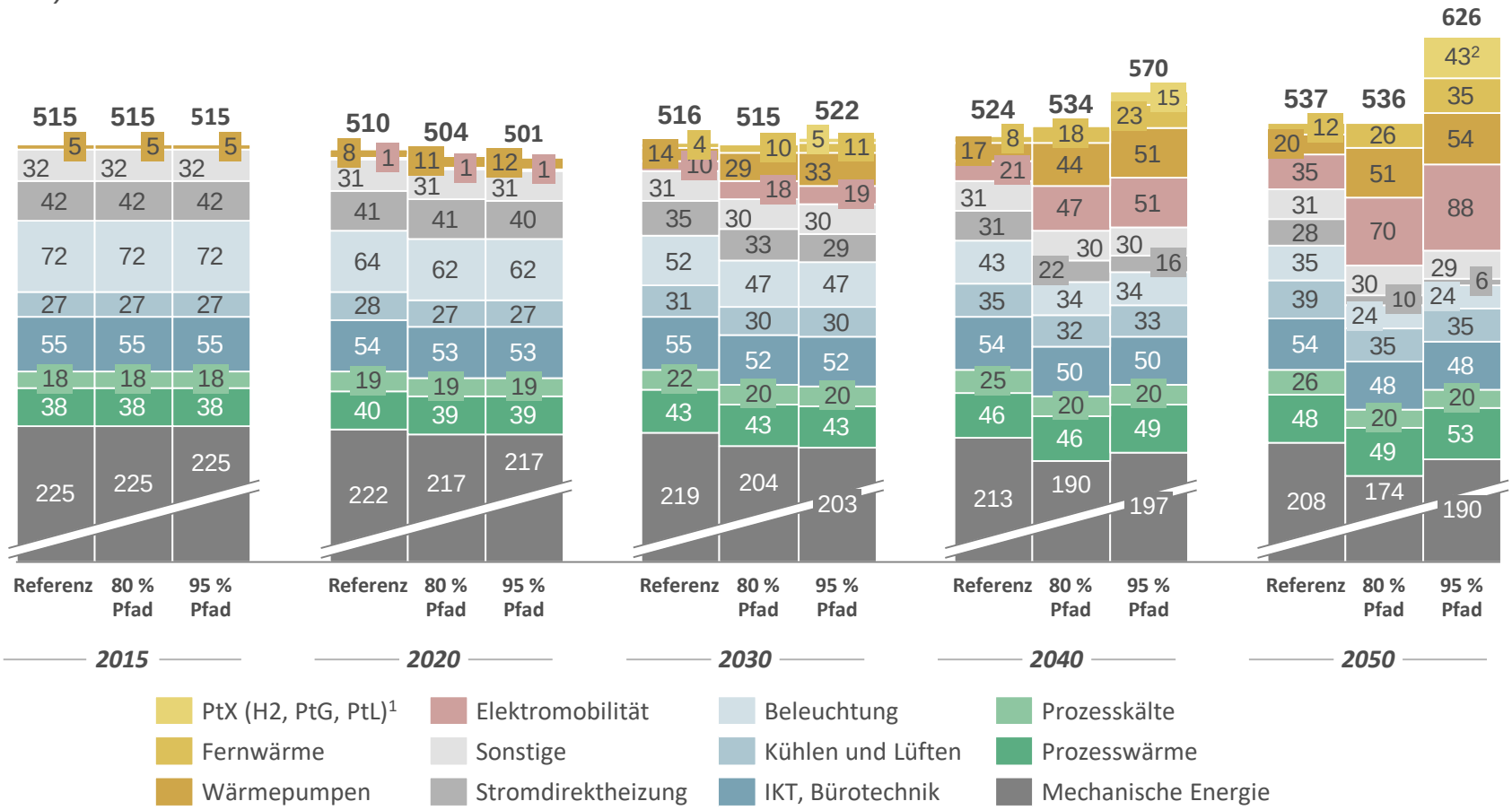
Batteriekosten (Packs) in €/kWh



© 2019 Prognos AG

Effekte im Stromsystem?

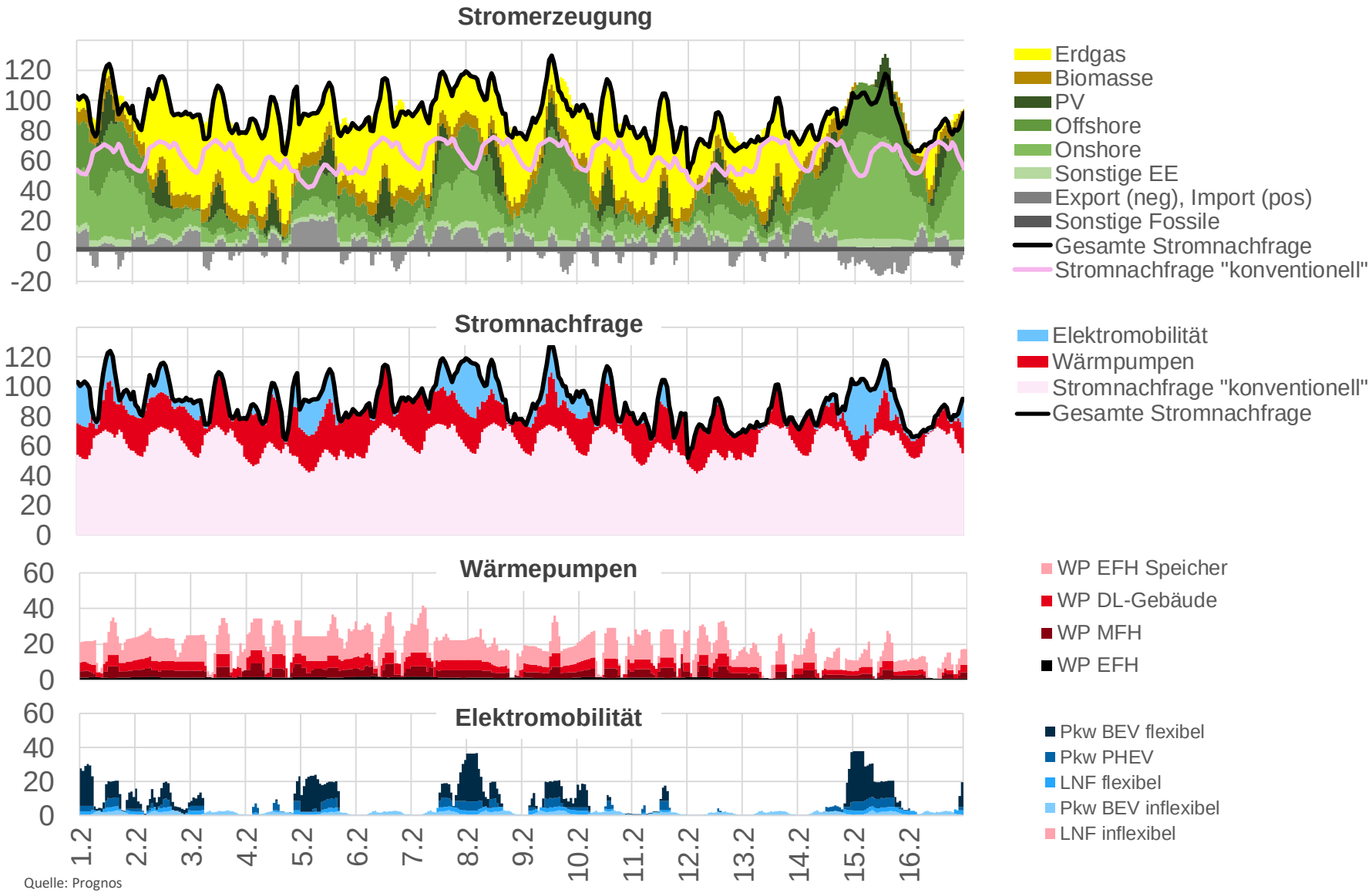
Nettostromverbrauch[1] nach Anwendungen (EEV)
(TWh)



1. Nettostromverbrauch = Nettostromerzeugung – Abgeregelte Strommengen - Exportsaldo – Speicherbedarf – Netzverluste – PtG-Inlandserzeugung für Stromerzeugung
2. Ohne den Stromverbrauch für die inländische Power-to-Gas Erzeugung für die Stromerzeugung (22 TWh für 13 TWh PTG), der nicht Teil des Nettostromverbrauchs ist.
Quelle: Prognos, BCG

© 2019 Prognos AG

Sektorkopplung als Flexibilitätsoption, Bsp. Dunkelflaute 2050



Quelle: Prognos

© 2019 Prognos AG

Zwischenfazit: Direktelektifizierung

Zwischenfazit

- Dekarbonisierung des Energiesystems erfordert einen deutlichen Ausbau von Wärmepumpen, Elektrofahrzeugen (und ggf. weitere Elektrifizierung im Industriesektor)
- Ersatzzyklen von Geräten und Fahrzeugen («Trägheit des Energiesystems») stellen wesentliche Restriktionen dar
- Potenzialrestriktionen
  - Aufgrund der hohen Effizienz von Stromanwendungen sind Potenzialrestriktionen bei erneuerbarem Strom eher von untergeordneter Bedeutung
  - Verfügbarkeit von Umweltwärme für Wärmepumpen
- Langfristig tiefe Kosten von Wärmepumpen/Elektrofahrzeugen
  - Aber: Infrastruktur-Ausbau notwendig
- Versorgungssicherheit:
  - Hohe Flexibilitätspotenziale können gehoben werden, dafür braucht es (zeitgerecht) Anreizmechanismen

- Welche Rolle können synthetische Brenn- und Treibstoffe spielen?

© 2019 Prognos AG

PtX ist eine interessante Option, aber…

… you cant't beat physics!

- Jeder Umwandlungsschritt kostet Energie ➔ entsprechend mehr EE-Stromerzeugung ist notwendig
- Transportverluste (insbesondere H_2)
- Langfristig darf kein fossiles C eingesetzt werden – bisher grosse Unsicherheiten bei CO_2-Abscheidung aus der Luft
- Bei Rückverstromung (z.B. über Gasturbine): nochmals Energieverluste

Wirkungsgrade Produktion synth. Energieträger	2020	2030	2050
H_2 (H_o) (Technologiemix Elektrolyse)	71 %	72 %	75 %
Rückverstromung H_2 (FC) Rückverstromung (GuD)	50 % 43 %	52 % 43 %	56 % 45 %
PtG (H_o)	54 %	55 %	57 %
PtL (Fischer-Tropsch)	48 %	49 %	51 %

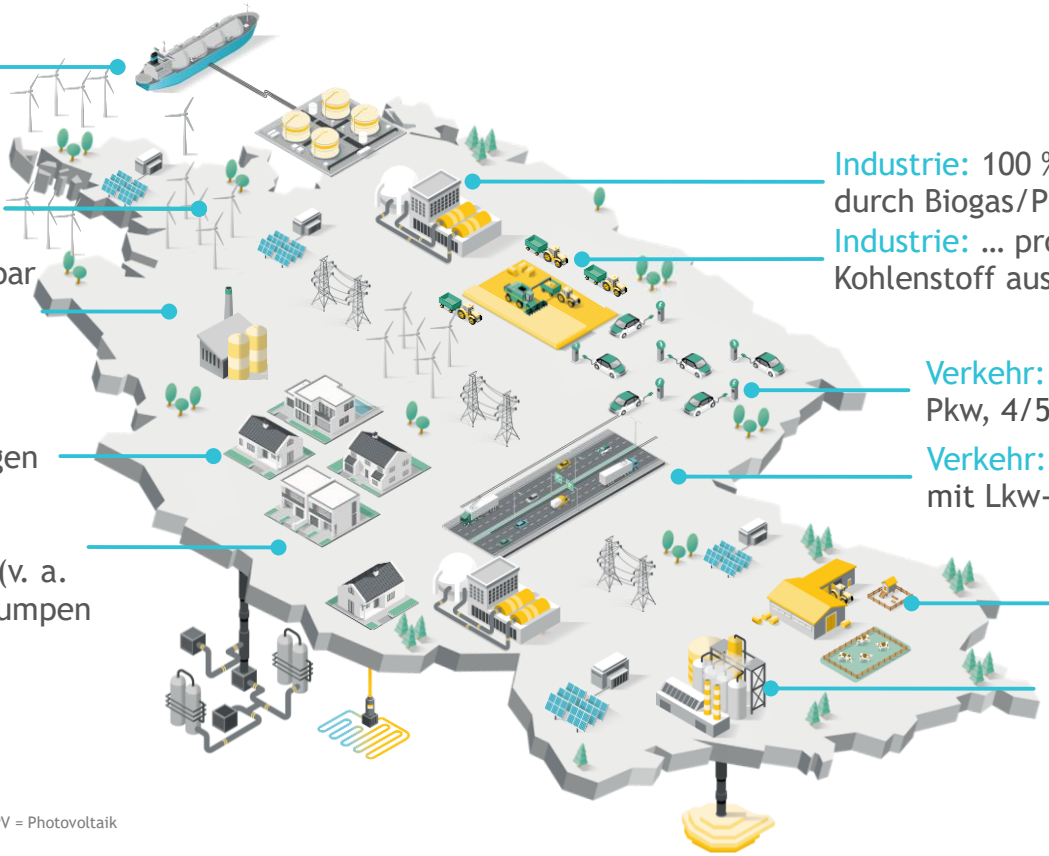
© 2019 Prognos AG

Zwischenfazit synthetische Energieträger

- Dekarbonisierung des Energiesystems erfordert einen zusätzlichen Einsatz von PtX, insbesondere im Verkehrssektor und ggf. auch im Industriesektor
- Wo werden die notwendigen Anlagen gebaut (national/international)? Bis wann ist ein Kapazitätsaufbau möglich?
- Potenzialrestriktionen
  - Potenzialbeschränkungen bei der Bereitstellung von EE-Strom durch niedrige Gesamtwirkungsgrade
- Langfristig hohe Kosten im Vergleich zur Direktelektrifizierung
  - Aber: bei Verwendung von PtG/PtL bzw. Beimischung von H2 kein (inländischer) Infrastruktur-Ausbau notwendig
- Versorgungssicherheit:
  - Flexibilität der Erzeugung?
  - PtX als saisonale Speicher? (Bsp. Schweiz)

© 2019 Prognos AG

Zielbild 2050: z.B. minus 95%-Pfad



340 TWh Importe erneuerbarer Brennstoffe (PtL, PtG)

Energie: 292 GW Wind und PV, Netzausbau

Energie: 100 % erneuerbar durch PtG, Gasnetz als saisonaler Speicher

Gebäude: 70 % mehr energetische Sanierungen (1,9 % p.a.)

Gebäude: vollständig emissionsfreie Wärme (v. a. durch 16 Mio. Wärmepumpen und Fernwärme)

Industrie: 100 % erneuerbare Wärme durch Biogas/PtG …

Industrie: … produziert mit recyceltem Kohlenstoff aus Biomasseverbrennung

Verkehr: 33 Mio. elektrische Pkw, 4/5 des Fahrzeugbestands

Verkehr: 8.000 km Autobahn mit Lkw-Oberleitungen

Landwirtschaft: „Methanpille" für Rinderbestand

Carbon Capture and Storage für Stahl, Zement, Ammoniak, Raffinerien, Müllverbrennung

PtL = Power-to-Liquid, PtG = Power-to-Gas, PV = Photovoltaik
Alle Zahlen beziehen sich auf 2050

Quelle: BCG / Prognos

Copyright © 2017 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

© 2019 Prognos AG

Agenda

01 Was ist Sektorkopplung?

02 Anforderung: Dekarbonisierung des Energiesystems

03 Optionen von Sektorkopplung

04 Ausblick und offene Fragen

© 2019 Prognos AG

Welche Technologiepfade sind realistisch?

- Im Vergleich zur Ausgangssituation vor z.B. 10 Jahren bietet sich eine Vielzahl von Technologieoptionen zur Dekarbonisierung des Energiesystems – insb. auch durch Sektorkopplung

- Rennen der Technologieentwicklung scheint noch offen zu sein – kaum Prognosen möglich über langfristigen Technologiemix
- Starke Einflussfaktoren auf der Angebotsseite/Nachfrageseite:
  - Fahrzeugindustrie
  - Fahrzeugtechnologie
  - Akzeptanz in der Gesellschaft
  - Heizanlagenanbieter und Gebäudebetreiber sowie
  - Energieträgeranbieter

© 2019 Prognos AG

Offene Fragen und Dilemmata

Welche Instrumente sind notwendig/zielführend?

- Interaktion sehr verschiedener «Märkte» mit unterschiedlichen Rationalitäten, Zeitstrukturen und Energiekostensensitivitäten ➔ systemdienliche Anreizsysteme sind komplex zu designen…(aber die Zeit drängt)

- Technologieoffene vs. technologiespezifische Instrumente?
- Sektorübergreifende Instrumente vs. sektorspezifische Instrumente?
- Energiekostenbestandteile?

- Wie können Flexibilitätspotenziale der Sektorkopplung gehoben werden
  - Anreize für Flexibilität?
  - Z.B. Elektrofahrzeuge: wer optimiert den Einsatz? Netzbetreiber oder Endverbraucher?
- Infrastruktur
  - Henne-Ei-Problem und Lock-in Effekte (z.B. H2/Gasnetz)
  - Restriktionen (z.B. EE-Potenziale): kein Verzicht auf Effizienz zugunsten von EE

- Einzelsystemoptimierung und Gesamtsystemoptimierung können auseinander fallen

© 2019 Prognos AG

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

© 2019 Prognos AG

Florian Ess

Projektleiter

prognos | St. Alban-Vorstadt 24 | 4052 Basel

Tel: +41 61 3273-361
Fax: +41 61 3273-300

E-Mail: florian.ess@prognos.com

© 2019 Prognos AG