



Leopoldina
Nationale Akademie
der Wissenschaften



Zielkonflikte und Sektorkopplung – auf dem Weg zu einer nachhaltigen Energieversorgung

Prof. Dr. Eberhard Umbach

Präsidiumsmitglied von acatech – deutsche Akademie der
Technikwissenschaften

20. Oktober, Energiepolitisches Frühstück

Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina
acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
Union der deutschen Akademien der Wissenschaften

Das Akademienprojekt „Energiesysteme der Zukunft“

- „Energiesysteme der Zukunft“ (ESYS): **gemeinsame Initiative** der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina, der Union der deutschen Akademien der Wissenschaften und acatech – deutsche Akademie der Technikwissenschaften
- ESYS bündelt **Expertise aus der Energieforschung in Deutschland** unter dem Dach der Wissenschaftsakademien; Federführung: acatech.
- In **interdisziplinären Arbeitsgruppen** erarbeiten rund **100 Expertinnen und Experten** Handlungsoptionen für den Weg zu einer umweltverträglichen, sicheren und bezahlbaren Energieversorgung.
- In **Dialogformaten** werden die Positionen aus Politik, Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft erhoben und wissenschaftlich ausgewertet.
- Ausgewählte **Veröffentlichungen**:
Die Energiewende europäisch integrieren, Priorisierung der Ziele, Rohstoffe für die Energieversorgung der Zukunft, Flexibilitätskonzepte für die Stromversorgung 2050
- Derzeitiges Thema in Bearbeitung: **Sektorkopplung**

Zur Erinnerung: Energiepolitische Ziele der Bundesregierung

Zwei **zentrale Ziele der Energiewende** (vgl. Energiekonzept der Bundesregierung)

- Ausstieg aus der Nutzung der Kernenergie bis 2022
- Verringerung der Treibhausgasemissionen um mindestens 80 % gegenüber 1990 (2020: 40 %)

Daneben: **energiepolitisches Zieldreieck** der Bundesregierung

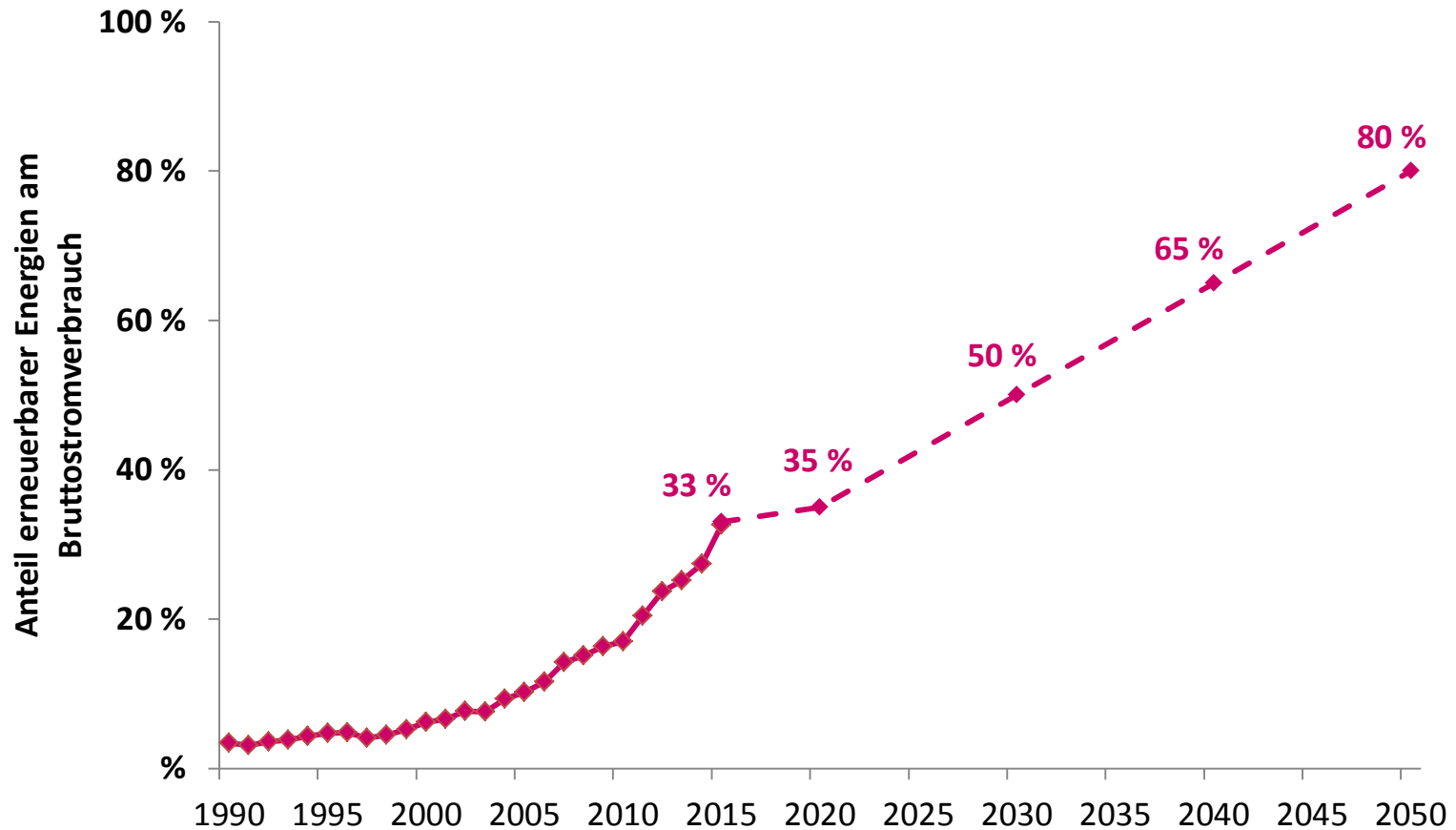
Dazu gehören verschiedene **untergeordnete Ziele**, z.B.

- Reduktion des Primärenergieverbrauchs um 50 % gegenüber 2008 (2020: 20 %)
- Ausbau der erneuerbaren Energien
 - auf 80 % beim Bruttostromverbrauch
 - auf 60 % beim Bruttoendenergieverbrauch

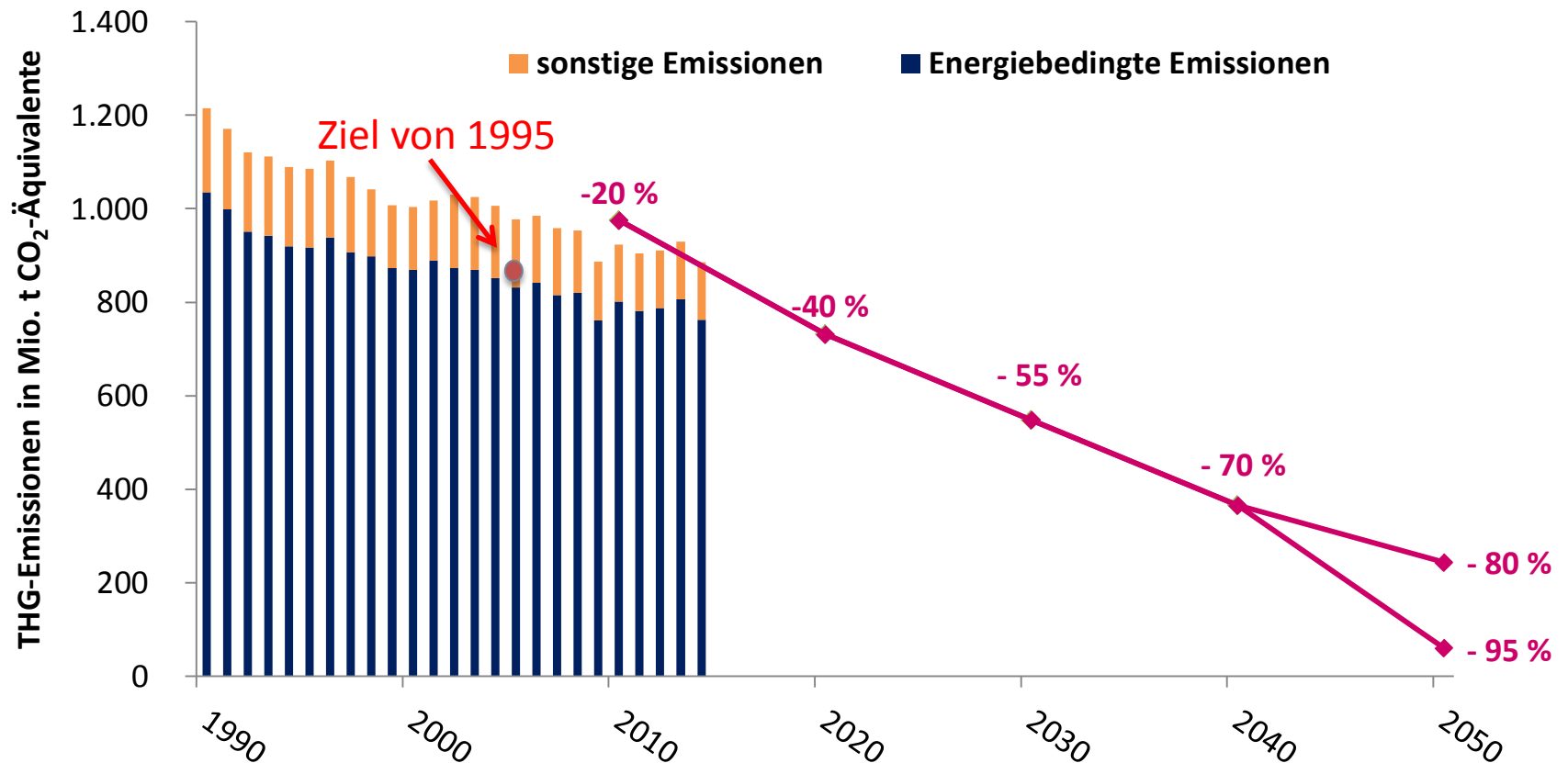
Ausbau EE: **Ziel oder Maßnahme ?**



Erneuerbaren Energien im Strombereich Entwicklung und Ziele



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

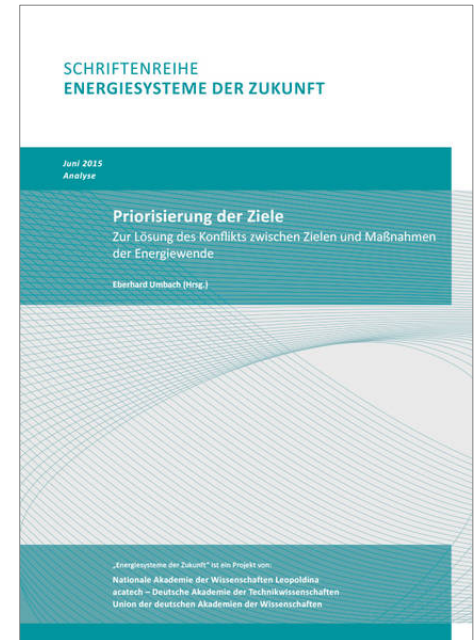


Priorisierung der Ziele und Zielkonflikte

- Die bisher erfolgreichste Entwicklung der Energiewende:
Ausbau der erneuerbaren Energien im Stromsektor
- Aber: Spannungsfeld
 - EE sind die **Basis** für den Erfolg der Energiewende.
 - Gleichzeitig ist der **Ausbau nicht** das **primäre Ziel**.
 - Die **Ziele Klimaschutz, Wirtschaftlichkeit und Versorgungssicherheit** sind prioritär.
- Deshalb: *Priorisierung der Ziele*
 - 1) Bei konkurrierenden Zielen ist eine **klare Priorisierung** notwendig
 - 2) **Unterscheidung** zwischen **Zielen** und **Maßnahmen** wichtig

Achtung: **Zielkonflikte und unbeabsichtigte Wechselwirkungen**

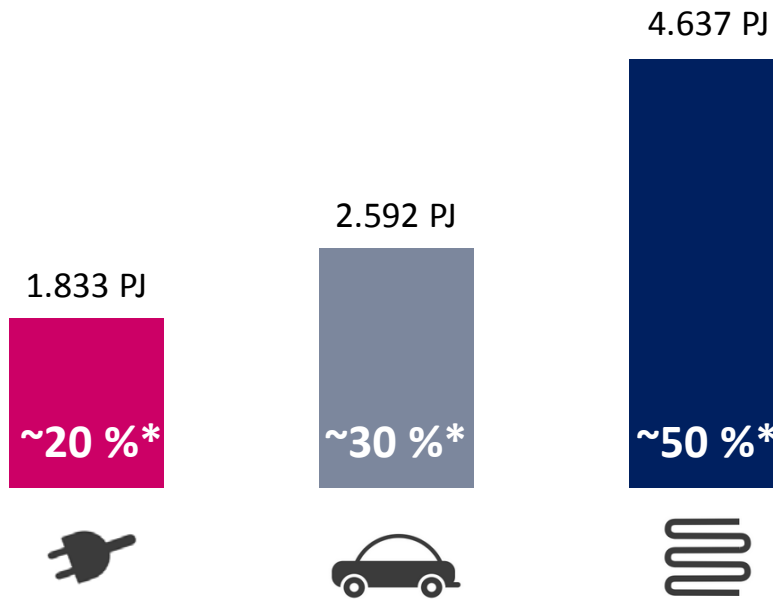
- Beispiele:
- Zusammenspiel *EEG und europäischer Emissionshandel (EU-ETS)*
 - Massiver Ausbau von PV, Preisverfall an der Strombörse am Mittag
 - Ausbau der E-Mobilität, Zunahme des Stromverbrauchs



Ein Blick auf das gesamte Energiesystem

Bisher: Fokus vor allem auf dem **Stromsektor**.

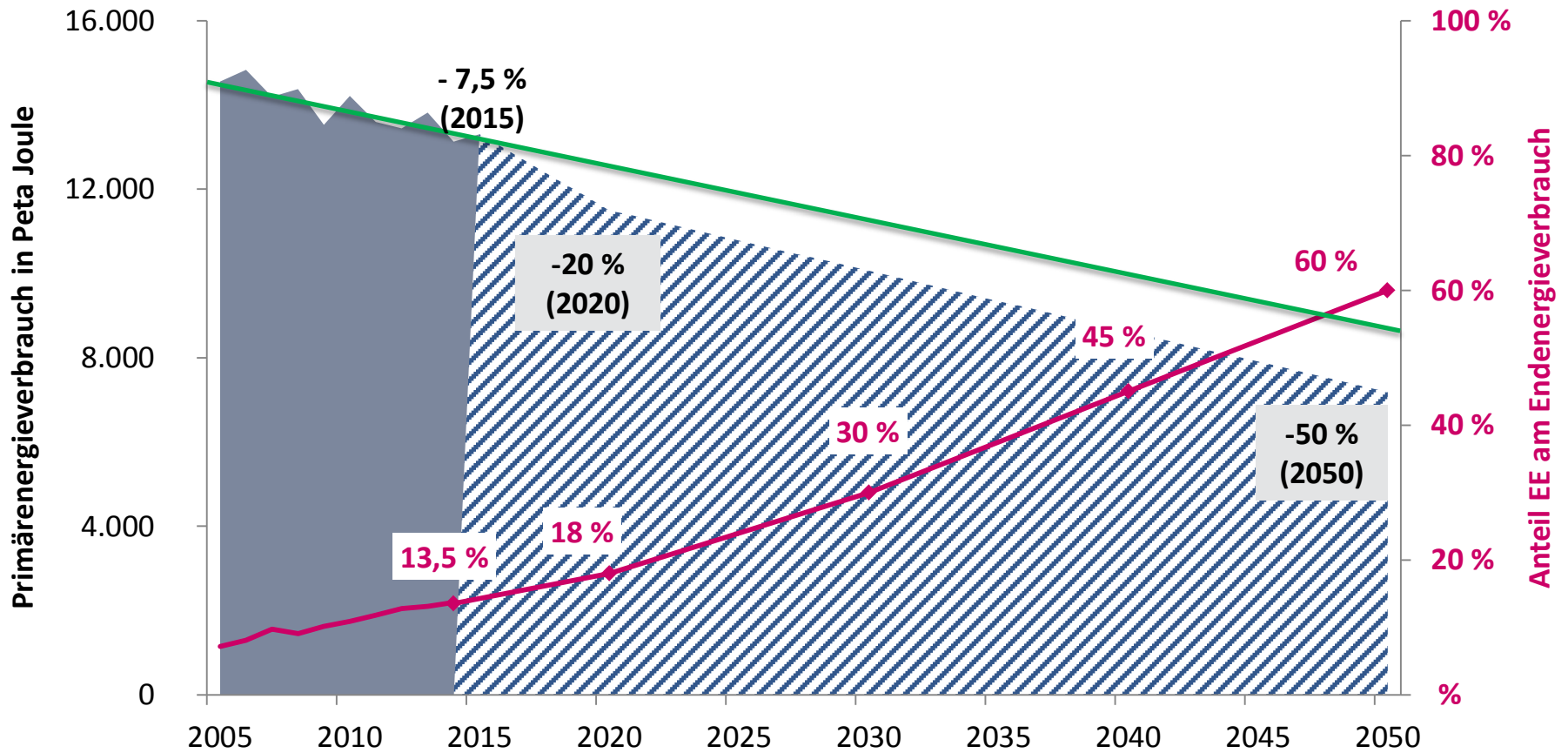
Dieser ist deckt aber nur einen (kleinen) Teil des Energiesystems ab.



*gemessen am
Endenergieverbrauch (2014)

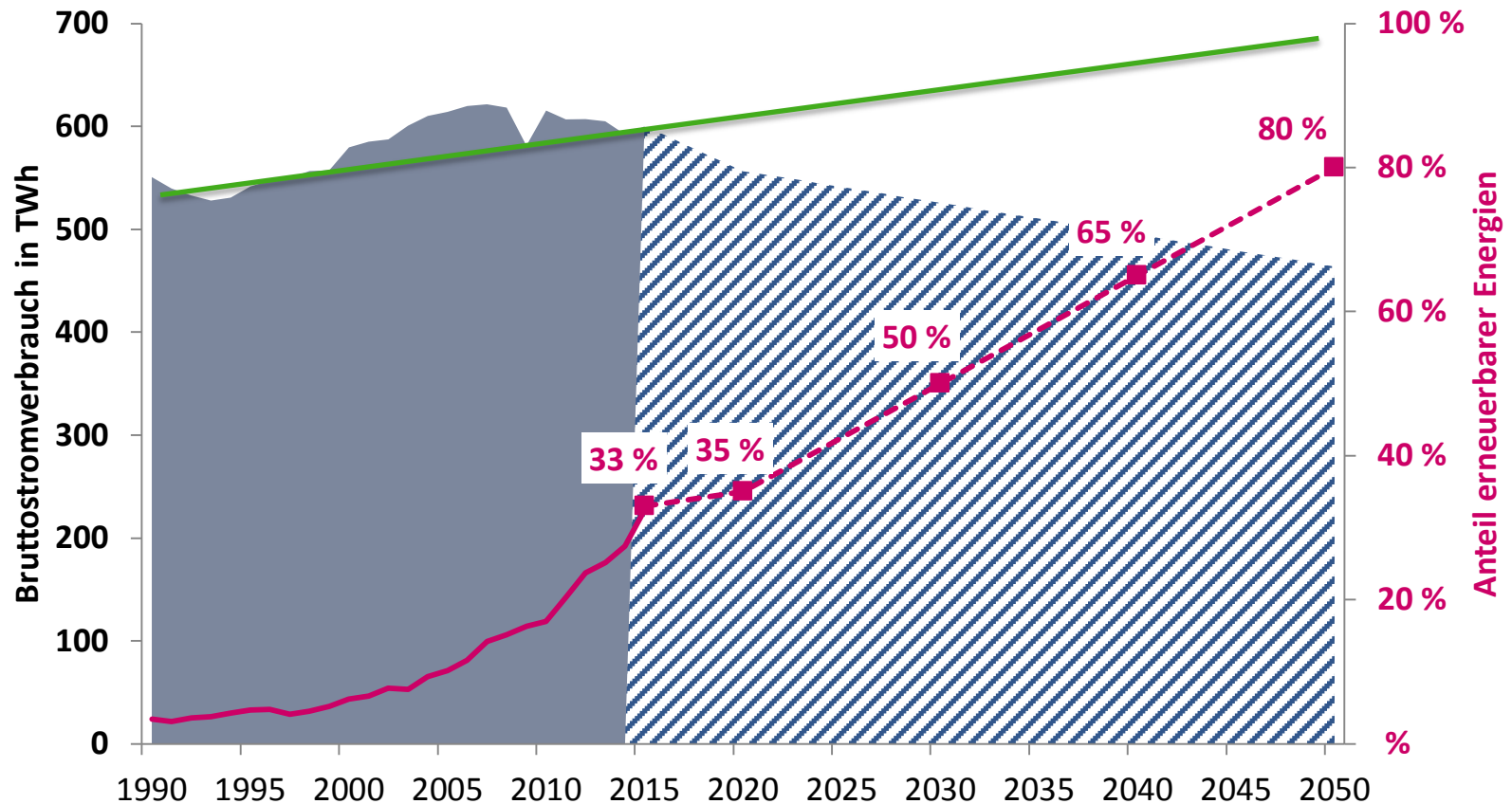
Primärenergieverbrauch und erneuerbare Energien

Entwicklung und Ziele



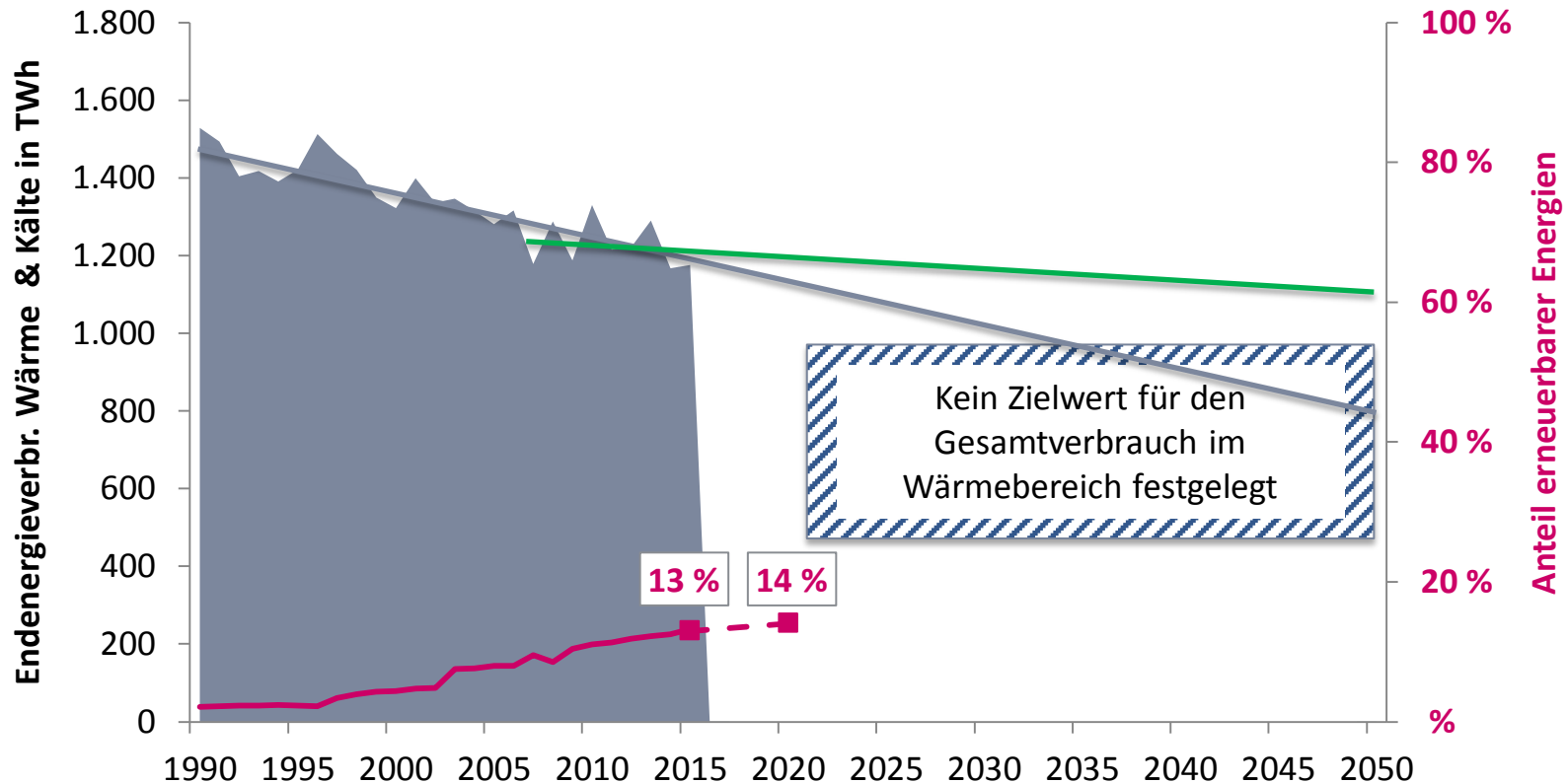
Erneuerbare Energie im Strombereich

Entwicklung und Ziele



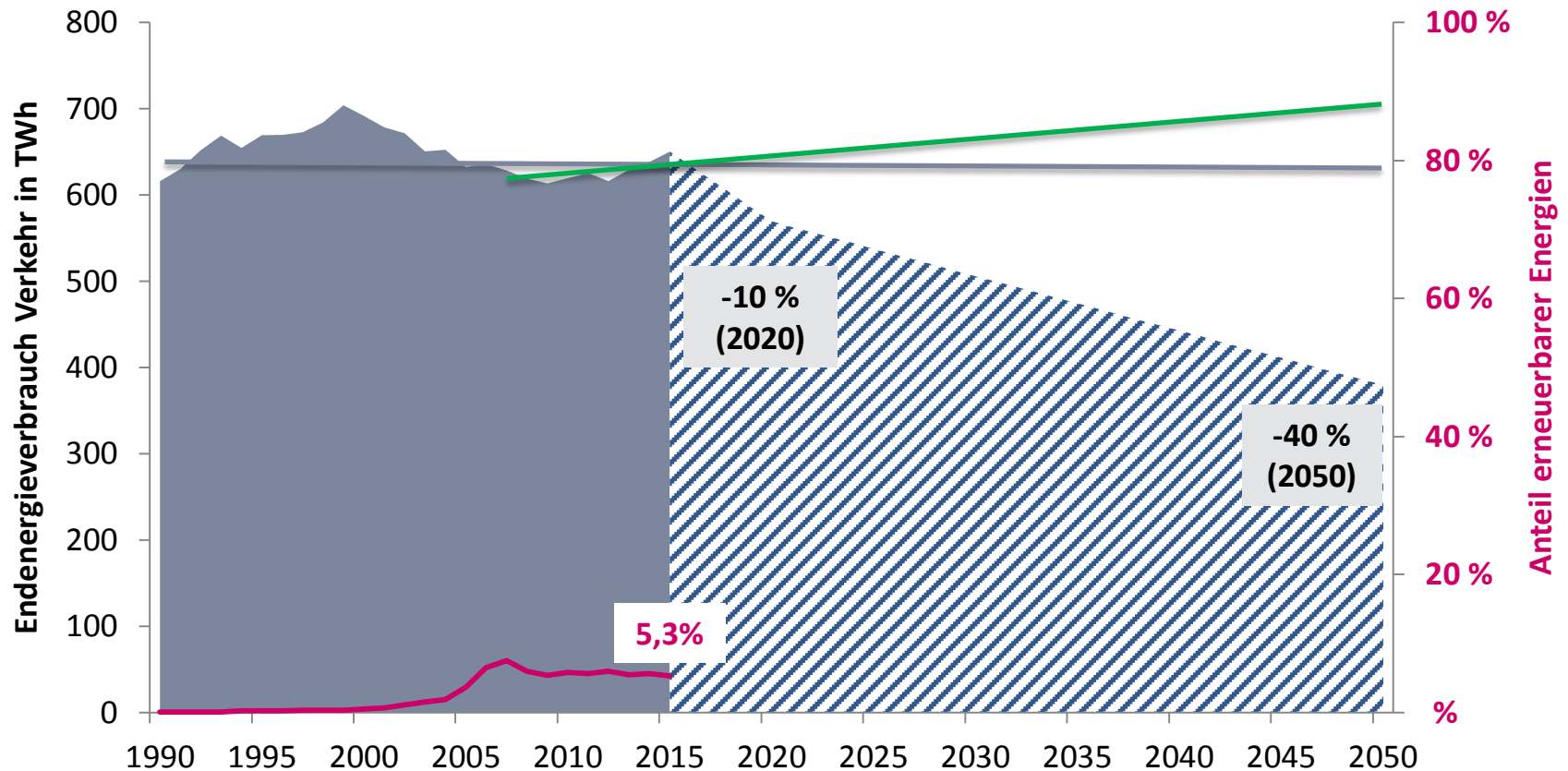
Wärmesektor – Verbrauch und Anteil erneuerbarer Energien

Entwicklung und Ziele



Verkehrssektor – Verbrauch und Anteil erneuerbarer Energien

Entwicklung und Ziele



Weg zu einer nachhaltigen Energieversorgung

Für die Erreichung der Ziele ist nicht die Betrachtung einzelner Bereiche, sondern eine **systemische Herangehensweise** und die **Optimierung des Gesamtsystems** entscheidend

Zwei zentrale Hebel für eine nachhaltige Energieversorgung:

- 1) **Einsparungen** und Steigerung der **Effizienz**
- 2) Nutzung von **erneuerbaren Energien in allen Anwendungsbereichen**

Ansatz: **Sektorkopplung**

➔ Gemeinsame Betrachtung und Integration
der **Sektoren Strom, Wärme und Verkehr**

Vorteile: Synergieeffekte (bspw. Nutzung EE), Effizienzsteigerung (durch Einsatz effizienter Technologien; Bsp. Elektromotor), Flexibilität (Speicherung, Ausgleich von Lastspitzen)

Weitere Herausforderungen

Nur **Stromsektor**: Ziel in **2050** 80 – 100 % EE

Ohne Speicher (bei gleichbleibendem Strombedarf: 580 TWh) müssen etwa **100 - 130 TWh fossil** dazu geregelt werden (Ersatzkraftwerke), und etwa **100 - 130 TWh Strom aus EE** sind „überschüssig“.*

- Das führt zu **negativen Strompreisen** (mit EEG) bzw. zur **Verschwendung von EE Strom**.*
- **Abhilfe: Speicher bzw. Power-to-X?**
- Speicher sind teuer und bleiben meist ungenutzt (wie Ersatzkraftwerke):
Wirtschaftlichkeitsproblem!
- Bereits heute werden etwa 5 TWh „abgeregelt“ (wg. fehlender Stromtrassen).

*(F. Wagner, EPJ Plus (2014))

Benötigte Speicherkapazität

- Maximalwert: 30 TWh * (keine fossile Verbrennung, aber extrem teuer)
- Zum Vergleich: Kapazität aller Pumpspeicher: ca. 50 GWh
- 3 Mio Elektrofahrzeuge: 50 GWh
- Erdgasinfrastruktur: 110 TWh

Dazu erforderlich: **Power-to-Gas!**

- Guter Kompromiss: 5 – 10 TWh Speicherung
- 5 TWh Speicherung reduzieren die fossile Ersatzstromenergie von 130 auf 40 TWh (CO₂ Reduktion!), aber Ersatzleistung bleibt nahezu unverändert.*



Herausforderungen für das gesamte Energiesystem

Stromsektor macht nur 20 % der Primärenergie aus!

Ziel ist aber 60 % EE im gesamten Energiesystem

oder in anderen Worten: **Wind und PV** haben zurzeit nur einen **Anteil von 2,5 %**, sollten aber ~ 50 % in 2050 haben.

Das heißt: wir brauchen ungefähr 1300 TWh/a Strom von Wind und PV (20 mal mehr als heute)

d.h. 20 mal mehr Solarpaneele und 20 mal mehr Windparks

Nehmen wir Einsparungen und andere Maßnahmen (DSM) dazu: 10 mal mehr Wind / PV

Das geht nur mit viel stärkerer Vernetzung der Sektoren, vor allem mit stärkerer Elektrifizierung und „Power-to-X“.

(„X“ heißt Treibstoffe, Gase, Chemikalien, Wärme, ...)

Struktur des Energiesystems

Unterscheidung von **vier Nutzungsbereichen**

1) Niedertemperaturwärme

Wärme für die Beheizung von Gebäuden und Warmwasser

2) Prozesswärme

Wärme für Prozesse in Gewerbe und Industrie

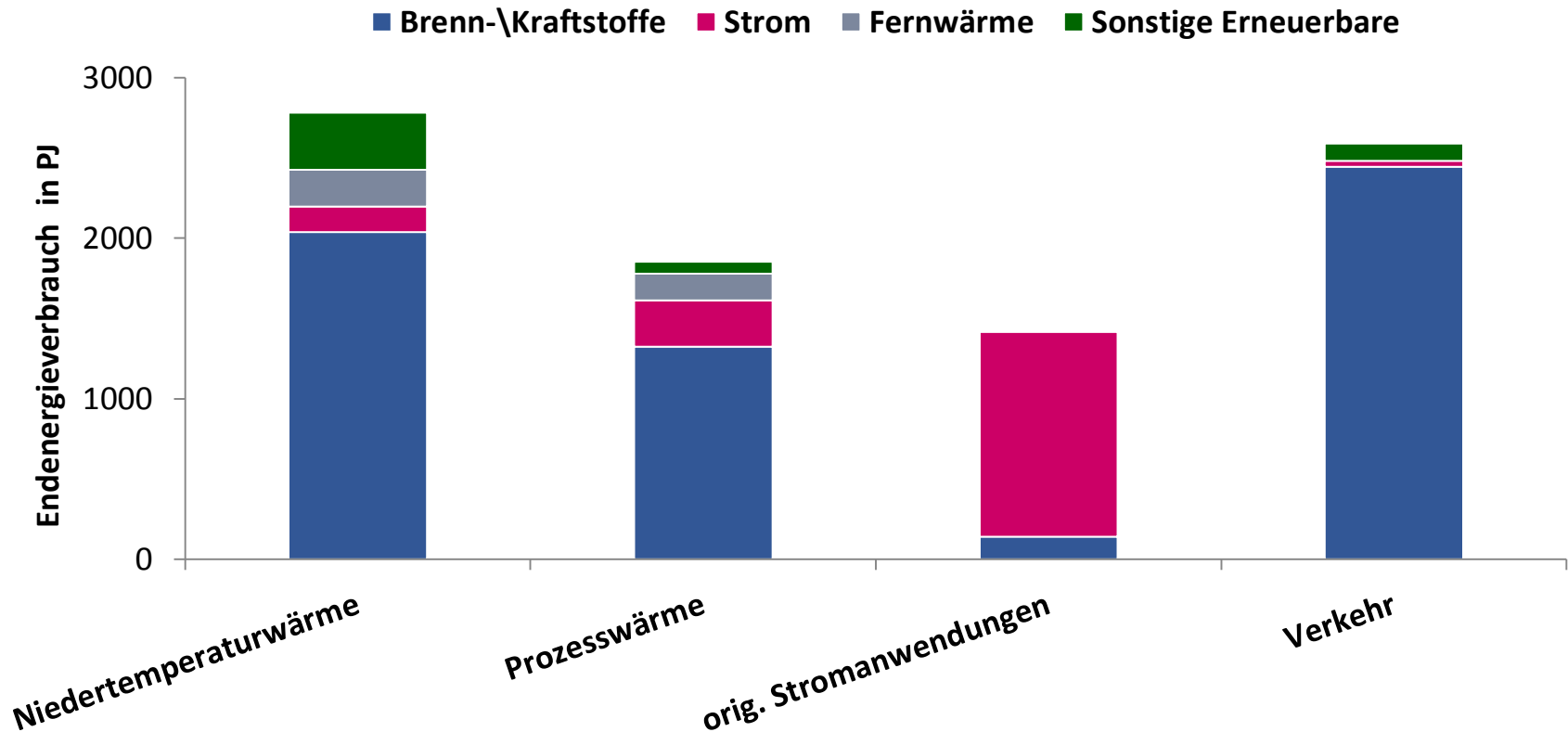
3) Originäre Stromanwendungen

Bspw. mechanische Antriebe in Industrie, Gewerbe und Haushalten;
Beleuchtung; Anlagen der Informations- und Kommunikationstechnik;
Druckluft, Klimaanlage und Kühlhäuser

4) Verkehr

Fortbewegung in all ihren Formen, also privat und gewerblich sowie auf Straße,
Schiene, Wasser und in der Luft

Verteilung der Energieträger in den vier Nutzungsbereichen (2014)



Sektorkopplung am Beispiel der Elektrifizierung

Strom

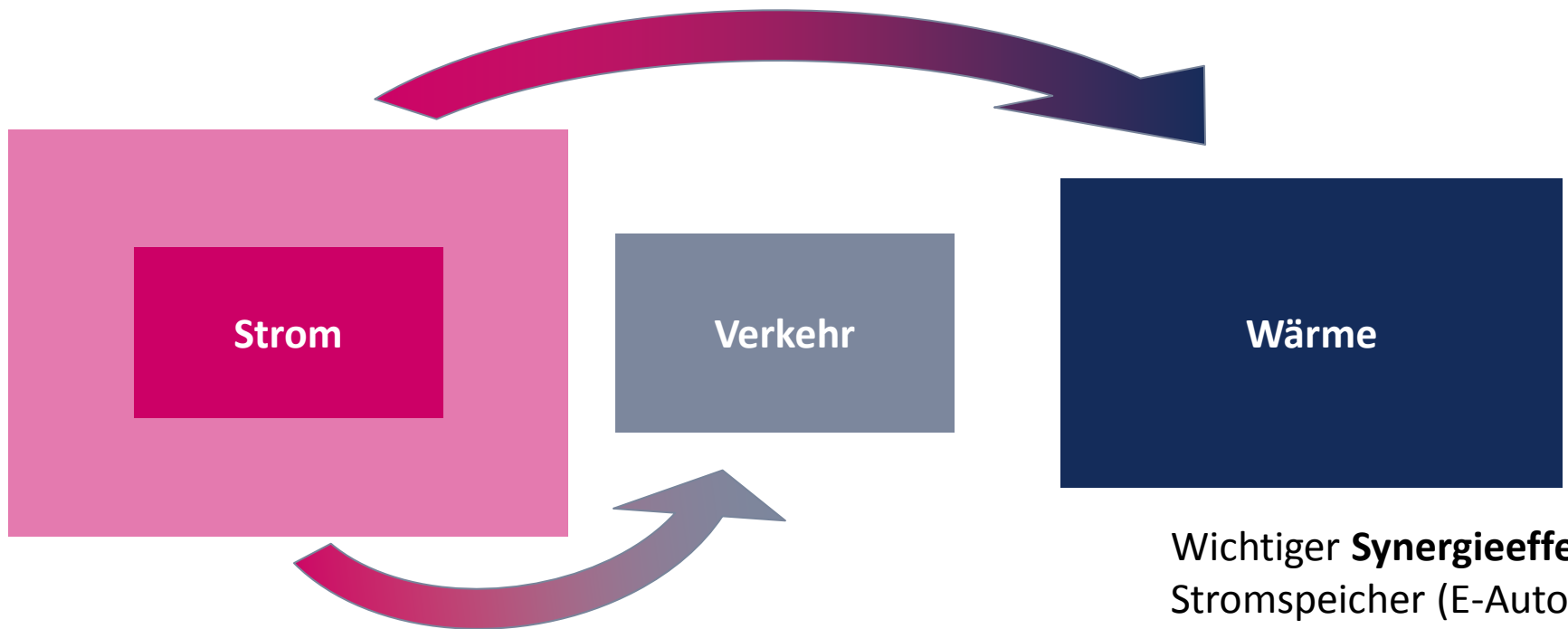
Verkehr

Wärme

Sektorkopplung am Beispiel der Elektrifizierung

Power-to-Heat (Wärmepumpen, Tauchsieder, ...)

Power-to-Product (bspw. Wasserstoff für Industrieprozesse)



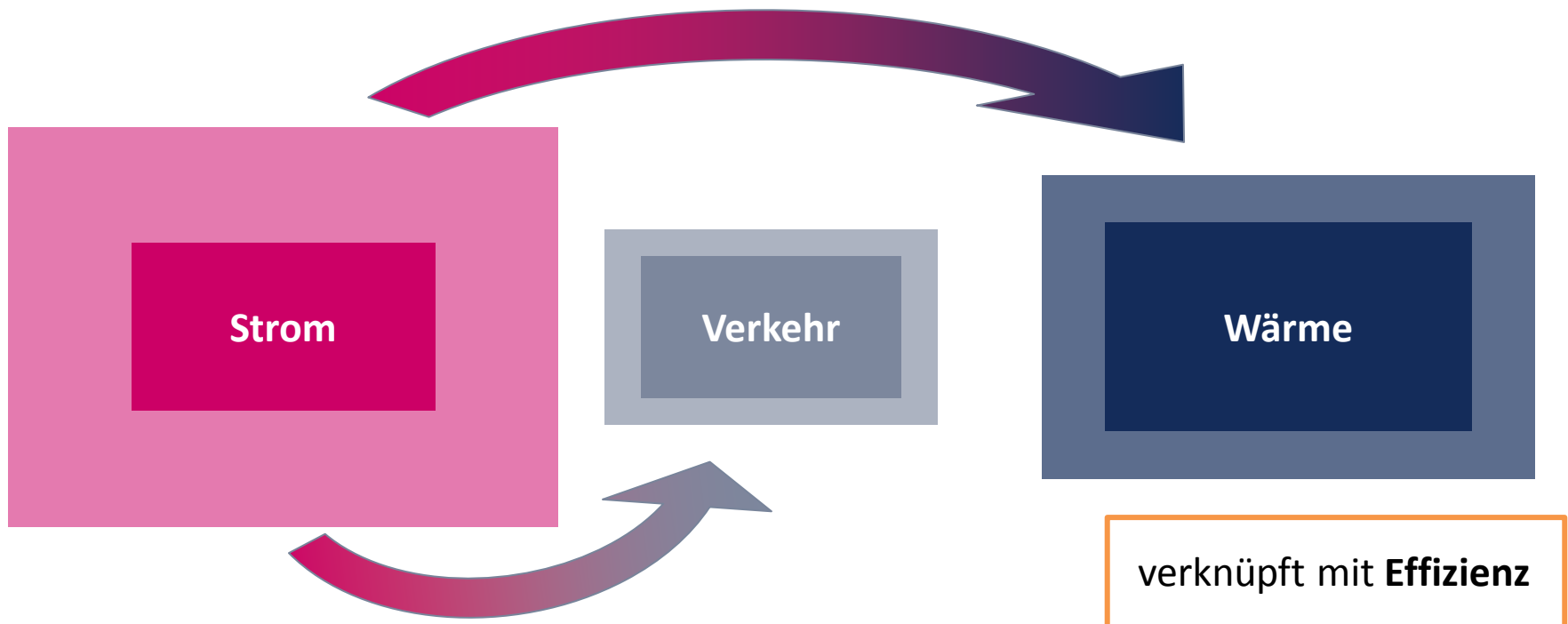
Elektromobilität, Schienenverkehr, Oberleitungs-LKWs

Wichtiger **Synergieeffekt**:
Stromspeicher (E-Autos,
Wärmespeicher, ...)

Sektorkopplung am Beispiel der Elektrifizierung

Power-to-Heat (Wärmepumpen, Tauchsieder, ...)

Power-to-Product (bspw. Wasserstoff für Industrieprozesse)



Elektromobilität, Schienenverkehr, Oberleitungs-LKWs

Beispiele für mögliche technologische Optionen

	Niedertem- Temp.-Wärme	Prozesswärme	Origin. Stromanw.	Verkehr
Direkte Elektrifizierung	Power-to-Heat (Wärmepumpen , Tauchsieder, Elektrodenkessel)	Power-to-Heat, Power-to- Product		E-Mobilität , Schienenverkehr, Oberleitungs- LKWs, ...
Indirekte Elektrifizierung	Power-to-Fuels , Power-to-Gas (lokal /KWK)	Power-to-Fuels , Power-to-Gas	Speicher	Power-to-Fuels , Power-to-Gas
Wasserstoff	Verbrennung (lokal /KWK)	Verbrennung	Speicher	Brennstoffzellen- Fahrzeuge
Sonstige	Biomasse/Biogas, Geothermie, Solarthermie	Biomasse	Biomasse-, Biogaskraftwerke	Biomasse f. Flug- & Schiffsverkehr, Biodiesel, ...

Herausforderungen der Sektorkopplung

Technologisch

- CO₂-Emissionen können durch Elektrifizierung nur bei **entsprechenden Strommix** gesenkt werden (fossiler Anteil im Stromsektor derzeit noch bei > 50 %)
- Einige Technologien bereits verfügbar und effizient (Wärmepumpe, Tauchsieder), andere in der Entwicklung fortgeschritten (E-Mobilität), viele aber noch teuer, nicht effizient oder es besteht noch erheblicher Forschungsbedarf (Power-to-Gas, Power-to-Product)



Herausforderungen der Sektorkopplung

Rahmenbedingungen

- Neue Technologien und Anwendungen benötigen neue oder angepasste **Infrastrukturen** (z.B. Ladesäulen, H₂-Infrastruktur, Oberleitungen, etc.). Die Politik muss hierfür die Rahmenbedingungen schaffen.
- Derzeit: unterschiedliche Märkte und Infrastrukturen für unterschiedliche Energieträger. Anpassungen in Abgabe- und Umlagesystemen sind notwendig, um Sektorkopplung zu ermöglichen (Bsp.: EEG-Umlage und Power-to-Heat-Technologien).
→ Ziel: Schaffung eines „**Level-Playing-Field**“
- **Business-Cases** für Lösungen wie Power-to-Heat müssen entwickelt werden
- Umstellungen auch bei **Verbrauchern**: Akzeptanz und Nutzung neuer Technologien und Infrastrukturen



Fazit

- Die Energiewende ist auf dem Weg. Allerdings werden beim derzeitigem Trend, d.h. ohne „disruptive“ Veränderungen, die meisten Ziele nicht erreicht (z.B. CO₂-Emissionen, Anteil EE bei Gesamtenergie).
- Für das Gelingen der Energiewende ist nicht die Betrachtung einzelner Bereiche, sondern nur die **Optimierung des Gesamtsystems** entscheidend.
- Eine verstärkte **Kopplung der Sektoren Strom, Wärme und Verkehr** ist unbedingt erforderlich, um **Synergieeffekte** zu nutzen, Effizienzpotenziale zu heben und erneuerbare Energien im gesamten Energiesystem einzusetzen.
- Die Politik muss die **Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche Sektorkopplung** schaffen.
- Wir müssen jetzt mit Sektorkopplung anfangen, wenn wir 2050 mit unserer Energiewende erfolgreich sein wollen.