
»Sektorkopplung«: Optionen für die nächste Phase der Energiewende



Hans-Martin Henning

Fraunhofer-Institut für Solare
Energiesysteme ISE, Freiburg

*DGMK / Forschungszentrum Jülich
Workshop »Zukünftige Energie- und
Rohstoffversorgung: Visionen,
Chancen und Rahmenbedingungen«*

5. September 2018
Universitätsclub Bonn

Inhaltsübersicht

Einführung – Ziele, Hintergrund, Methodik

Ergebnisse

Zusammenfassung, Fazit

Inhaltsübersicht

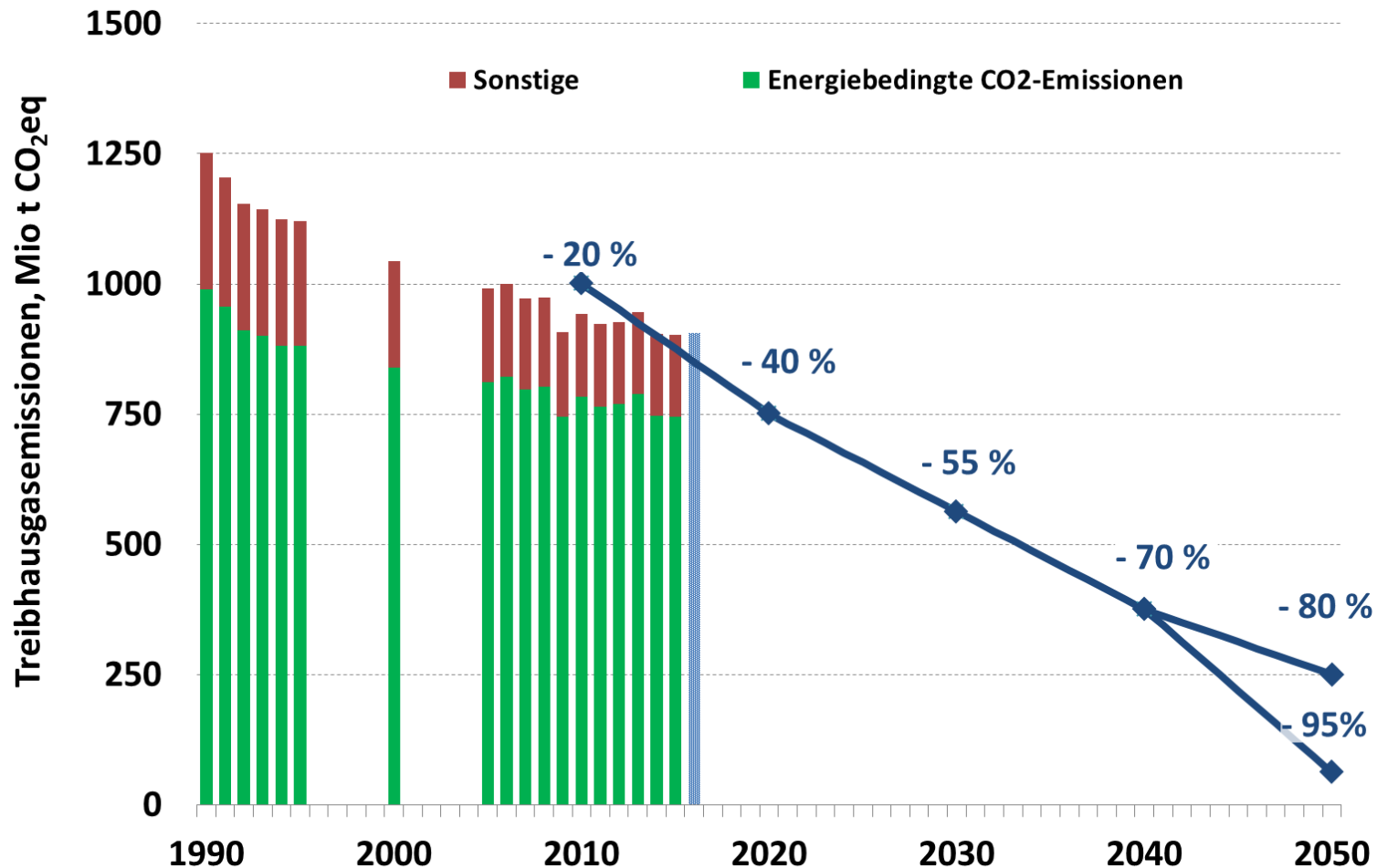
Einführung – Ziele, Hintergrund, Methodik

Ergebnisse

Zusammenfassung, Fazit

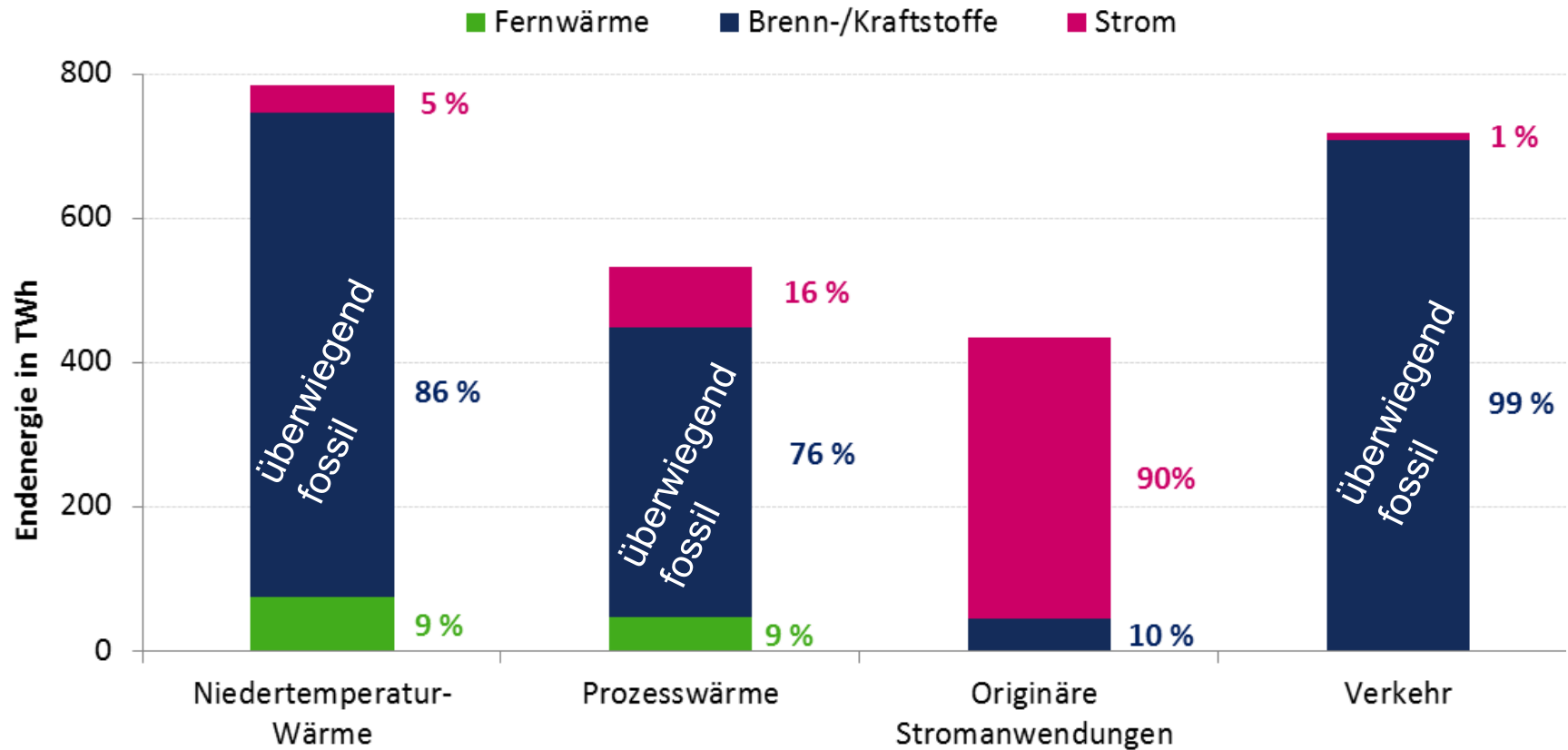
Treibhausgasemissionen Deutschland

Historische Entwicklung und Ziele



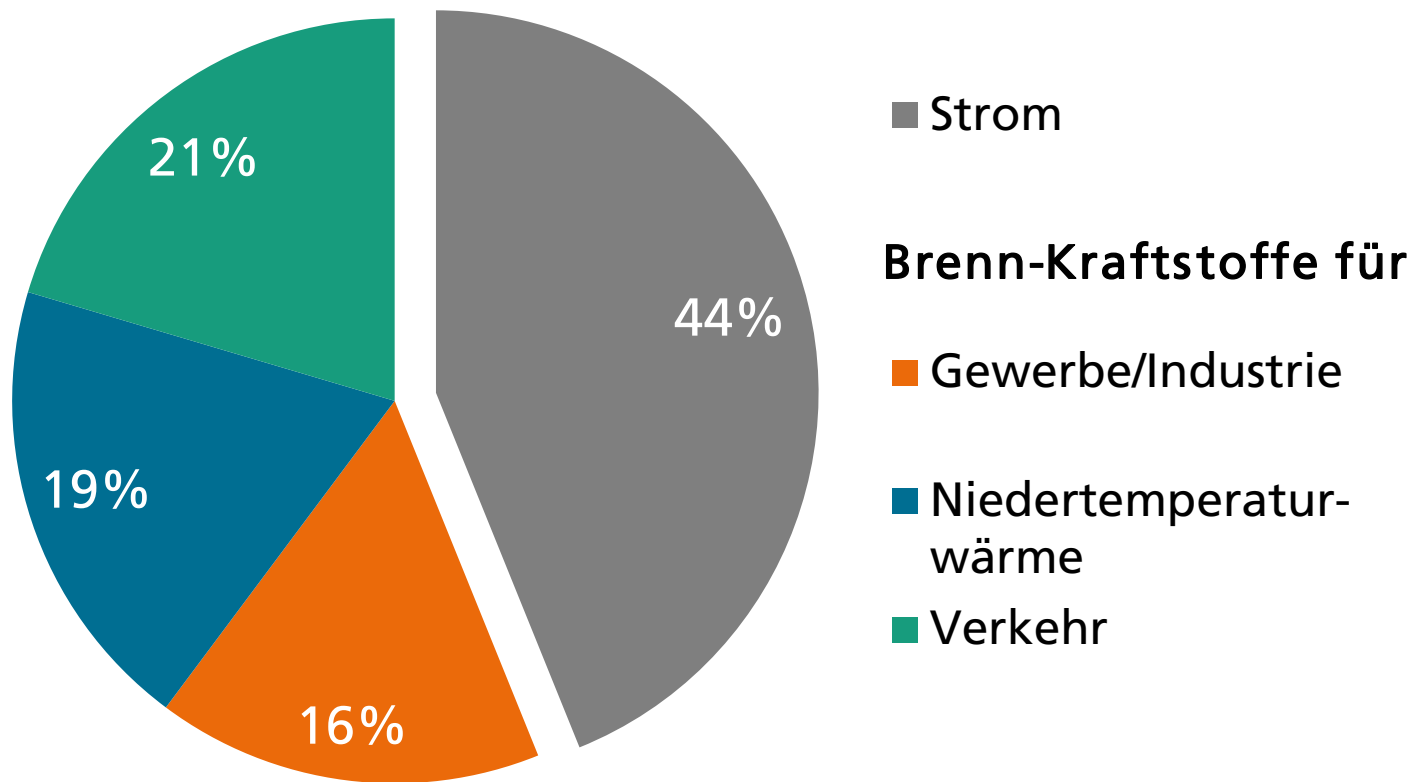
Endenergie Deutschland

Zusammensetzung Endenergie in den vier Nutzungsbereichen



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

Energiebedingte CO₂-Emissionen – Deutschland

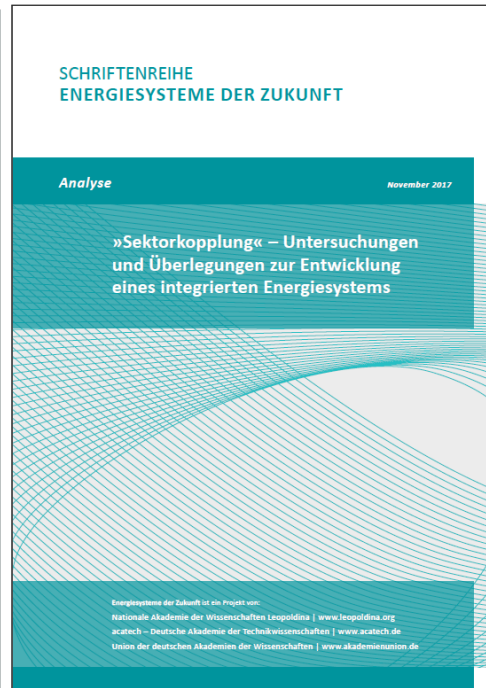
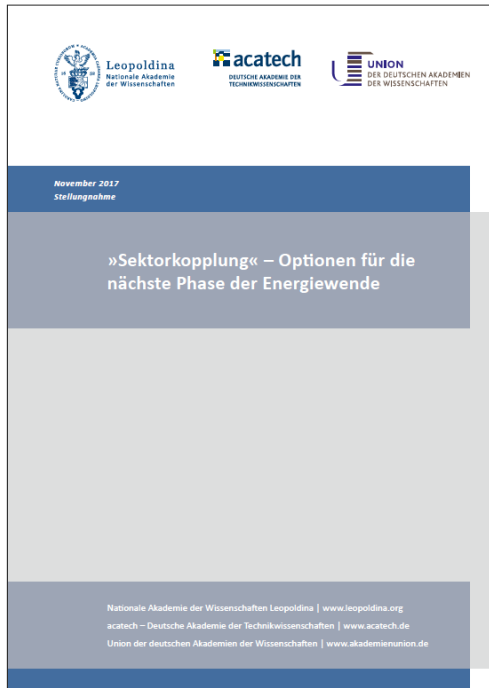


ESYS-Arbeitsgruppe

Sektorkopplung



Leopoldina
Nationale Akademie
der Wissenschaften



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/>

Arbeitsweise der ESYS Arbeitsgruppe »Sektorkopplung«

- Interdisziplinärer Ansatz: rund 30 Wissenschaftler/innen aus FuE-Einrichtungen und Industrie
 - Naturwissenschaft
 - Ingenieurwissenschaft
 - Ökonomie
 - Sozialwissenschaft
- Drei Ansätze
 - Expertendiskussion (u.a. Bottom-Up Betrachtung der Einzelsektoren)
 - Vergleich relevanter Energieszenarien
 - Eigene Modellrechnungen

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

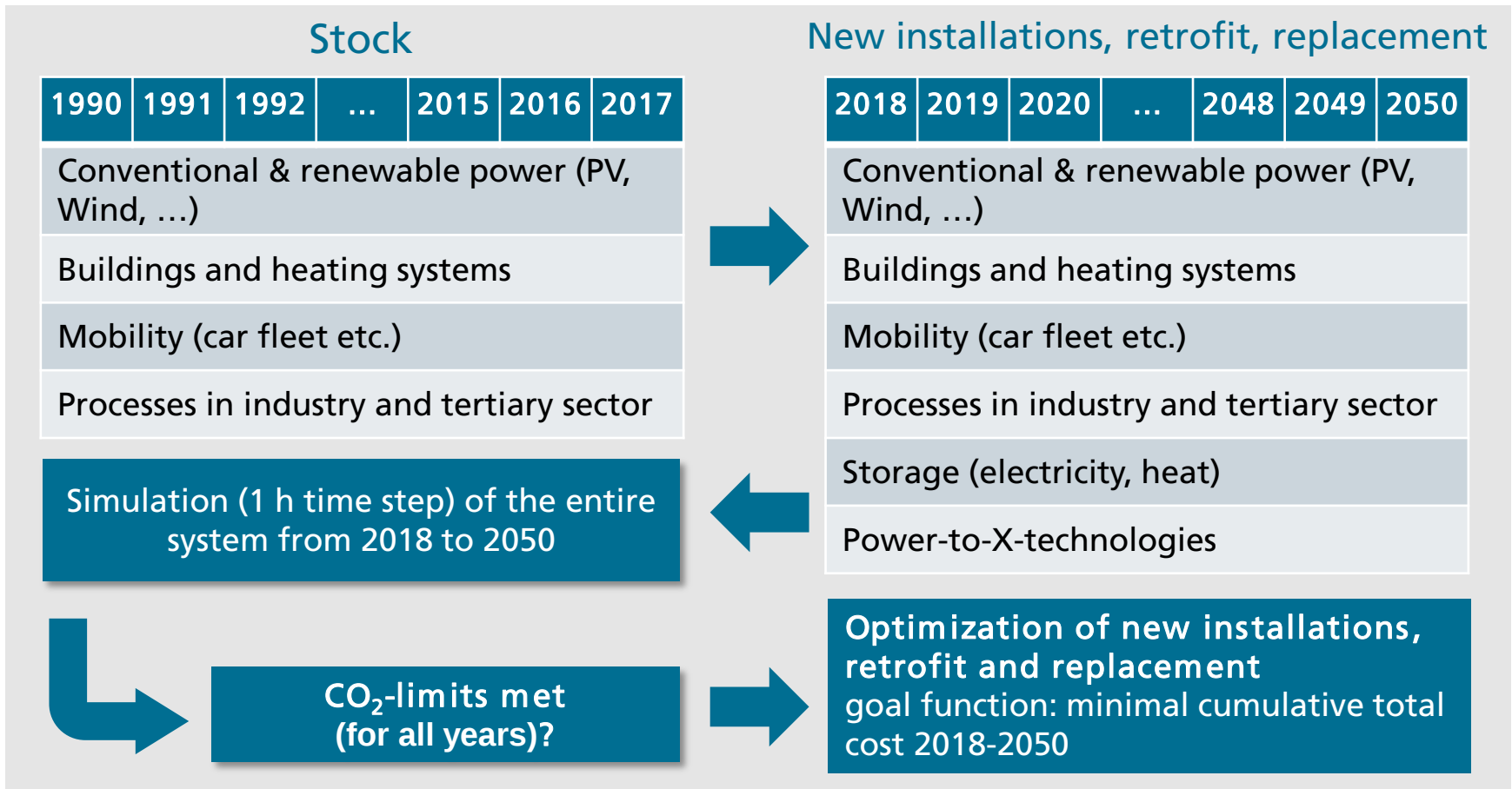
Einbeziehung aller
Verbrauchssektoren und
Energieträger →

Minimierung der
Transformationskosten →

Stundengenaue
Modellierung →



Methodik



Untersuchte Transformationspfade (Auswahl)

Scenario	CO ₂ goal	Major characteristics
No restrictions		☐ No limits for direct electricity use (e.g. heat pumps, transportation)
Hydrogen	Minus 85 % in 2050 (compared to 1990)	☐ Transportation with majority of hydrogen / fuel cell drive trains ☐ High fraction of H ₂ in gas network
Power-to-Gas Power-to-Liquid (P2G/P2L)		☐ Transportation with majority of fuel/methane based drive trains ☐ Building heating partly based on methane ☐ Good progress in efficiency in industry
High efficiency		☐ No limits for direct electricity use ☐ Good progress in implementing high efficiency technologies ☐ Good progress in reducing energy demand

Was kann ein derartiges Modell ...

- ...nicht beantworten?
 - So wird's kommen
 - Wie sehen Geschäftsmodelle für Marktteilnehmer aus
 - Wie funktioniert Preisbildung

- ...beantworten?
 - Wie kann aus ganzheitlicher systemtechnischer Perspektive eine konsistente Entwicklung von Gesamtsystemen aussehen?
 - Welche systemischen Gesamtkosten sind damit verknüpft?

Inhaltsübersicht

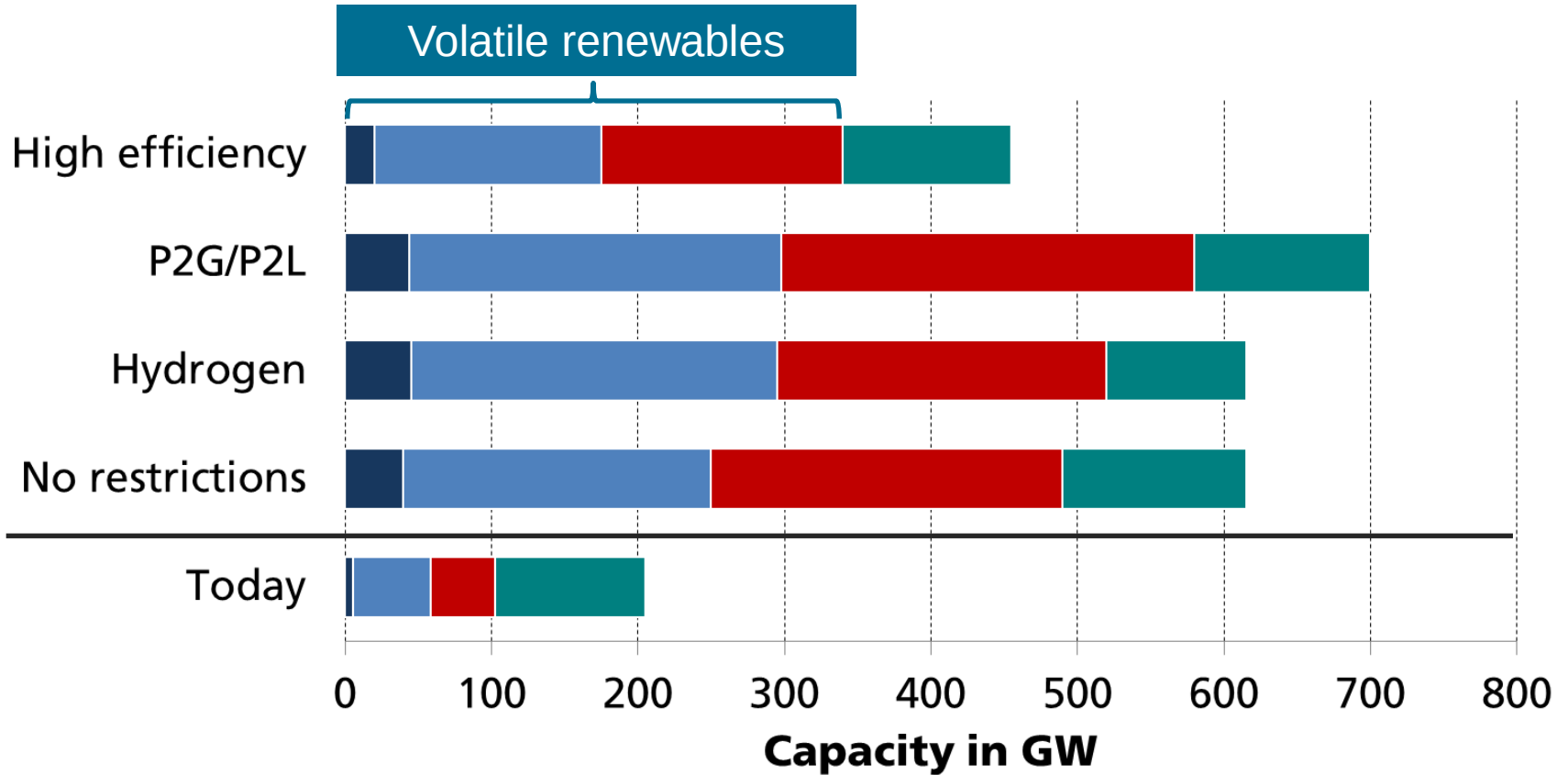
Einführung – Ziele, Hintergrund, Methodik

Ergebnisse

Zusammenfassung, Fazit

Electricity generation

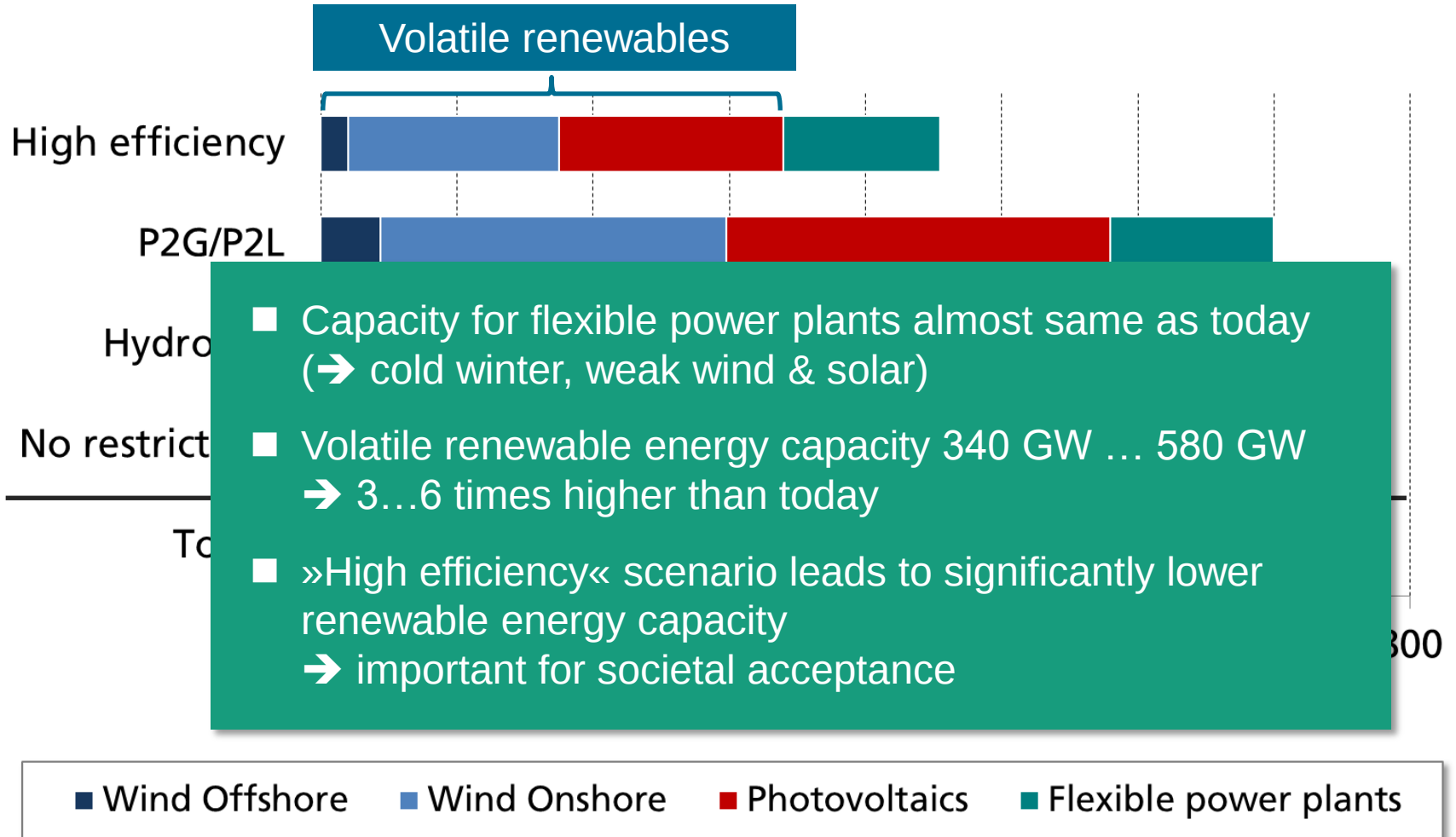
Installed capacity in GW in 2050 and today



■ Wind Offshore ■ Wind Onshore ■ Photovoltaics ■ Flexible power plants

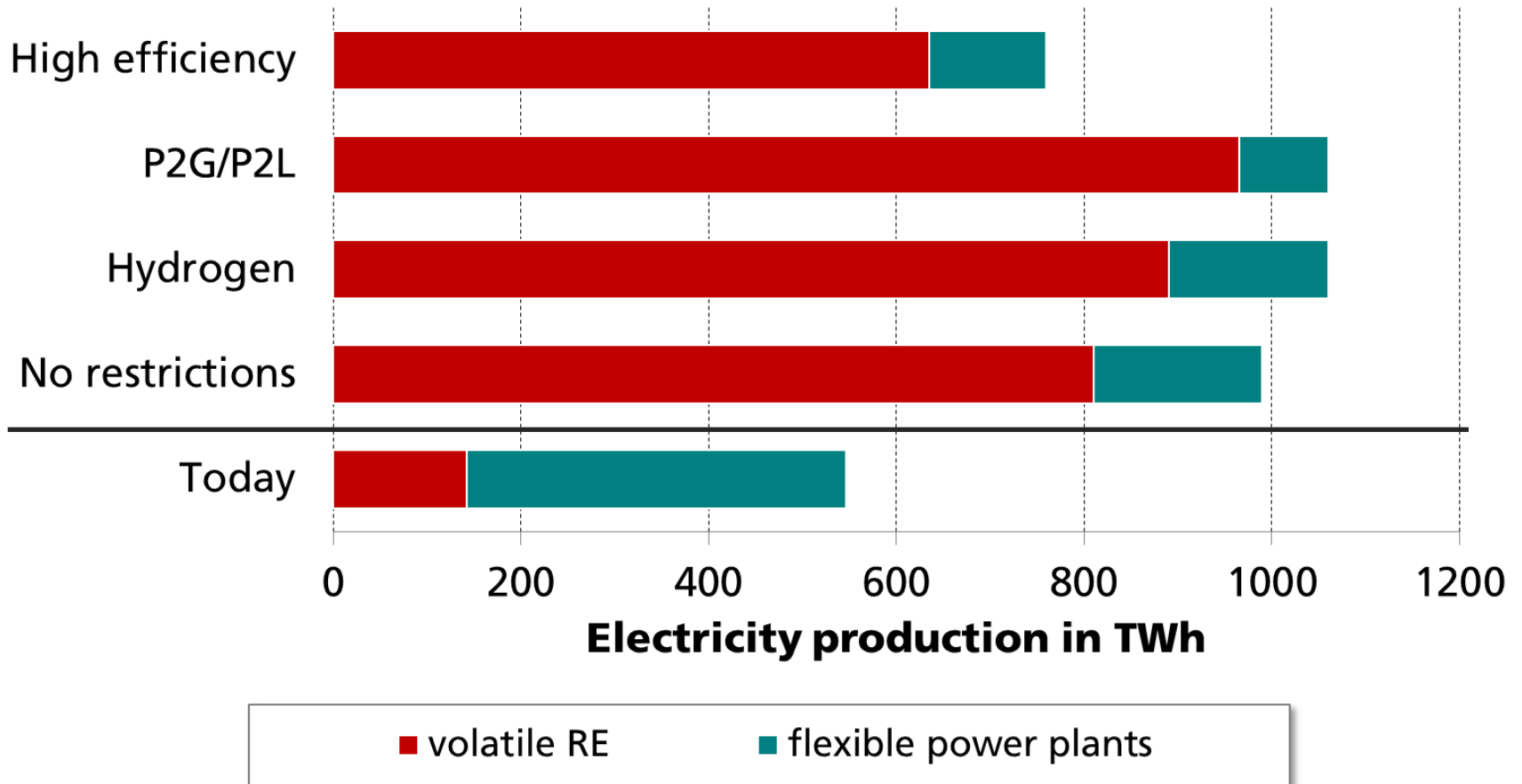
Electricity generation

Installed capacity in GW in 2050 and today



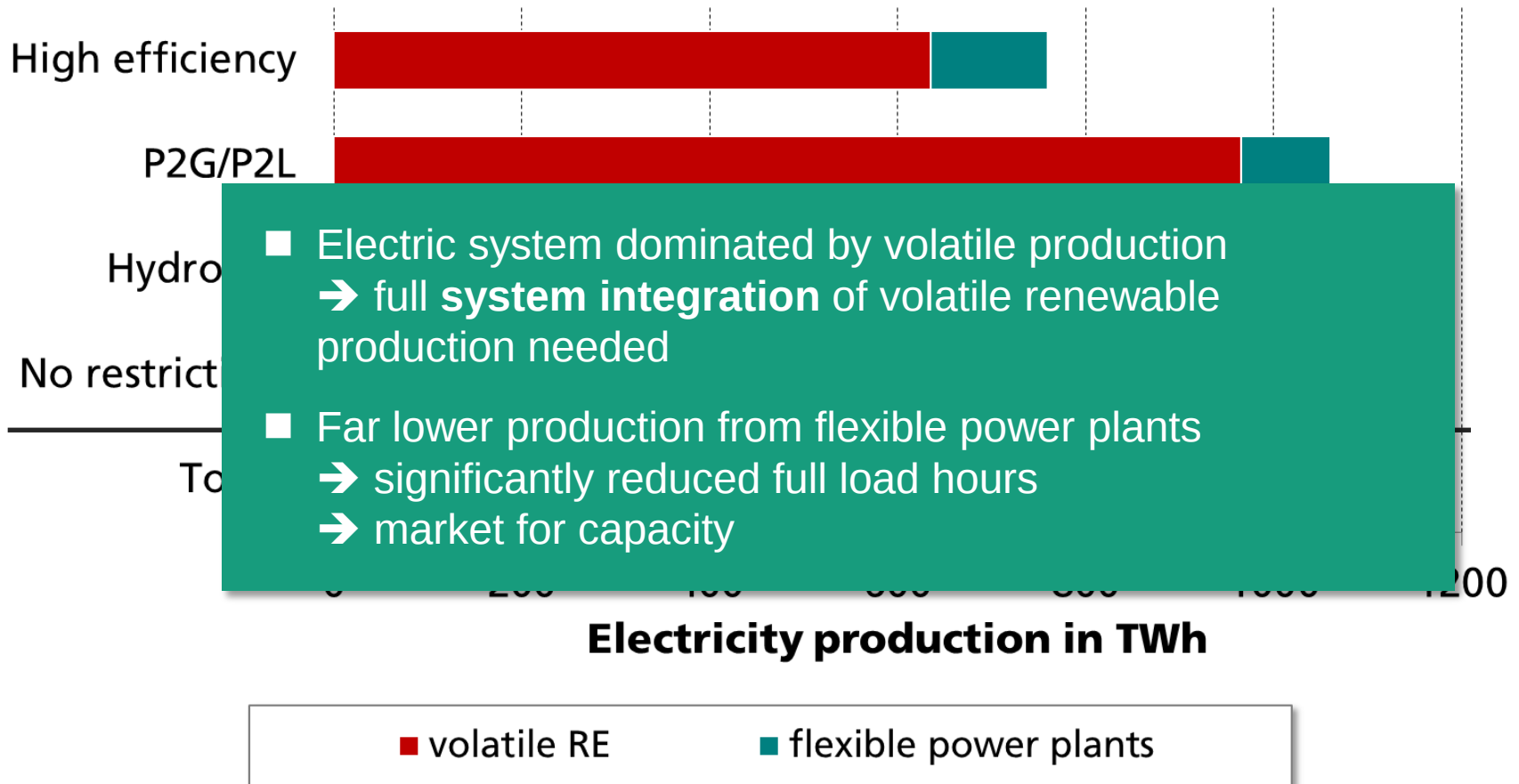
Electricity generation

Annual energy in TWh in 2050 and today



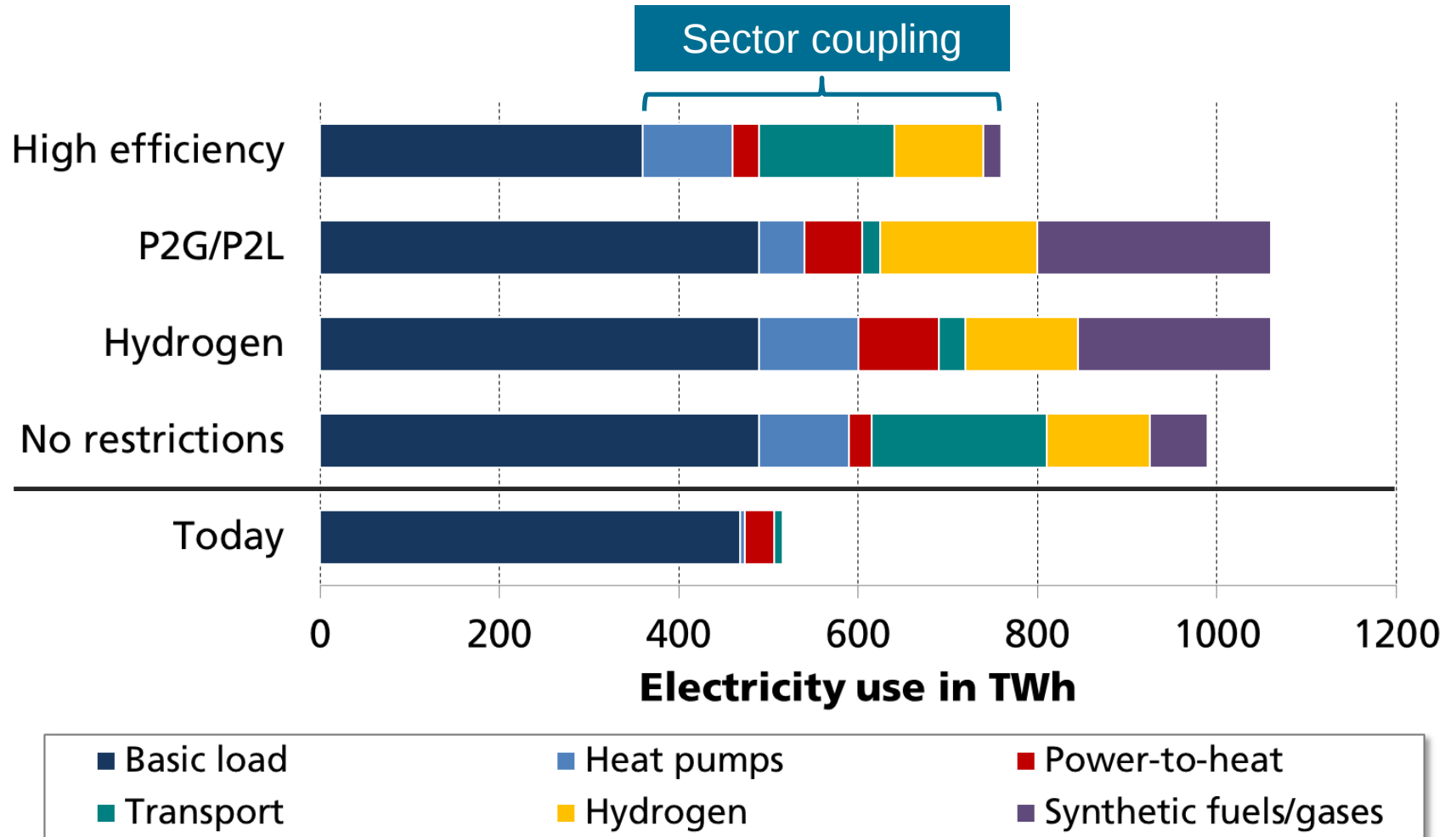
Electricity generation

Annual energy in TWh in 2050 and today



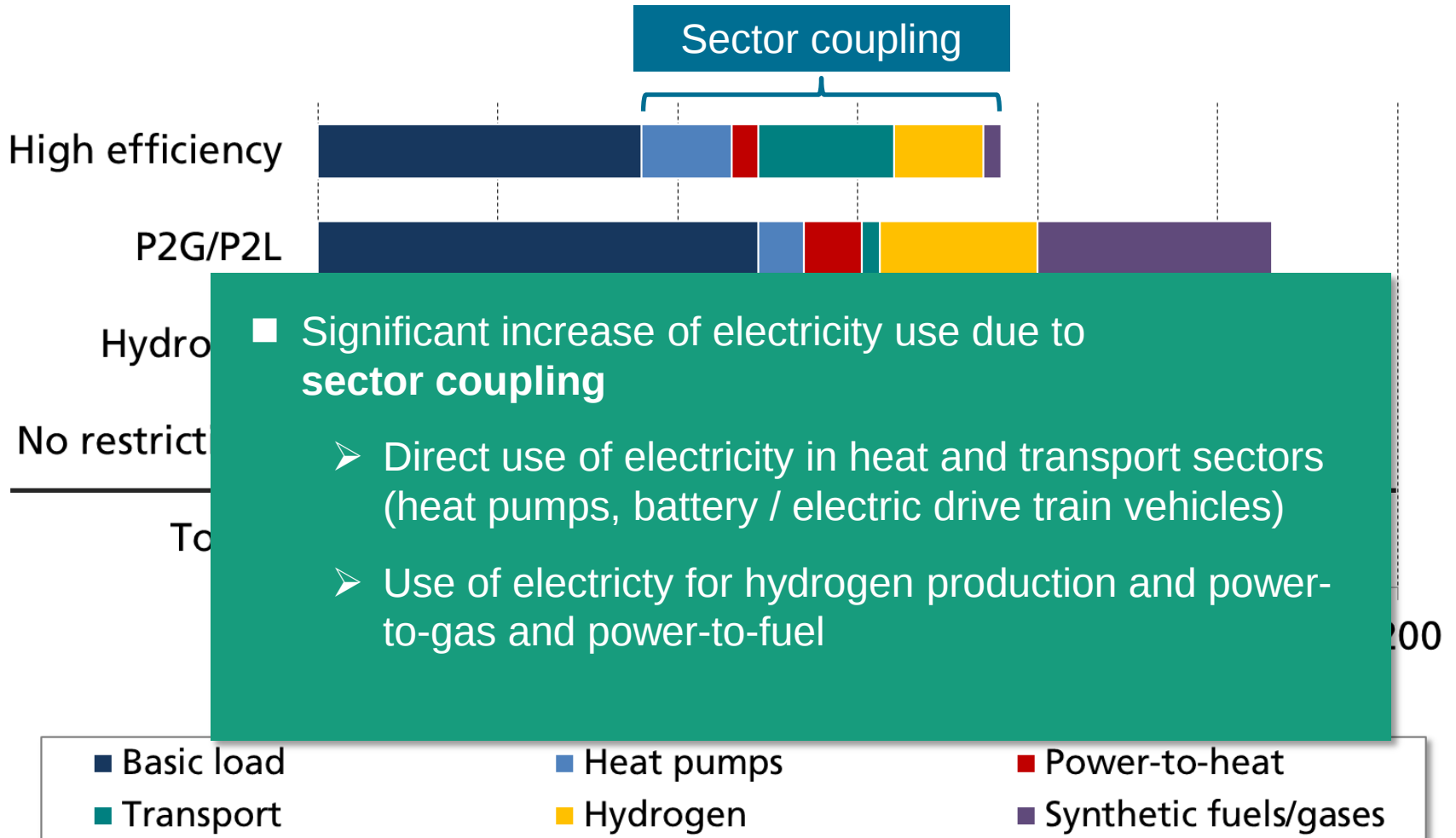
Electricity use

Annual energy in TWh in 2050 and today



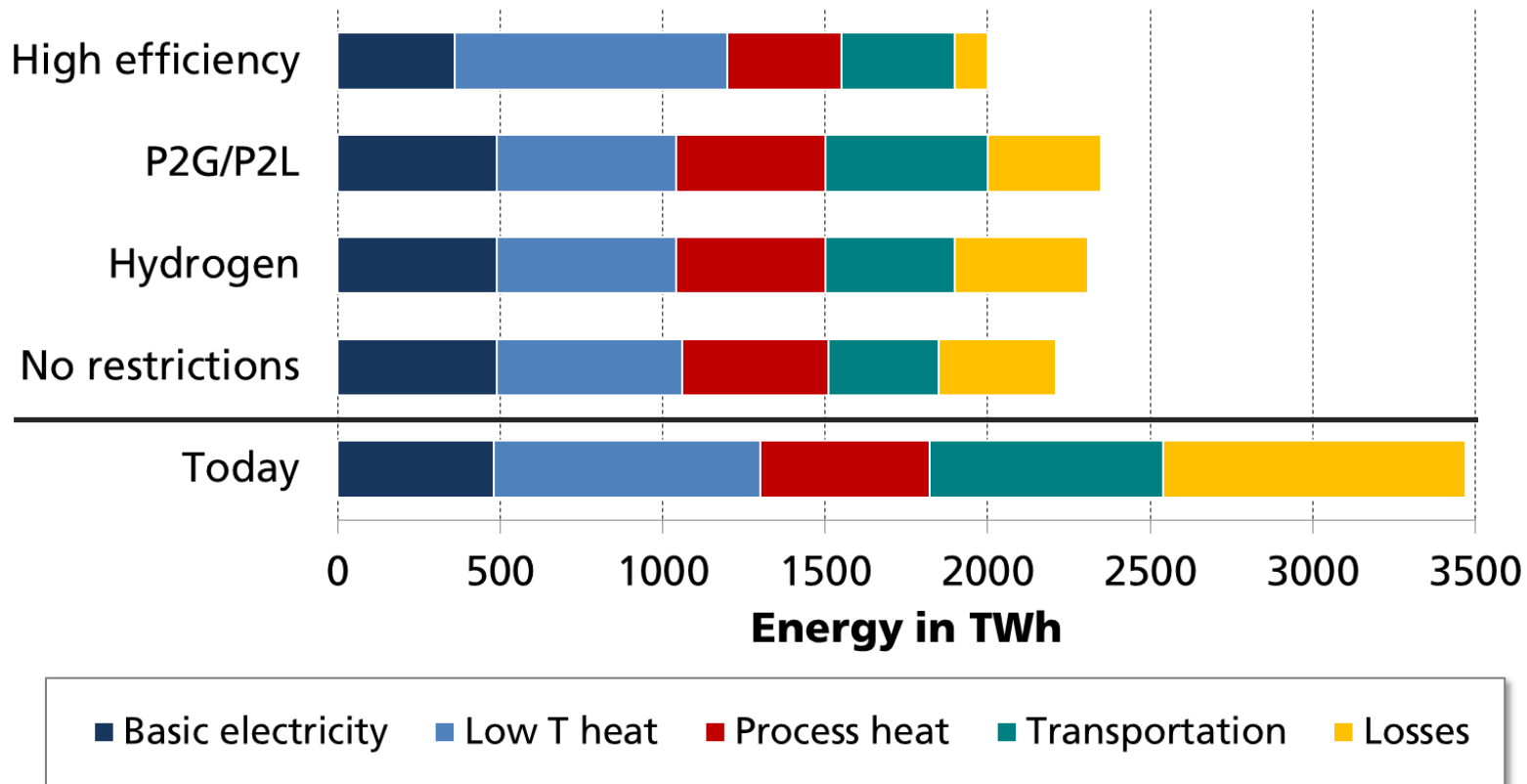
Electricity use

Annual energy in TWh in 2050 and today



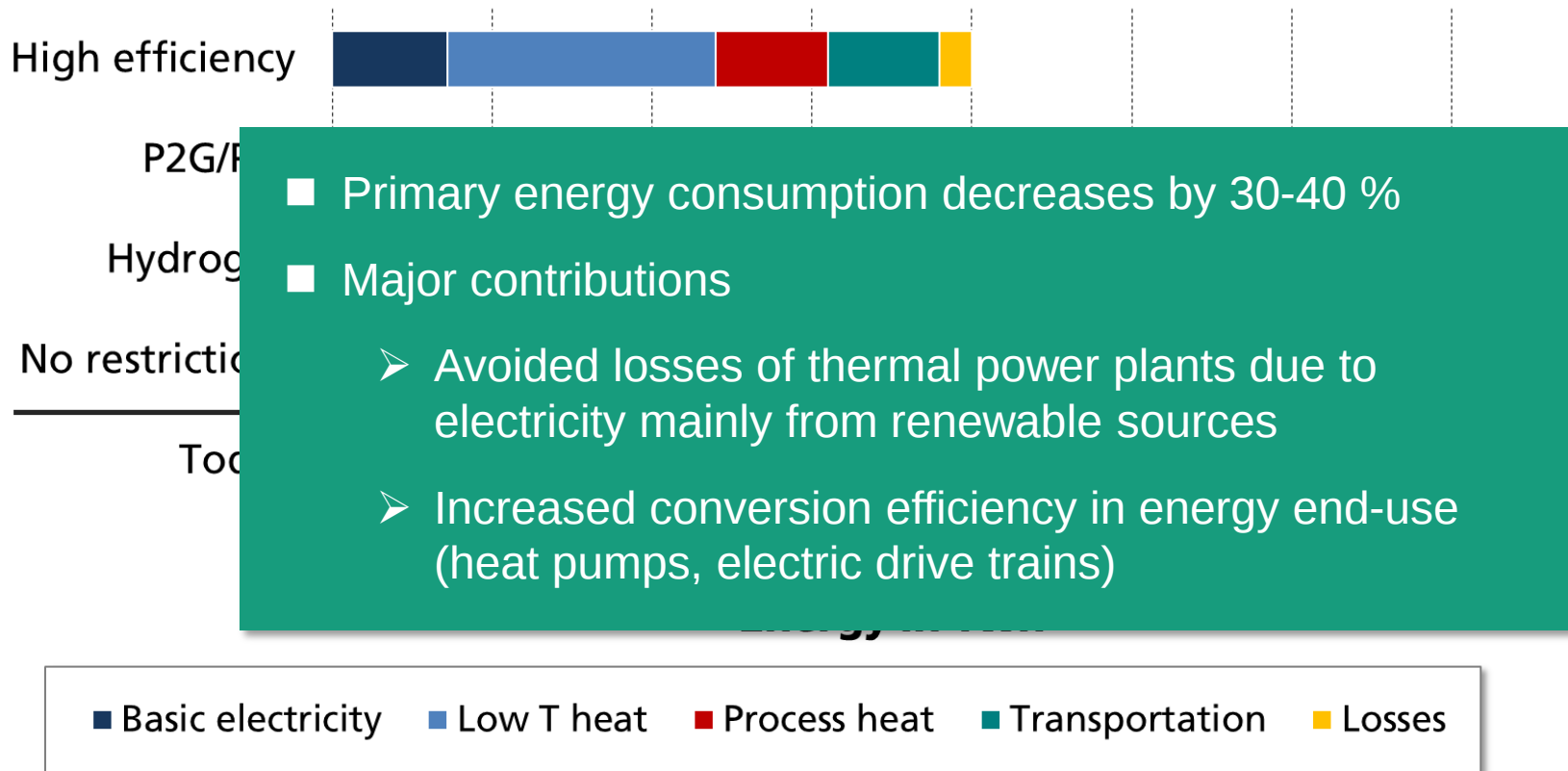
Primary energy and final energy

Annual energy in TWh in 2050 and today



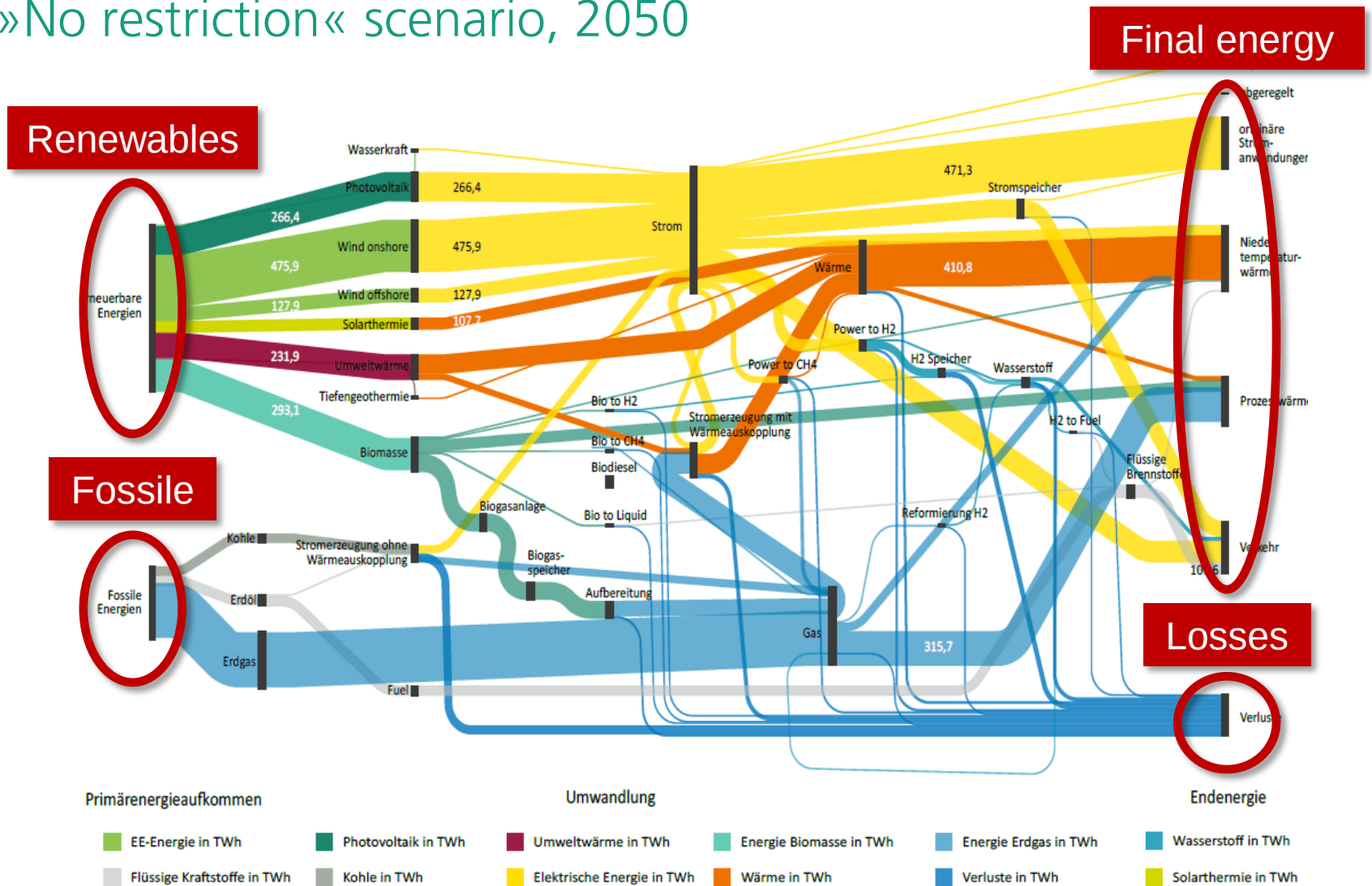
Primary energy and final energy

Annual energy in TWh in 2050 and today



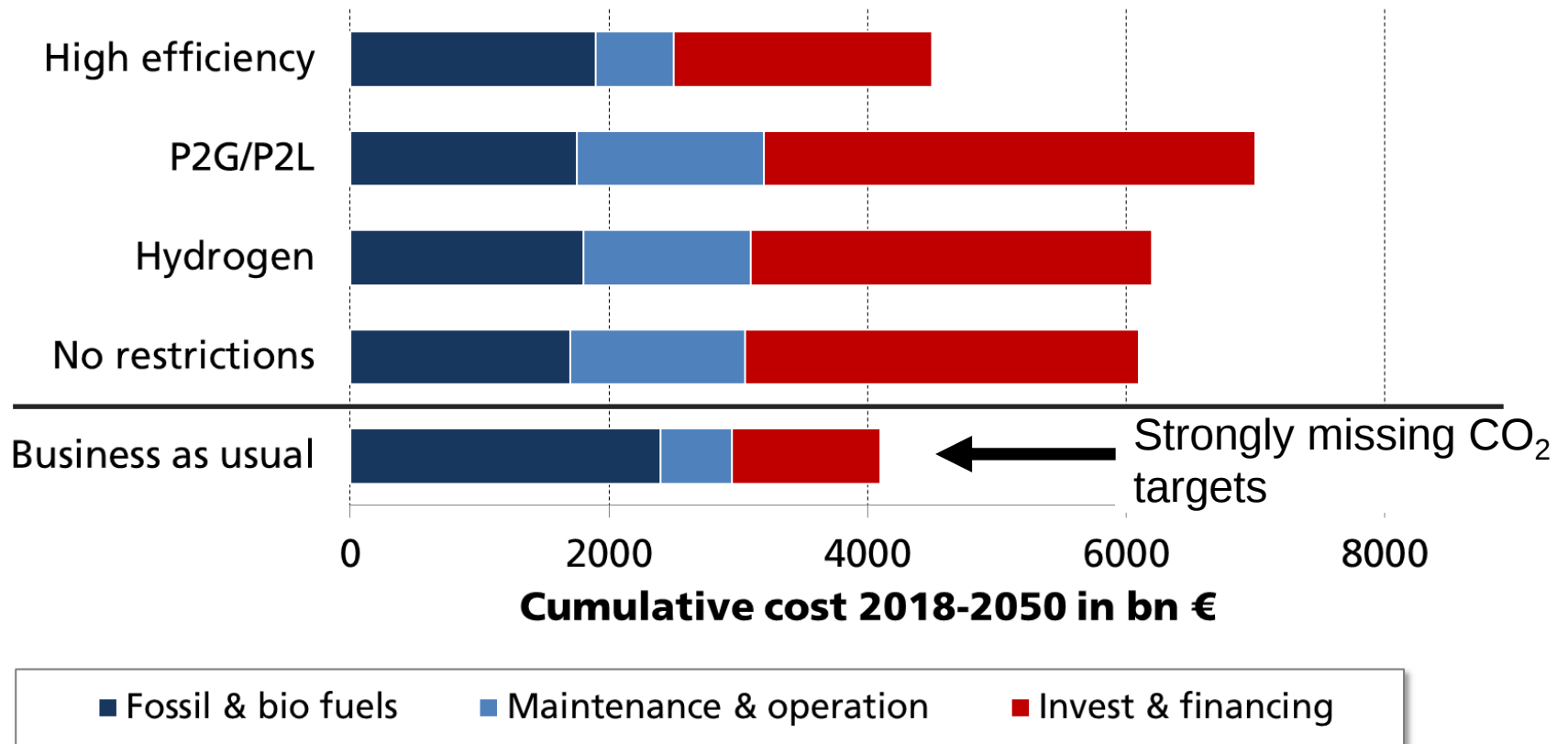
Energy flow chart

»No restriction« scenario, 2050



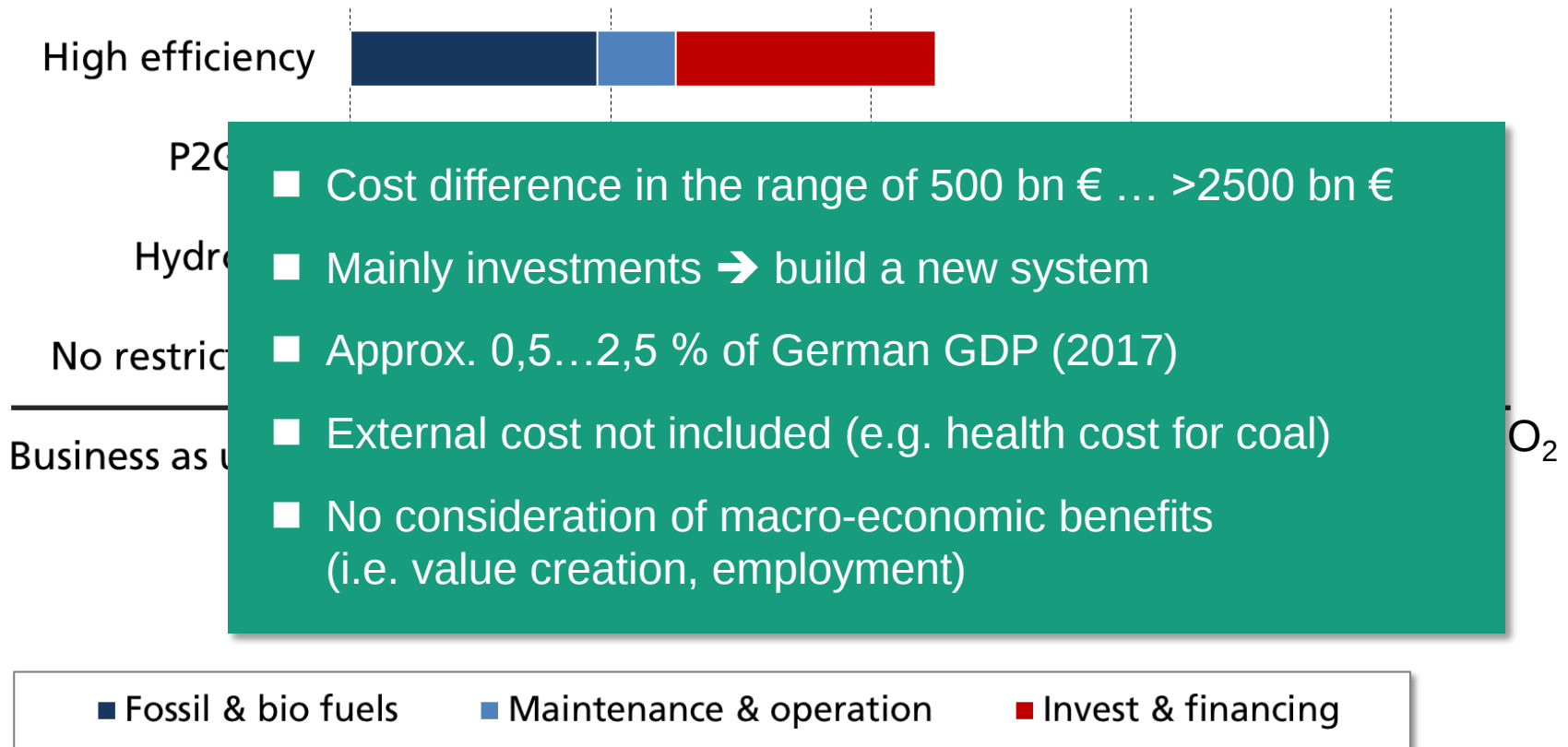
Cost

Cumulative total energy system cost until 2050 in billion €



Cost

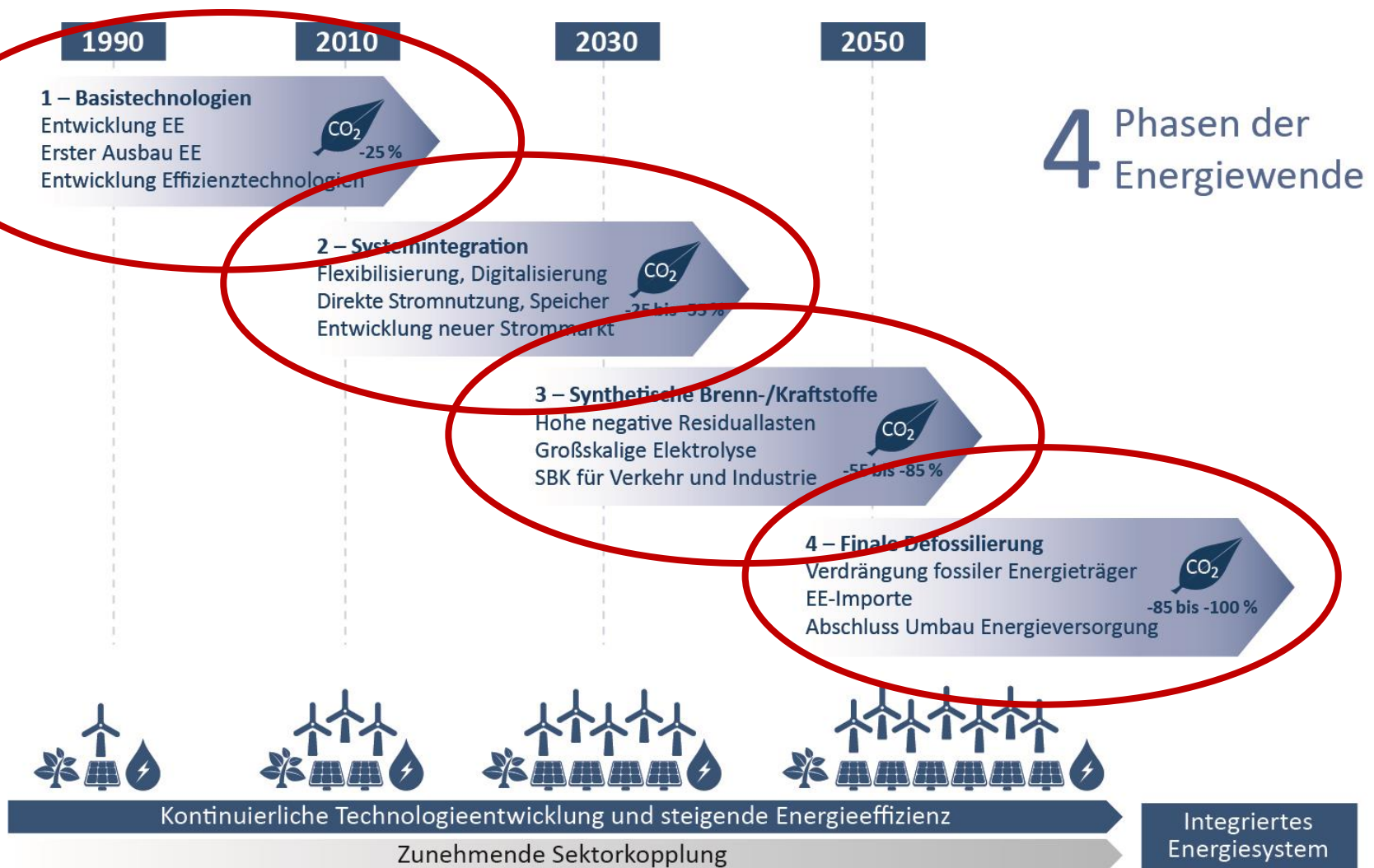
Cumulative total energy system cost until 2050 in billion €



Intermediate conclusions

- Transformation of energy systems in line with GHG emission reduction targets seems in principle technically feasible
- Renewable energies (in particular solar and wind) become dominant
- Importance of electric energy increases → two times more
- Coupling of sectors → electricity use (directly, indirectly) for heat and mobility
- Short term storage and use of flexibilization options (e.g. load shifting)
- Large scale conversion of renewable electricity into synthetic energy carriers (hydrogen, liquids, chemicals, methane)
- Efficiency and limitation of consumption essential: far lower cost and lower needed capacity for wind and solar → societal acceptance
- New system cost competitive on the long run, i.e. once major investments have been made and the system transformation has been completed

Phasen der Systemtransformation



Inhaltsübersicht

Einführung – Ziele, Hintergrund, Methodik

Ergebnisse

Zusammenfassung, Fazit

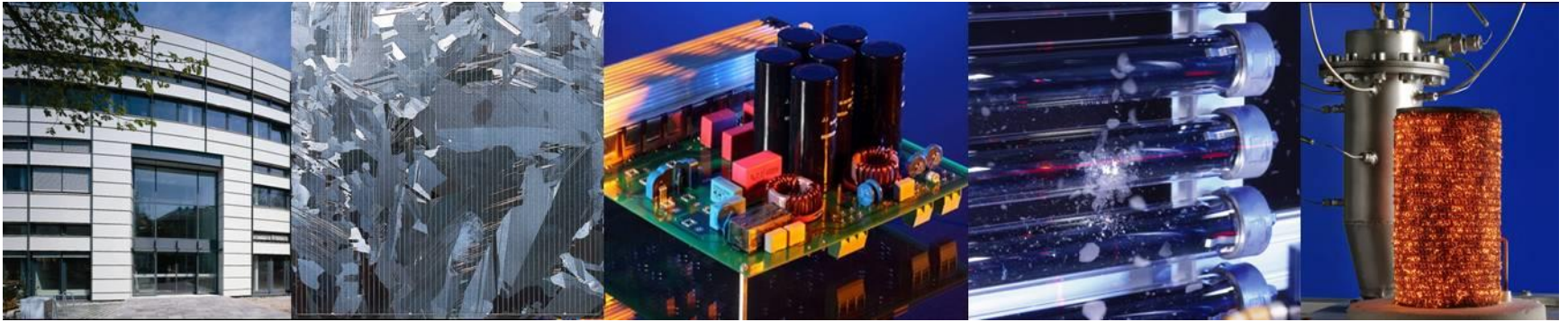
Fazit im Hinblick auf Brenn-/Kraftstoffe

- Erdgas spielt in allen betrachteten Entwicklungen eine zentrale Rolle; Im Zuge des Umbaus der Energieversorgung steigt die Bedeutung von Erdgas sogar gegenüber heute
- 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

Fazit insgesamt

- Die **Klimaschutzziele** sind nur durch eine deutlich zunehmende **Kopplung der Sektoren** (Strom, Wärme, Verkehr) erreichbar
- Wachsende Bedeutung von **Strom**
- Starker **Ausbau erneuerbarer Energien** notwendig
- Umfassende Erschließung der **Nutzung von Flexibilitäten** (flexible Kraftwerke, Lastmanagement, Kurzzeitspeicher) in der nächsten Phase der Energiewende → Systemintegration der (volatilen) EE
- Wichtige Elemente für **Weiterentwicklung des Marktrahmens**
 - Einheitlicher, wirksamer **Preis für CO₂-Emissionen** – über alle Sektoren und Energieträger
 - Aufbrechen Sektor-spezifischer Regulierungen
 - **Variable Strompreise**, um Flexibilitäten anzureizen

...vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Fraunhofer-Institut für Solare Energiesystems ISE

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