

WEGE ZU EINEM KLIMANEUTRALEN ENERGIESYSTEM

Die deutsche Energiewende im Kontext gesellschaftlicher Verhaltensweisen



Prof. Dr. Hans-Martin Henning, Dr. Andreas Bett

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Berlin, 13. Februar 2020

www.ise.fraunhofer.de

Motivation und Einführung

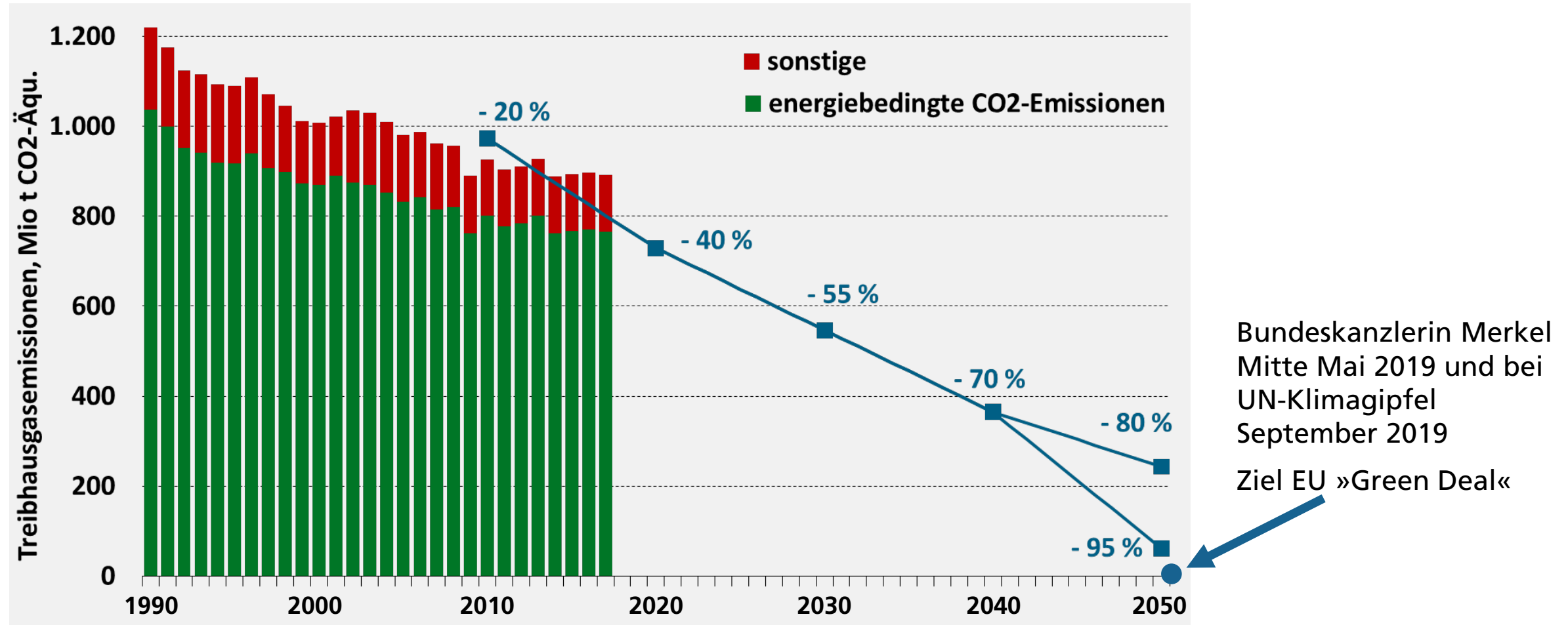
Systemanalyse – Methodik

Systemanalyse – Ergebnisse

Fazit

Motivation

Treibhausgasemissionen Deutschland – Historie und Ziele



Motivation und Einführung

Systemanalyse – Methodik

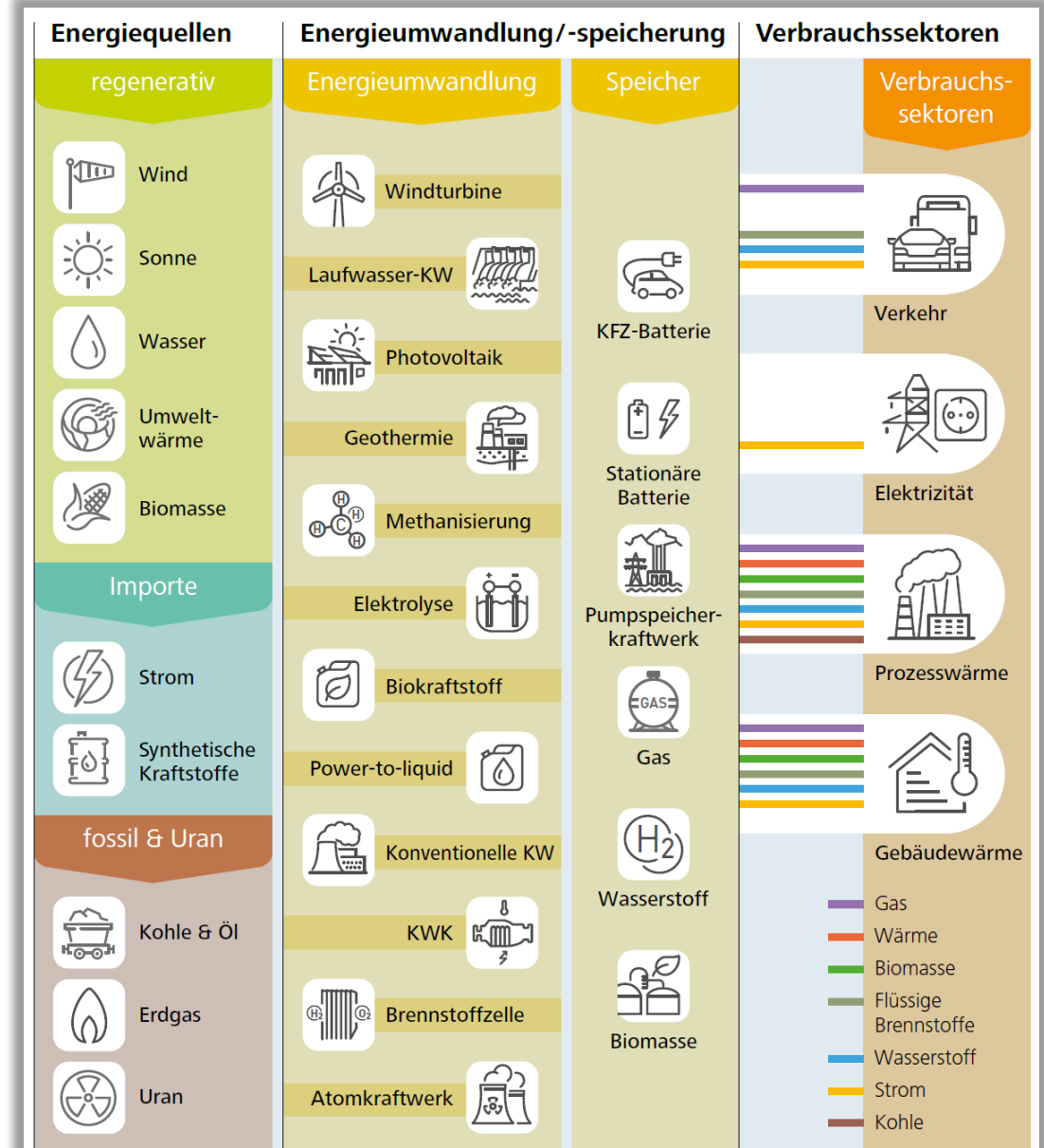
Systemanalyse – Ergebnisse

Fazit

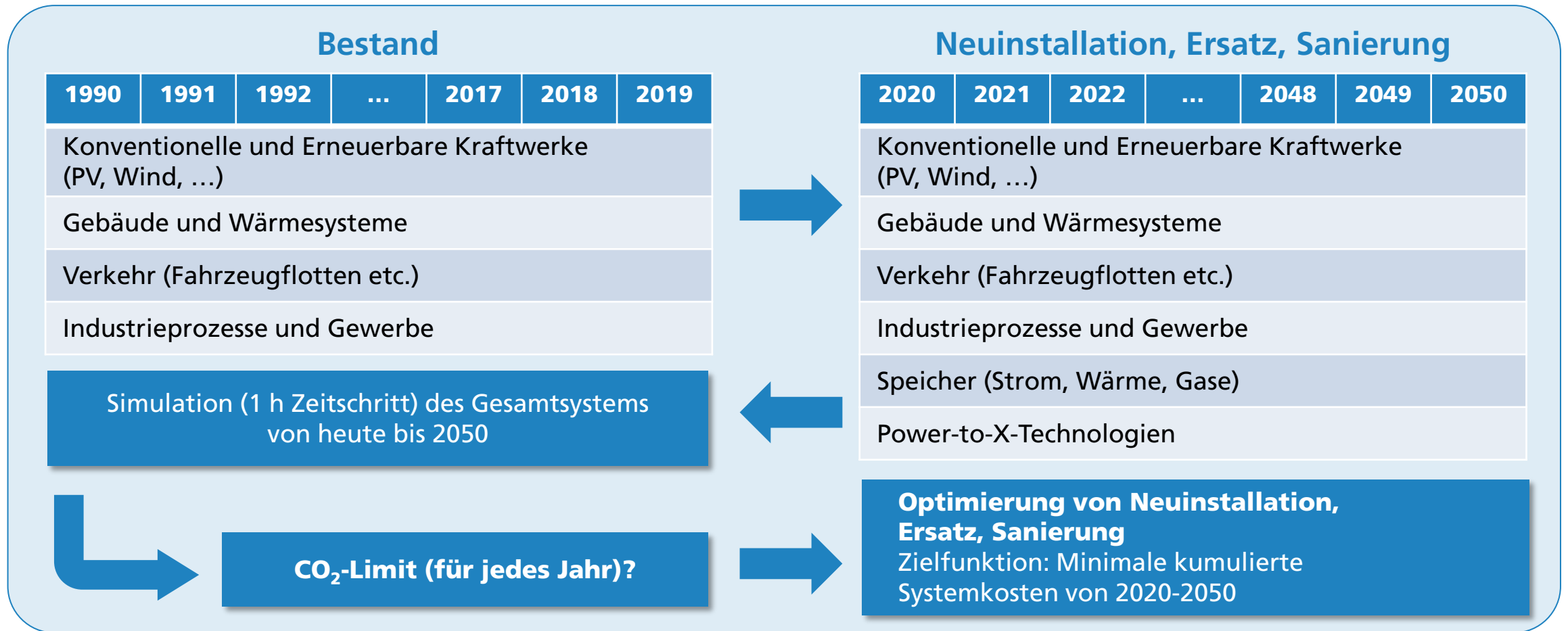
Systemanalyse – Methodik

Regenerative Energien Modell REMod

- **Modell zur Simulation und Optimierung der Entwicklung nationaler Energiesysteme**
 - Einbeziehung aller Verbrauchssektoren und Energieträger
 - Minimierung der Transformationskosten
 - Stundengenaue Modellierung

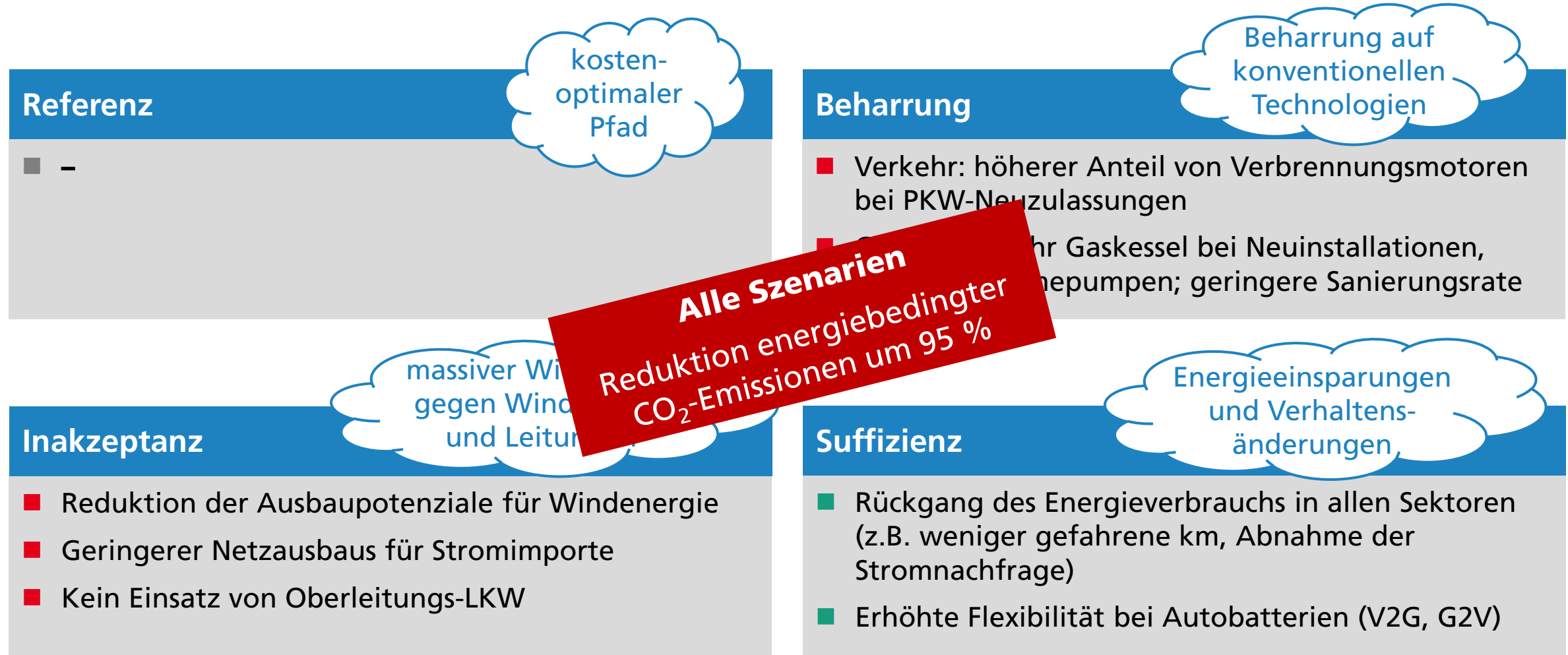


Systemanalyse – Methodik



Systemanalyse – Methodik

Annahmen für die vier Energiewelten/Szenarien



Inhalt

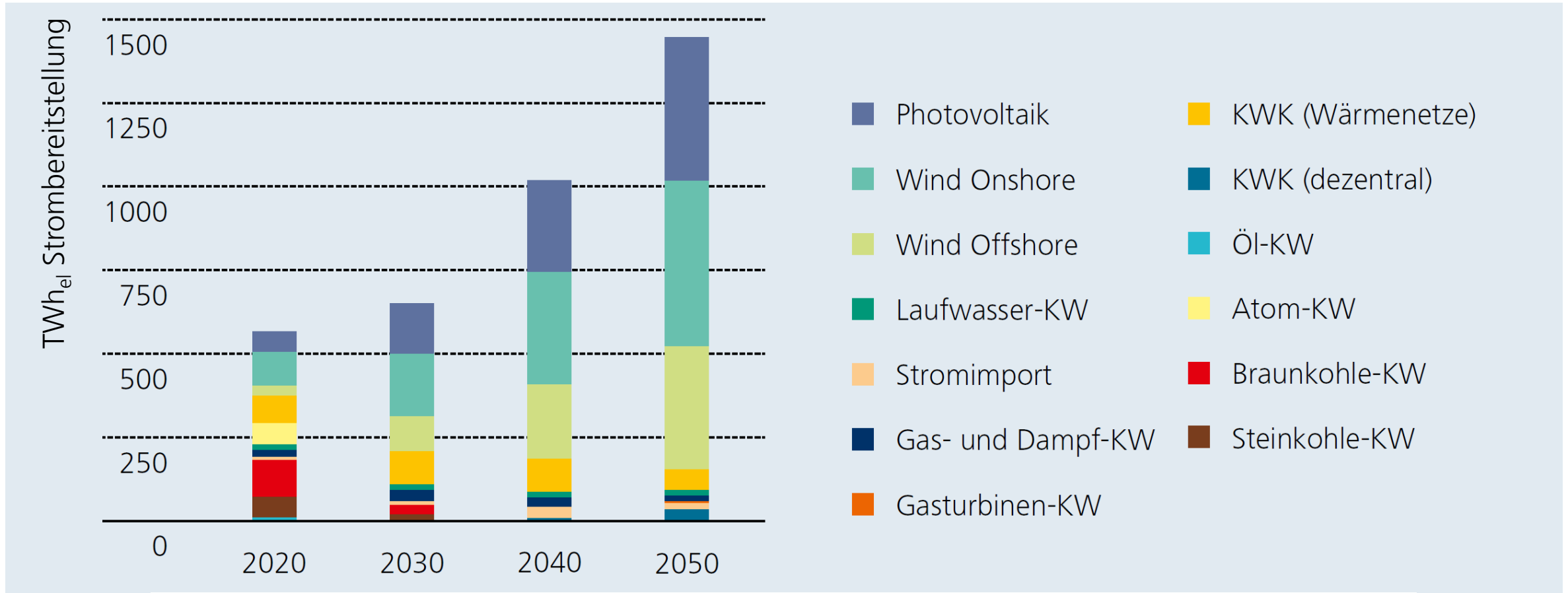
Motivation und Einführung

Systemanalyse – Methodik

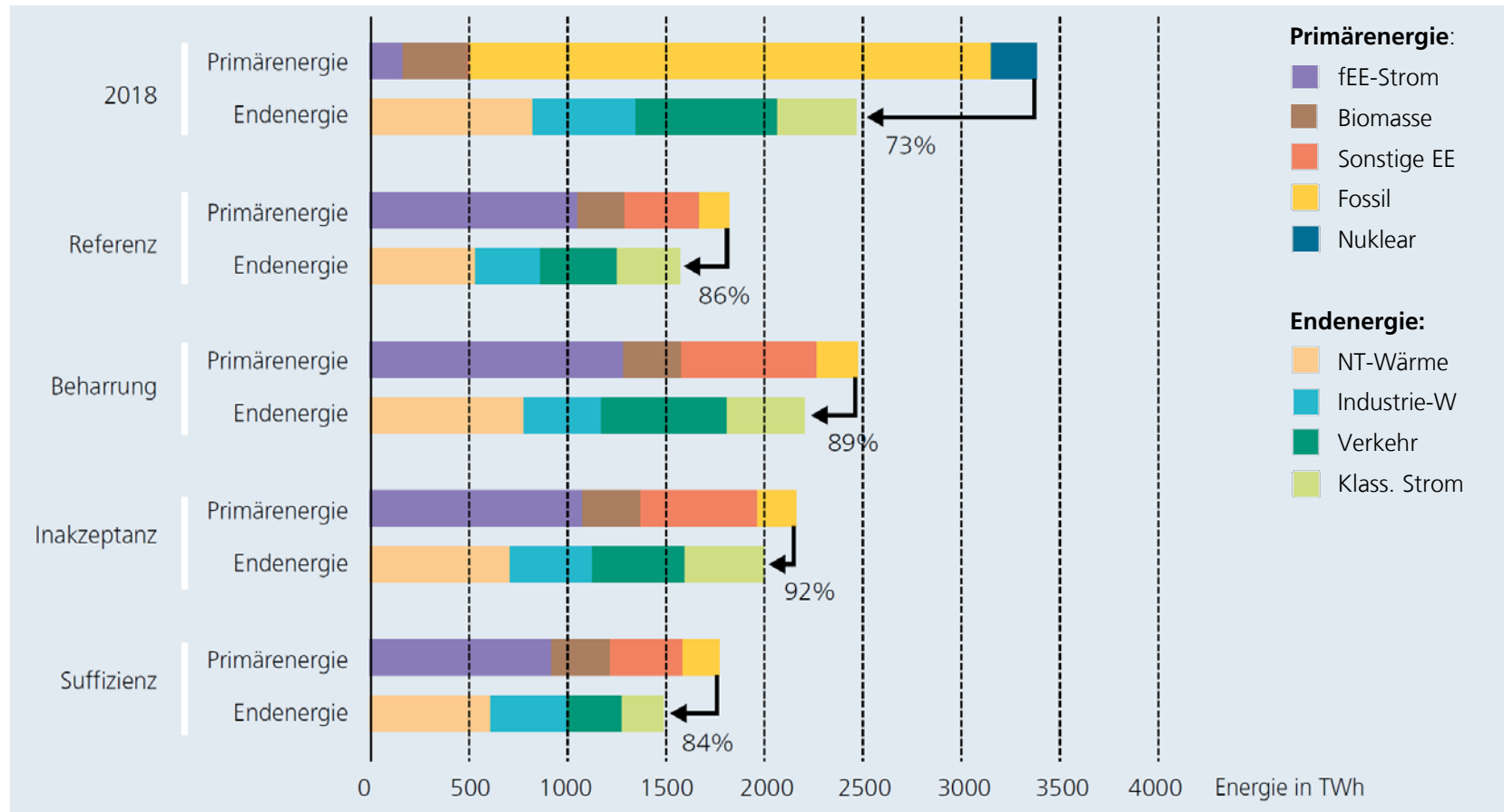
Systemanalyse – Ergebnisse

Fazit

Strom aus erneuerbaren Quellen wird zur wichtigsten Primärenergie. Die erneuerbaren Energien Wind und Sonne liefern hierzu den größten Beitrag.

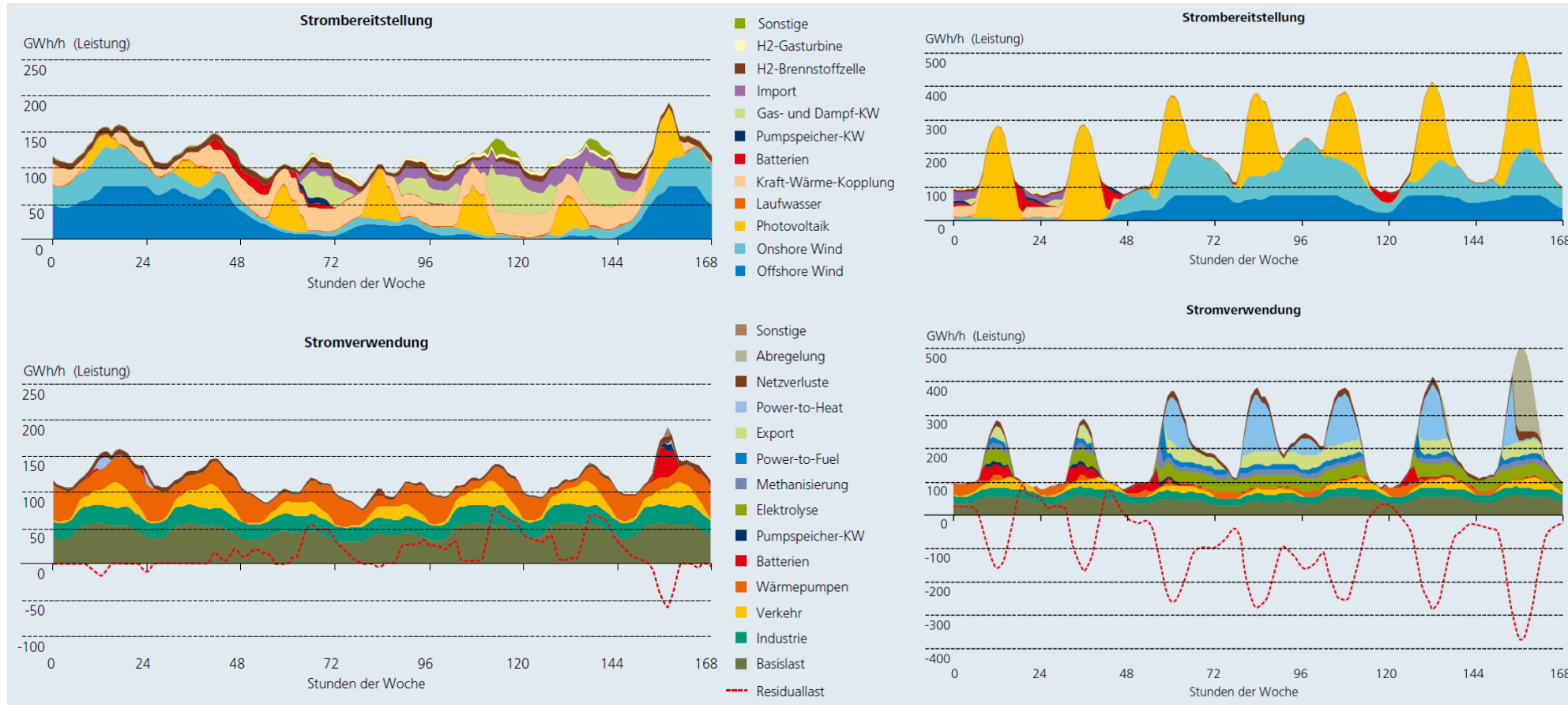


Aufgrund geringerer Verluste in den Wandlungsketten – ein wesentliches Resultat der Sektorenkopplung – sinkt das Primärenergieaufkommen erheblich.



fEE: fluktuierende erneuerbare Energien (Sonne, Wind)

Eine starke Flexibilisierung der Strombereitstellung und -nutzung wird zu einem Schlüsselement der Systementwicklung.



Links:
Woche April
2050

Rechts:
Woche Oktober
2050

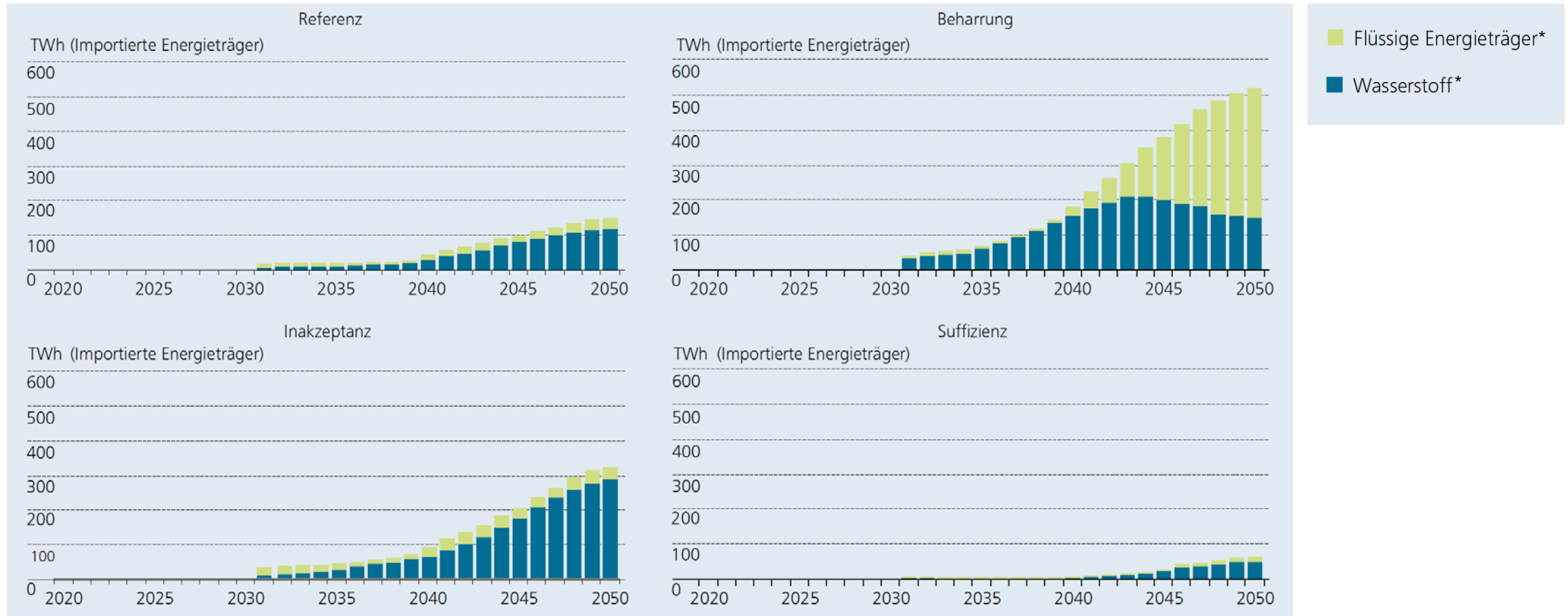
Eine starke Flexibilisierung der Strombereitstellung und -nutzung wird zu einem Schlüsselement der Systementwicklung.



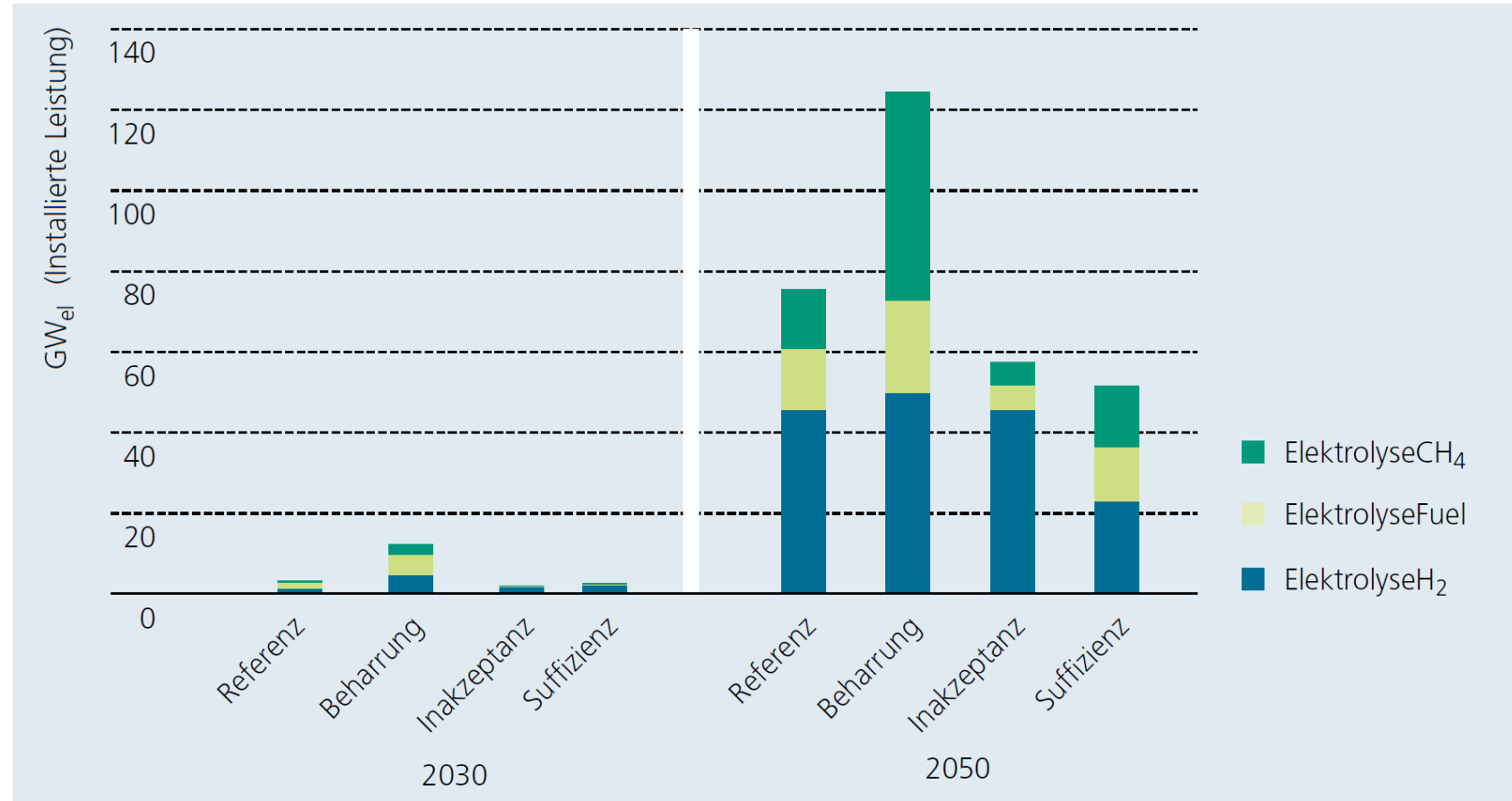
Links:
Woche April
2050

Rechts:
Woche Oktober
2050

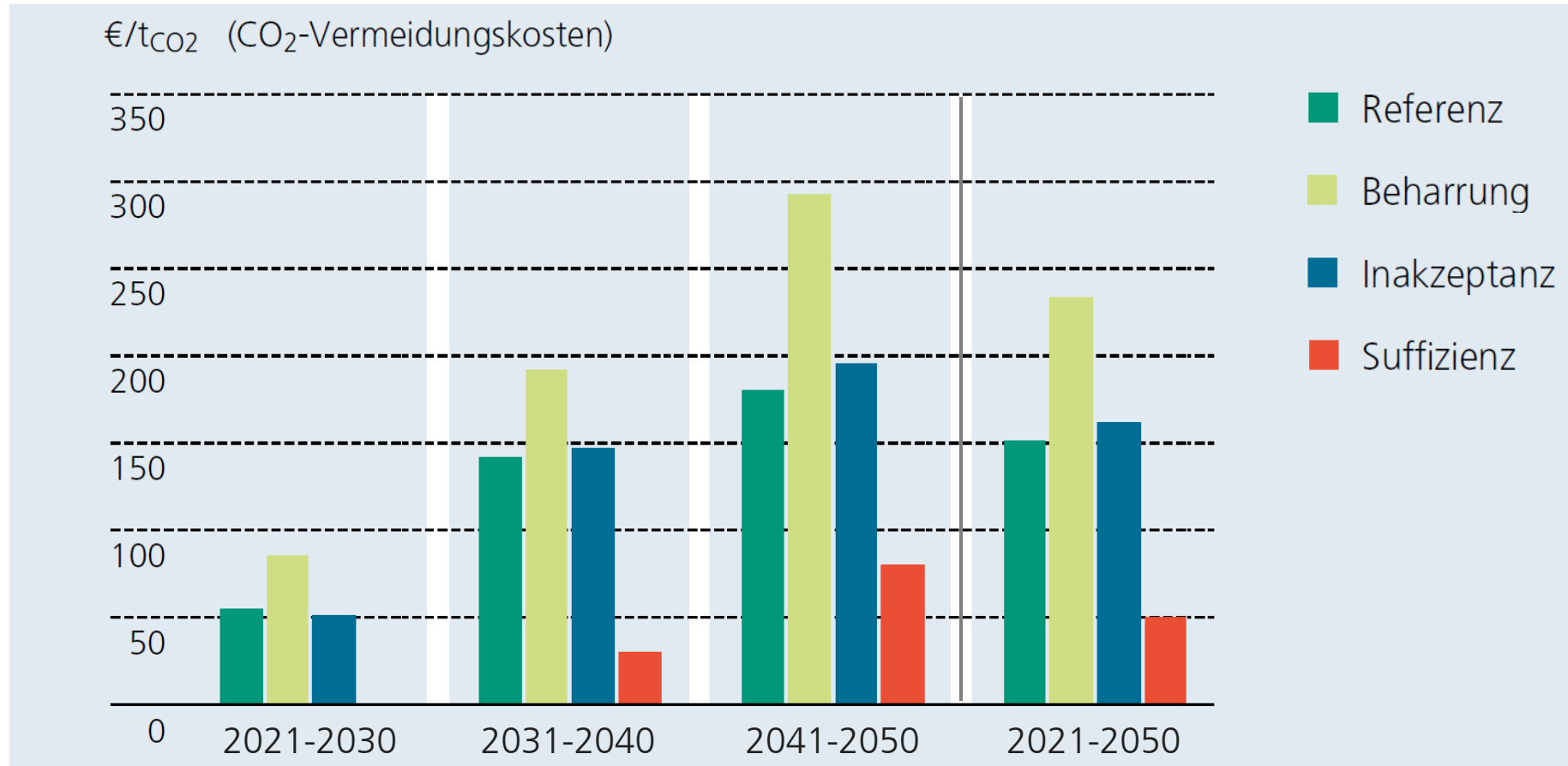
Der Import von Energie in Form von Strom und im Ausland auf Basis erneuerbaren Stroms hergestellter synthetischer chemischer Energieträger ist ein wichtiger Teil zur Erreichung der deutschen Klimaschutzziele.



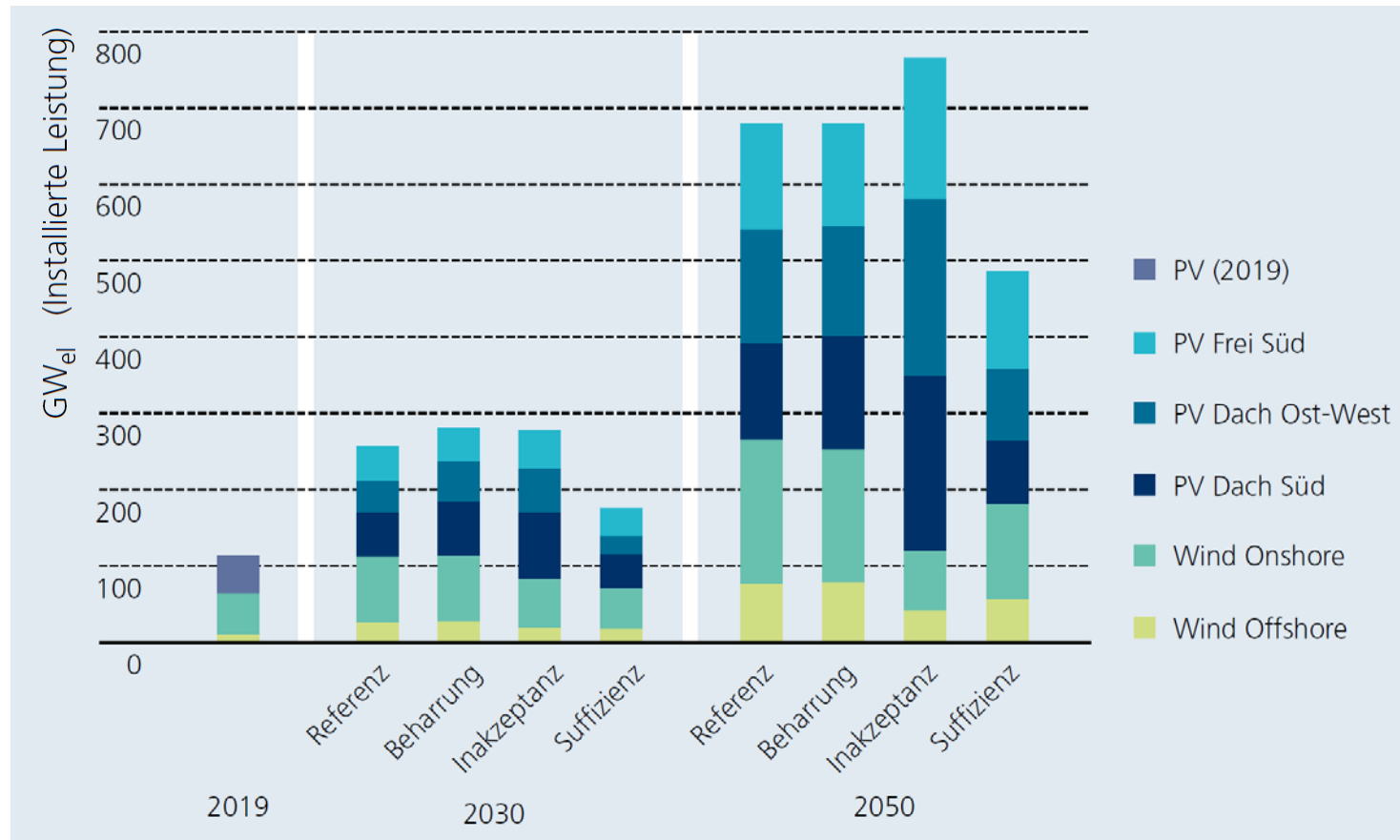
Die Elektrolyse verbunden mit der Nutzung von Wasserstoff in verschiedenen Anwendungsbereichen ist ein wichtiger Baustein der zukünftigen Energieversorgung.



Verhaltensänderungen in weiten Teilen der Gesellschaft im Sinne eines sparsamen Umgangs mit Energie können die Kosten substantiell reduzieren.



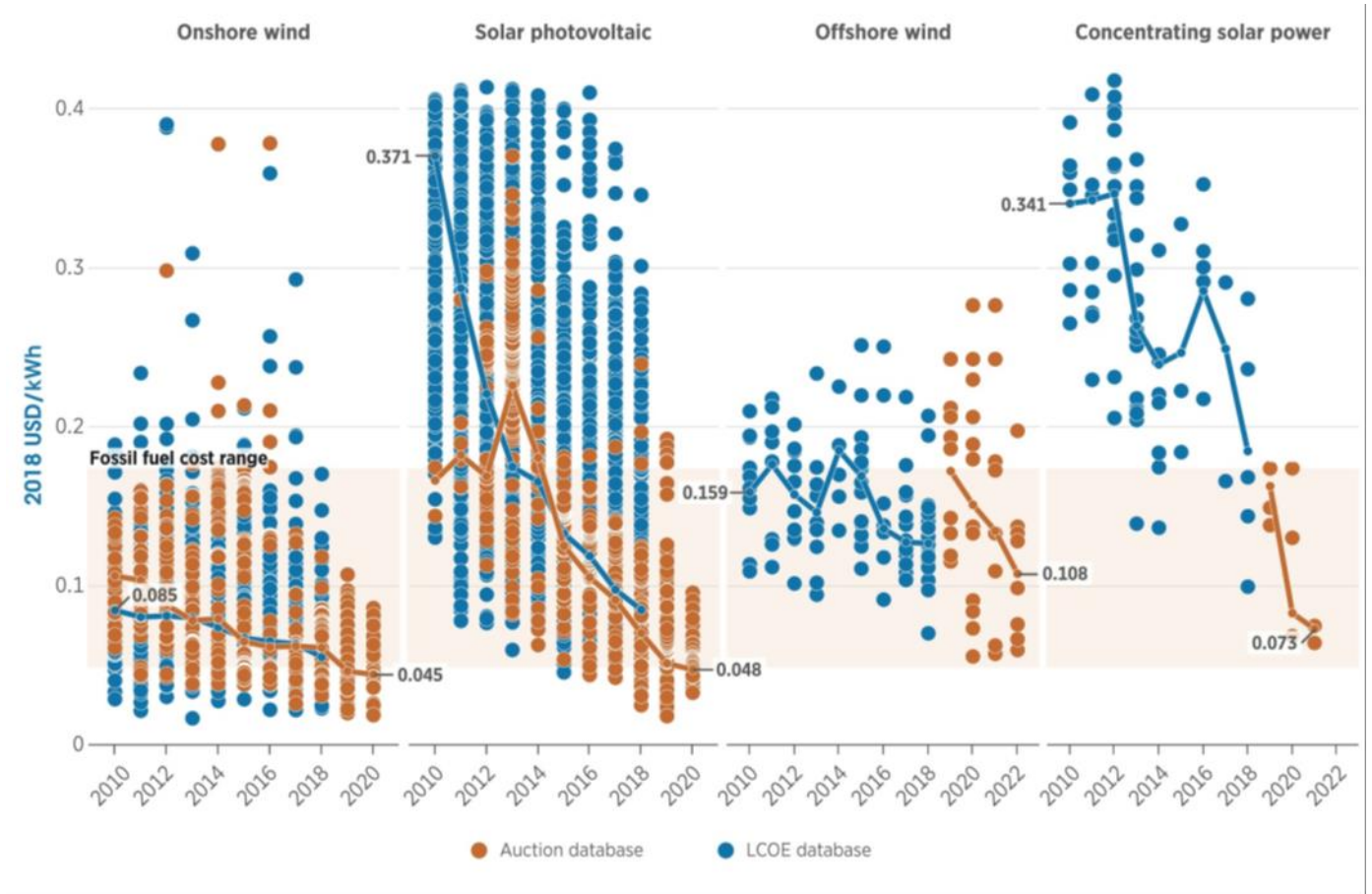
Aus Systemsicht besteht die Möglichkeit der stärkeren Nutzung von Photovoltaik, wenn der Windausbau nicht im optimalen Maße gelingt.



Photovoltaik stellt heute Energie am kostengünstigsten zur Verfügung!

Freiflächenanlagen

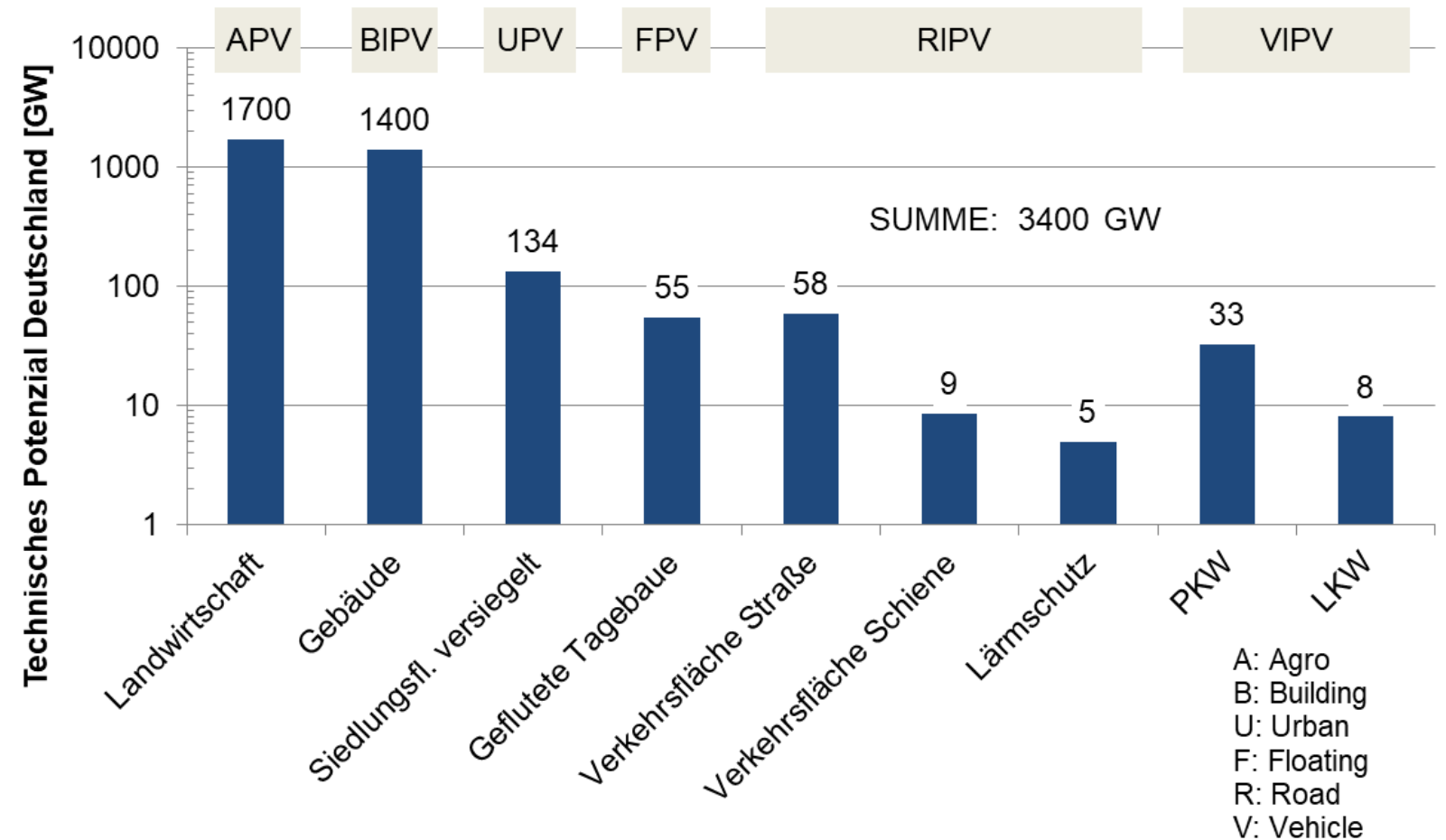
- Reduktion der Kosten für Strom aus Sonne und Wind von 2010 bis 2018 um 70 – 80 %
- weltweit schon PPAs unter 1,4 €-cent/kWh
- in Deutschland zwischen 4,3 – 5,5 €-cent/kWh



Flächenbedarf für Photovoltaik

Potenziale in Deutschland

- theoretisches Potenzial: physikalische Gesetzmäßigkeiten
- **technisches Potenzial:** technische Restriktionen
- wirtschaftlich-praktisches Potenzial: Kosten, Infrastruktur, Rechtsrahmen, Akzeptanz





Fahrzeugintegrierte PV

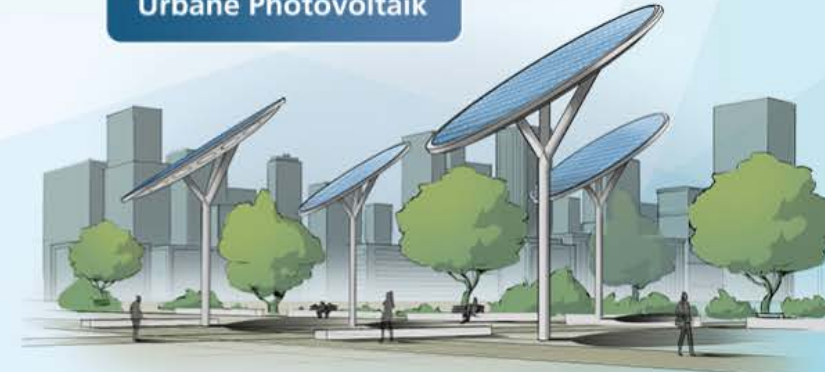
Bauwerkintegrierte PV



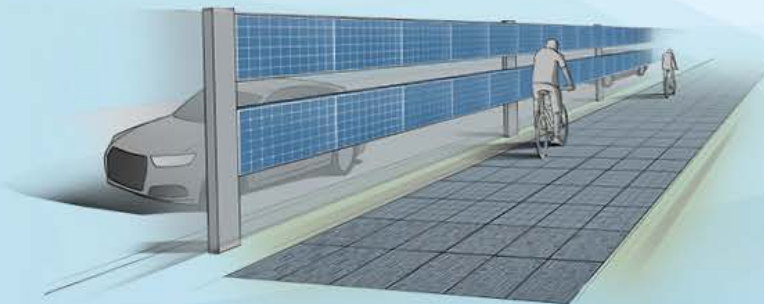
Agrophotovoltaik



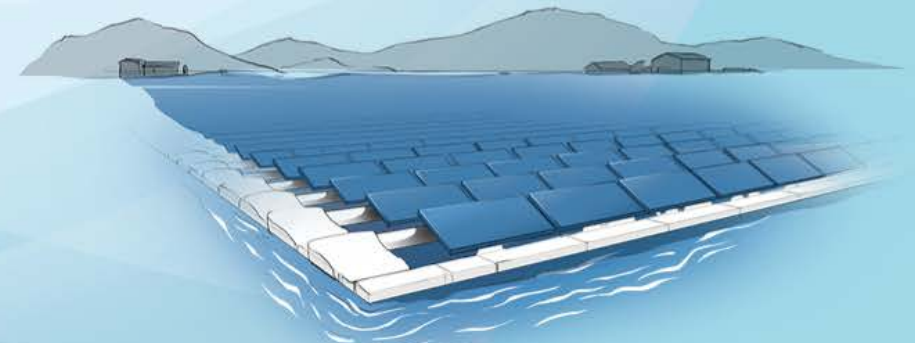
Urbane Photovoltaik



Verkehrswegeintegrierte PV



Schwimmende PV



INTEGRIERTE **PHOTOVOLTAIK**

Photovoltaik treibt die Speichertechnologien Im Kraftwerksbereich – Erhöhung des Kapazitätsfaktors durch zeitlich verlängerte Verfügbarkeit

Los Angeles says “Yes” to the cheapest solar plus storage in the USA

Los Angeles’ municipal utility has voted 5-0 to approve a 25-year contract with a 400 MW_{ac} solar plus 300 MW / 1.2 GWh energy storage facility, with the aggregate price of the electricity from the project at 3.962¢/kWh.

SEPTEMBER 11, 2019 JOHN WEAVER

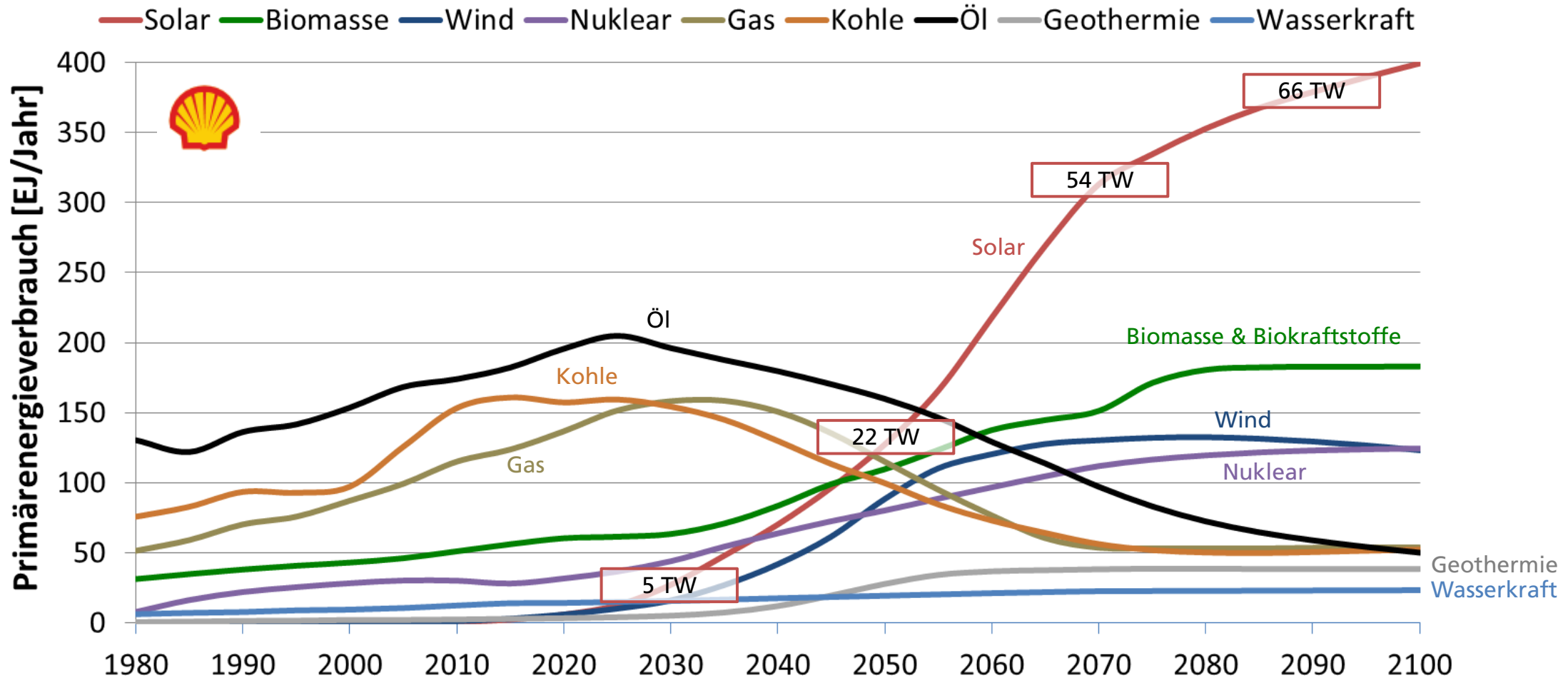
pv magazine

- PV: 400 MW_{ac}
- Speicher: 300 MW/1.2 GWh
- **PPA: 3.962 ¢/kWh**
- Erhöhung des Kapazitätsfaktors von ca. 20 % auf ca. 60 %



Energie-Marktszenario von Shell - Weltweit

Photovoltaik dominiert am Ende



Inhalt

Motivation und Einführung

Systemanalyse – Methodik

Systemanalyse – Ergebnisse

Fazit

Zielstellung 2030

Ergebnisse aus der Systembetrachtung

- Schnelle Absenkung der CO₂-Emissionen Stromerzeugung
 - CO₂-Faktor unter 200g/kWh in 2030, damit Sektorenkopplung sinnvoll ist (heute rund 414 g/kWh*)
 - Mindestens Verdoppelung der Leistung von Windanlagen und PV bis 2030
- Kurzzeitspeicher / Flexibilitäten im großen Stil (etliche GWh) werden ab 2030 wichtig
- Elektrolyse im großen Stil (GW) wird ab 2030 wichtig
- Verkehr: 15 Mio. Elektrofahrzeuge in 2030
- Gebäudewärme: Steigerung Sanierungsrate auf mindestens 1,5%, Ausbau Wärmenetze, Steigerung elektrische Wärmepumpen (> 12 Prozent aller installierten Heizungen in 2030)



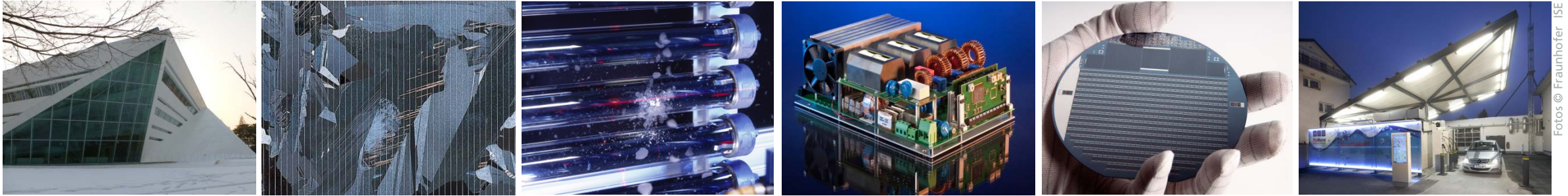
Fazit

Einfluss gesellschaftlicher Verhaltensweisen

- Erreichen der Klimaschutzziele im Bereich der Energieversorgung aus technischer und systemischer Sicht machbar
- Maßgebliche Rolle gesellschaftlichen Verhalten:
 - **Suffizienz** (sparsamer Umgang mit Energie)
→ Reduzierung der notwendigen Menge an Anlagen und der damit einhergehenden Kosten
 - **Beharrung** (Festhalten an der Nutzung gewohnter Verbrennungs-basierter Techniken zur Wärmeversorgung und Fortbewegung)
→ wesentlich größere Ausbauziele für erneuerbare Energien, erhöhter Import und höhere Kosten
 - **Inakzeptanz** (Widerstand gegen den Ausbau großer Infrastrukturen wie Windenergieanlagen und Netze)
→ Notwendigkeit zum stärkeren Ausbau von Photovoltaik-Anlagen und Batteriespeichern, geringfügig höhere Kosten



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Fotos © Fraunhofer ISE

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Dr. Andreas Bett, Prof. Dr. Hans-Martin Henning

www.ise.fraunhofer.de

andreas.bett@ise.fraunhofer.de, hans-martin.henning@ise.fraunhofer.de