

# Modellierung von Energiespeichern und Power-to-X im europäischen Energiesystem

Julia Welsch, Dissertation am IER

Kontakt: julia.welsch@ier.uni-stuttgart.de

## 1. Motivation und Zielstellung

Durch zunehmende fluktuierende Einspeisung von Strom aus Wind- und PV-Anlagen treten vermehrt stark schwankende und negative Residuallasten auf. Dies erfordert eine Integration von Flexibilisierungsoptionen in das Energiesystem zum zeitlichen und räumlichen Ausgleich von Angebot und Nachfrage.

### Forschungsschwerpunkt:

Integrierte Betrachtung der Flexibilisierungsoptionen in den Bereichen Strom, Wärme und Verkehr über den gesamten Zeithorizont bei Berücksichtigung der sektorübergreifenden Wechselwirkungen durch den Einsatz von Power-to-Heat, Power-to-Gas und Elektromobilität.

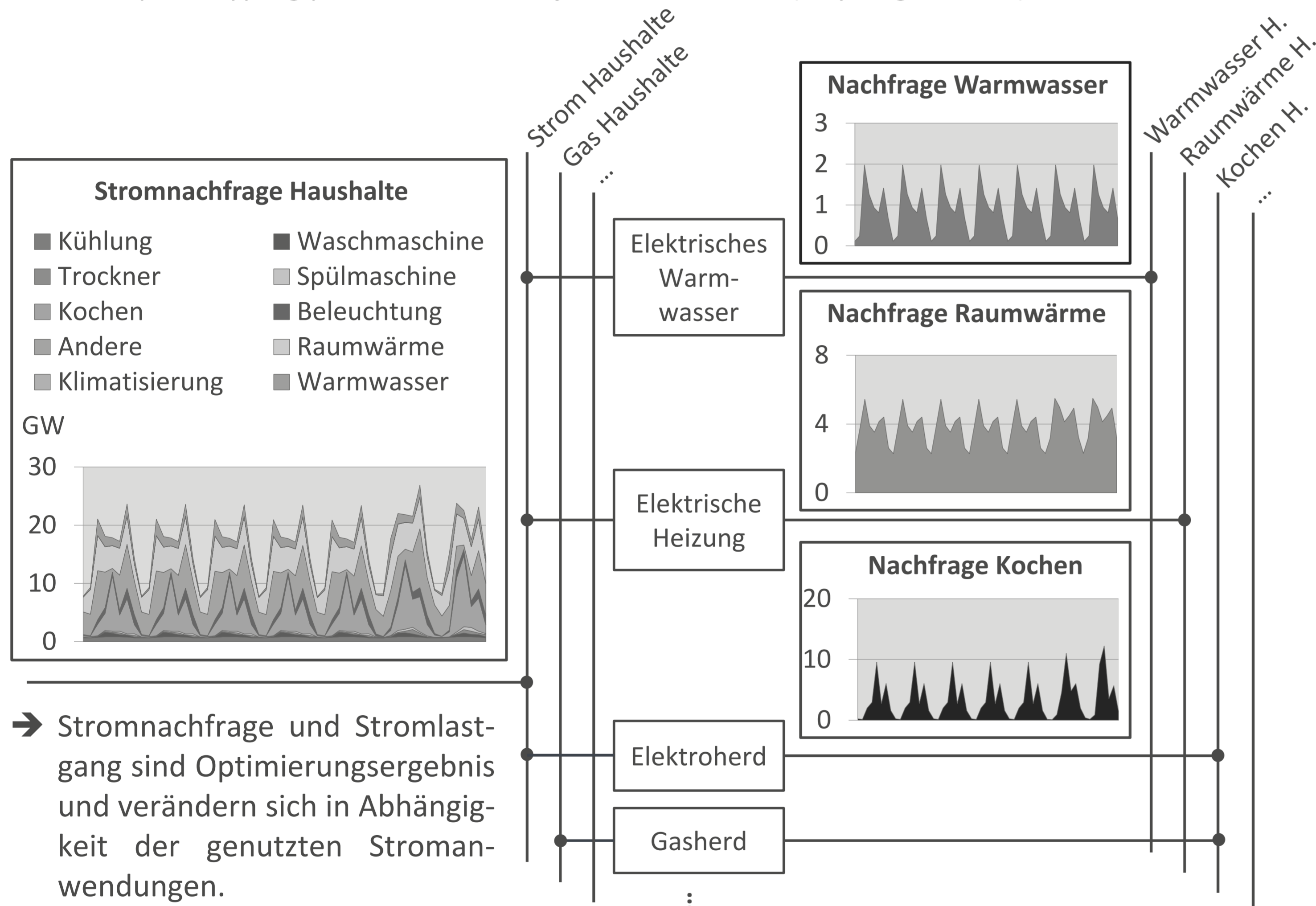
### Ausgangspunkt: Europäisches Energiesystemmodell TIMES PanEU

- Lineares Optimierungsmodell
- Regionale Betrachtung: EU28, NO, CH; Zeithorizont: 2010 bis 2050
- Strom- und Wärmebereitstellung, Industrie, GHD, Haushalte, Verkehr

## 2. Methodik

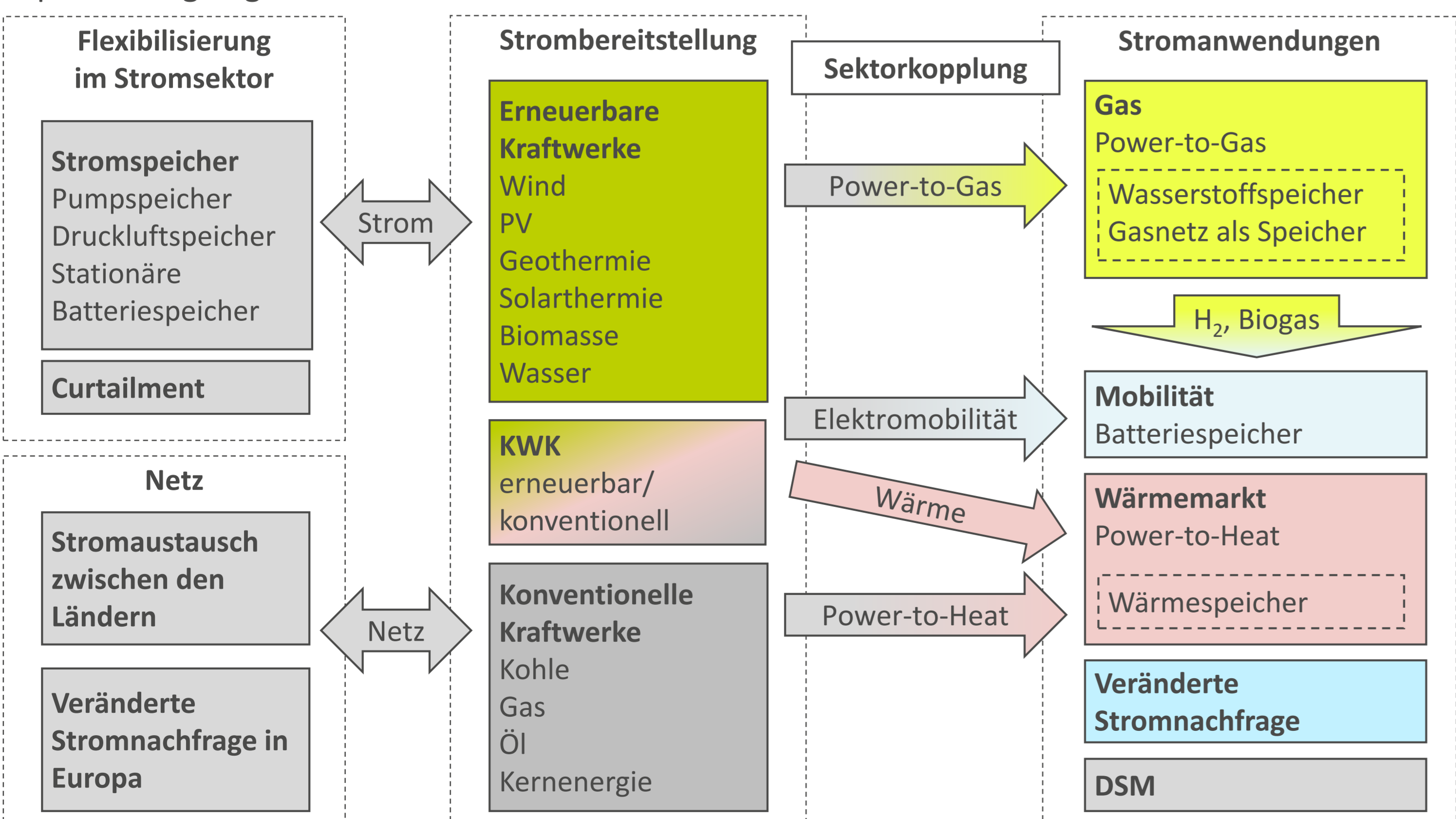
### Erhöhung der zeitlichen Auflösung

- Deutschland: 1 Typwoche pro Jahreszeit mit 3-stündlicher Auflösung + 1 Peakwoche
- Resteuropa: 1 Typtag pro Jahreszeit mit je 3 Zeitschritten (Day, Night, Peak)



### Modellierung von Speichern bzw. allgemeinen Flexibilisierungsoptionen

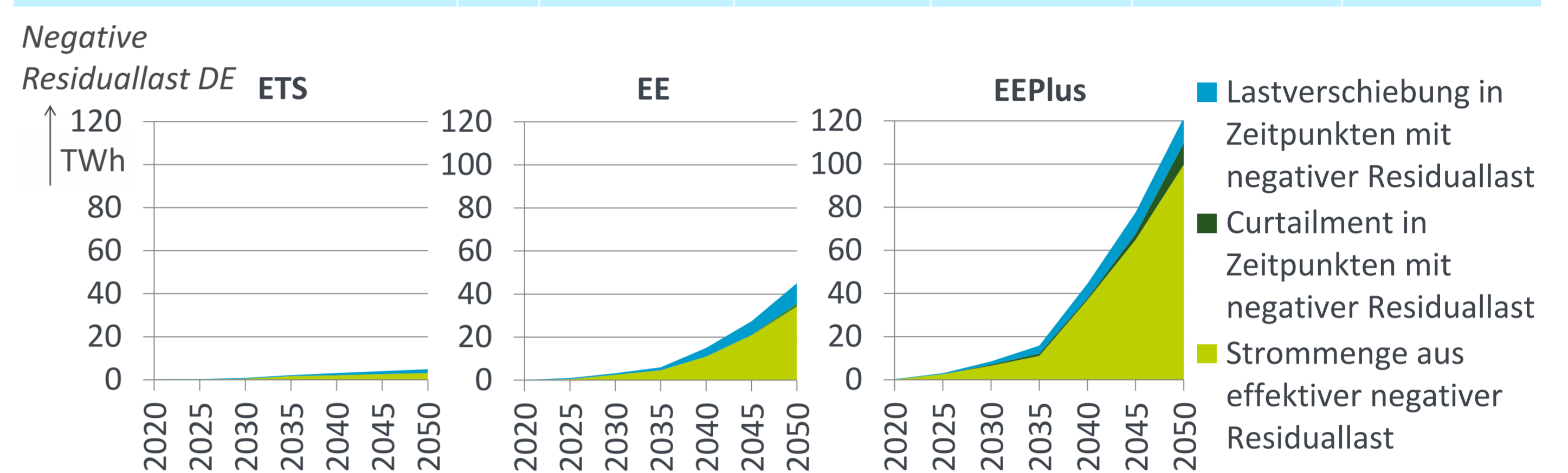
Durch Modellierung der Energiespeicher als Abfolge von 3 Prozessen (Einspeicherung, Speicherung, Ausspeicherung) ist das Verhältnis von Speicherleistung und Speicherkapazität Optimierungsergebnis.



## 3. Ergebnisse

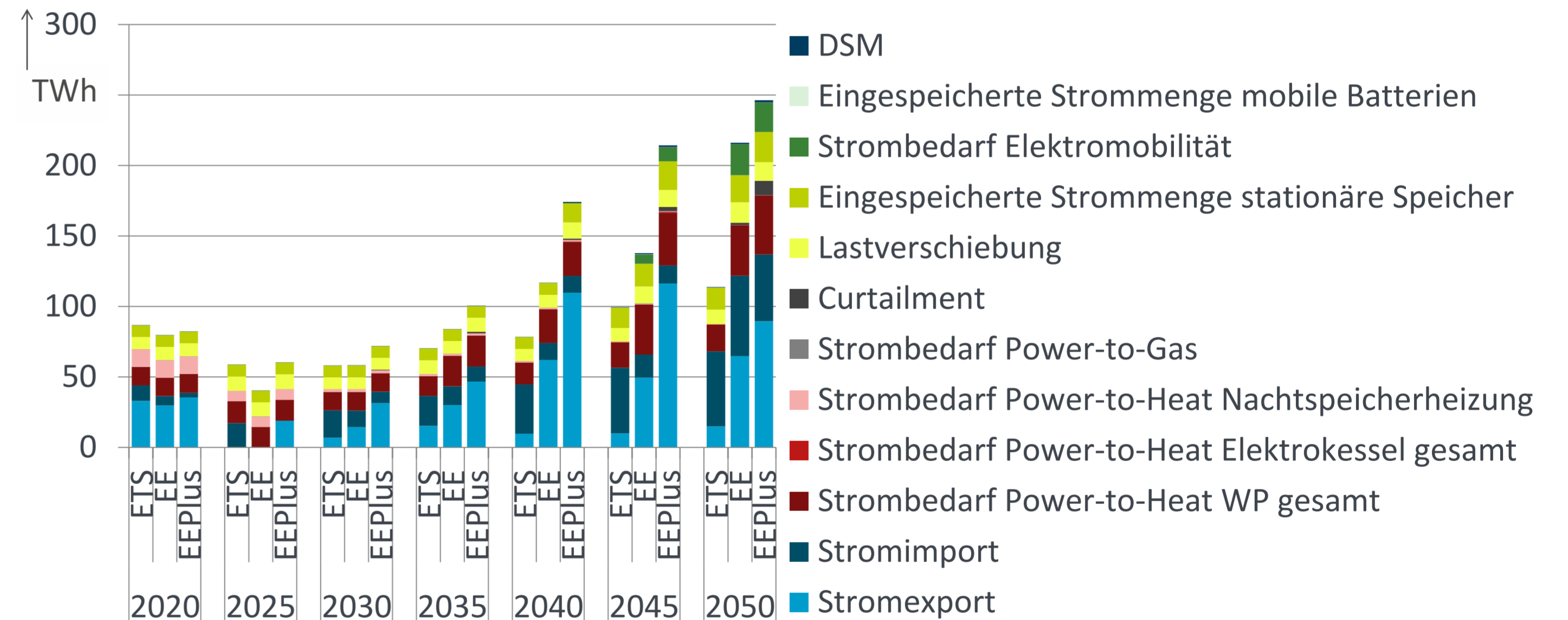
### Szenariendefinition

Ziele bis zum Jahr 2050	ETS		EE		EEPlus	
	DE	EU	DE	EU	DE	EU
Anteil EE am Stromverbrauch	-	-	80 %	80 %	90 %	90 %
Anteil EE am Bruttoendenergieverbrauch	-	-	60 %	75 %	60 %	75 %
Treibhausgas-minderungsziel	-	ETS 75 % (ggü. 2005)	80 % (ggü. 1990)	80 % (ggü. 1990)	80 % (ggü. 1990)	80 % (ggü. 1990)



Insgesamt nehmen der Ausbau und Einsatz von Stromspeichern in Deutschland in der EE- und EEPlus-Szenariovariante nach dem Jahr 2035 stark zu, da die effektive negative Residuallast ansteigt. Die effektive negative Residuallast ergibt sich aus der negativen Residuallast abzüglich des Curtailment und der Lastverschiebung durch veränderte Stromnachfrage in Zeitpunkten mit negativer Residuallast. In der EEPlus-Szenariovariante steigt die effektive negative Residuallast bereits ab dem Jahr 2035 stärker an als in der EE-Szenariovariante wodurch sich ein höherer Flexibilisierungsbedarf ergibt.

### Flexibilisierung der Strombereitstellung und -nachfrage DE



## 4. Fazit

### Zusammenfassung

- Kostengünstige Optionen wie Stromexport/Stromimport, DSM, Curtailment und bestehende Stromspeicher sind bis zu einem Anteil erneuerbarer Energien am Stromverbrauch in Deutschland von rund 60 % im Jahr 2035 ausreichend zur Flexibilisierung.
- Ab dem Jahr 2035 werden zusätzliche Kapazitäten an Stromspeichern zur Aufnahme hoher negativer Residuallasten benötigt.
- Wärmepumpen in der Fernwärme werden zur Grundlastreduktion und zur Aufnahme negativer Residuallasten eingesetzt.
- Elektrofahrzeuge sowie Elektrokessel/Wärmepumpen tragen dabei zur Integration hoher Anteile erneuerbarer Energien in den Sektoren Wärme und Verkehr bei.
- Der Einsatz von Power-to-Gas erweist sich unter den betrachteten Annahmen als wirtschaftlich nicht attraktiv.

### Ausblick

- Analyse des Einflusses von politischen Instrumenten.
- Weiterentwicklung der Modellierung der Elektromobilität (Lademuster).