

# **Die Bedeutung des Stromverbrauchs für die Energiewende – Die Rolle von Effizienz und Flexibilität**

Florian Ess

EnInnov 2018

Graz, 15.02.2018



01 Motivation und Status-quo

02 Methodik

03 Ergebnisse

04 Fazit

01 Motivation und Status-quo

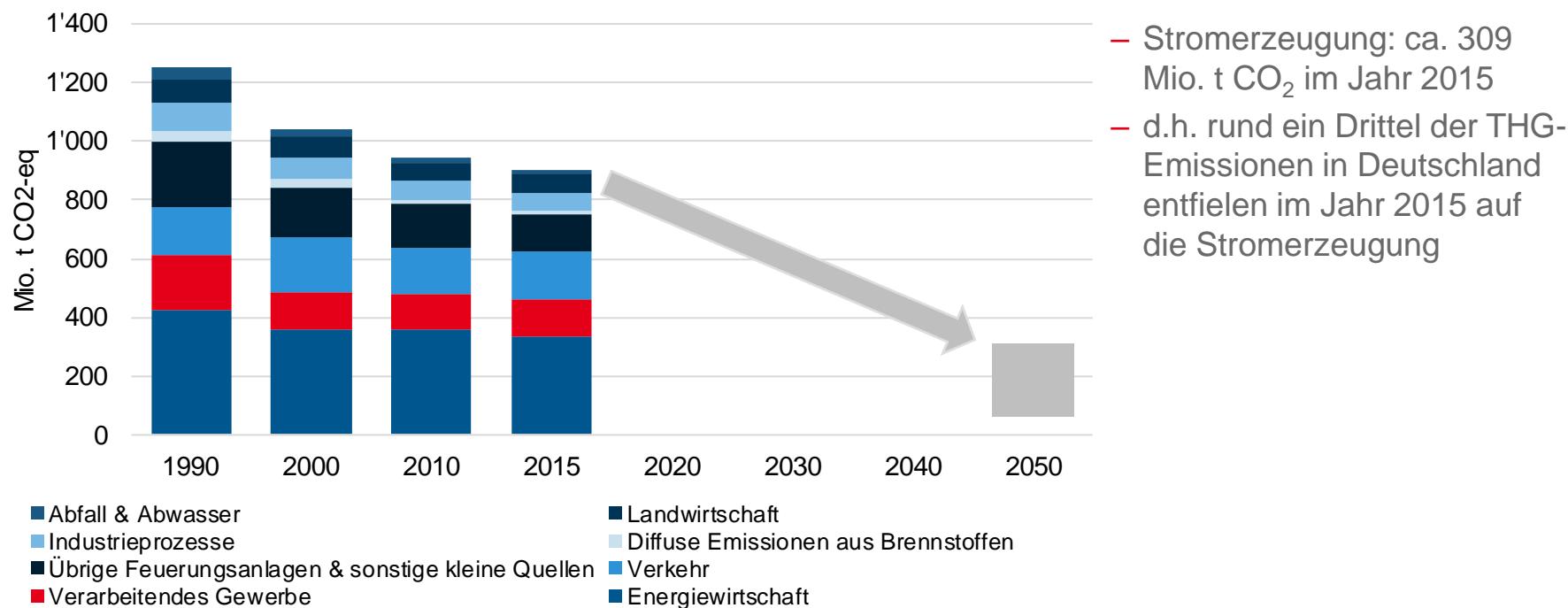
02 Methodik

03 Ergebnisse

04 Fazit

## Treibhausgasemissionen: Status-quo und Ziel

- Reduktion um 80-95 % gem. Energiekonzept
  - Wesentlicher Beitrag der Energiewirtschaft notwendig
  - Zwischenziel für 2030 gem. Klimaschutzplan: Reduktion um 61-62% ggü. 1990



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

## Optionen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen im Stromsektor

- Ausbau erneuerbarer Energien
  - Verdrängung fossiler Stromerzeugung
  

- Effizienzmaßnahmen zur Reduktion des Stromverbrauchs
    - Reduktion fossiler Stromerzeugung

Beitrag  
Stromverbrauch

  
- Reduktion der Stromerzeugung aus fossilen Kraftwerken
  - Z.B. Ausstieg aus der Nutzung von Kohlekraftwerken
  

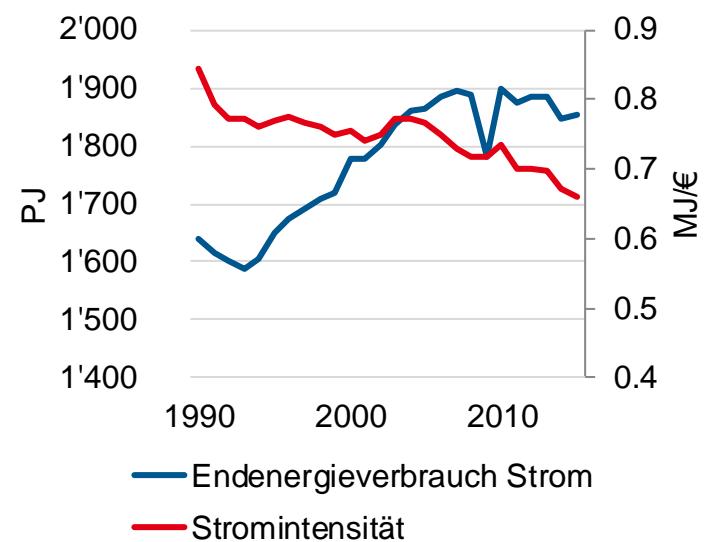
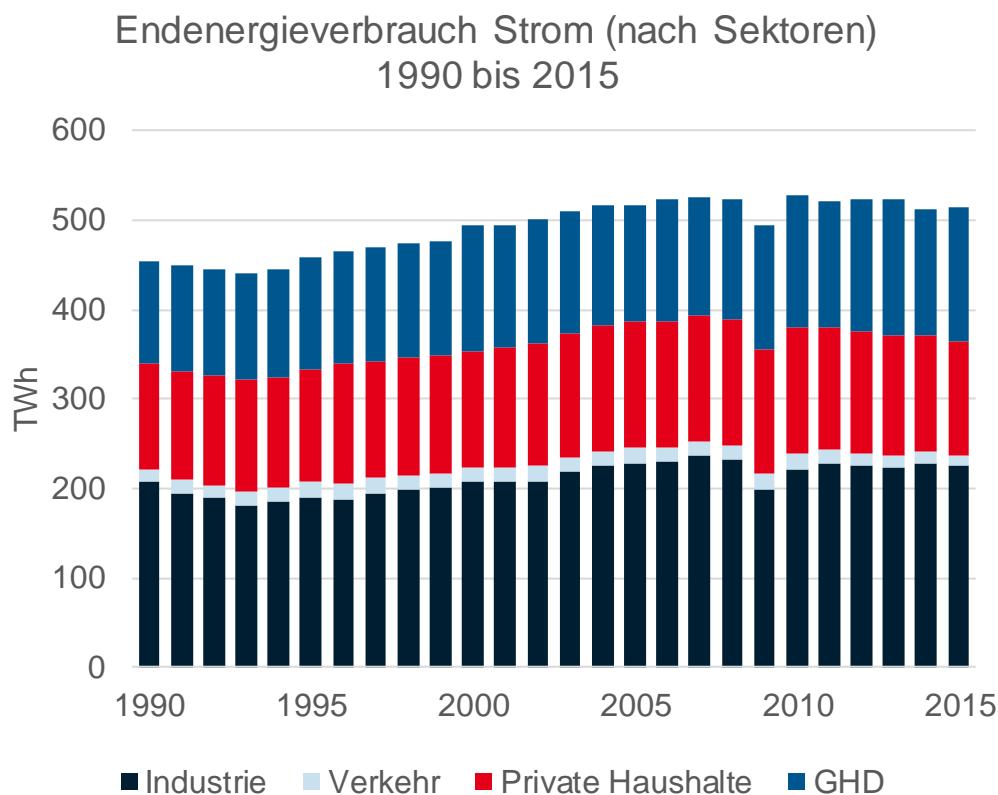
- Verstärkte Sektorkopplung
    - Z.B. Elektromobilität, Elektrifizierung der Wärmeversorgung
    - Transformation hoher Anteile erneuerbarer Energien auf den Wärme- und Verkehrssektor

Beitrag  
Stromverbrauch

  
- Höhere Flexibilität im Stromsystem (erzeugungs- und verbrauchsseitig)
  - Integration hoher Anteile erneuerbarer Energien
  - Stromverbrauch: Flexibilisierung des Stromverbrauchs, insb. neuer Stromverbraucher

## Entwicklung des Stromverbrauchs seit 1990

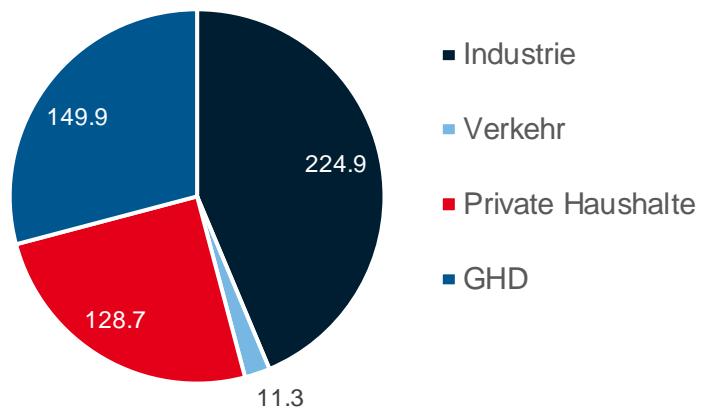
- Anstieg insb. in den 1990er Jahren, seit 2010 tendenziell rückläufig
- Kontinuierlich sinkende Stromintensität der Wirtschaftsleistung



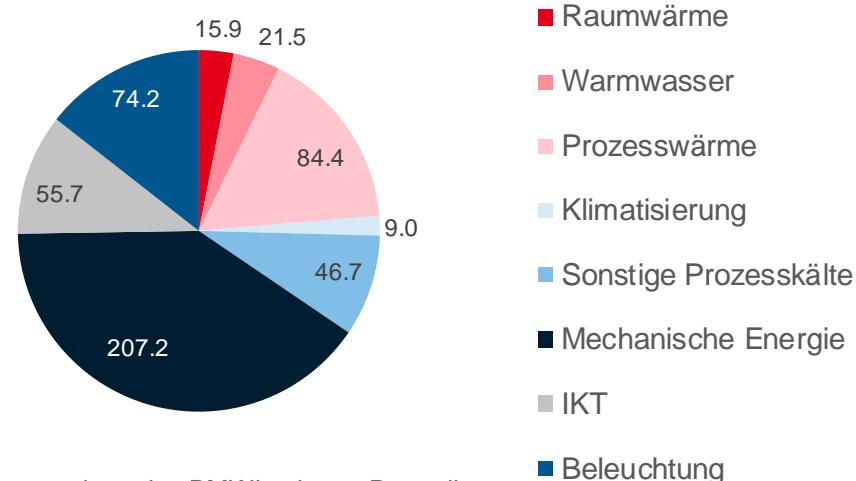
Quelle: BMWi (2018), Gesamtausgabe der Energiedaten – Datensammlung des BMWi , eigene Darstellung

## Status-quo: Verbrauch nach Sektoren und Anwendungen

Endenergieverbrauch Strom nach Sektoren und Anwendungen in TWh



- Industrie
- Verkehr
- Private Haushalte
- GHD

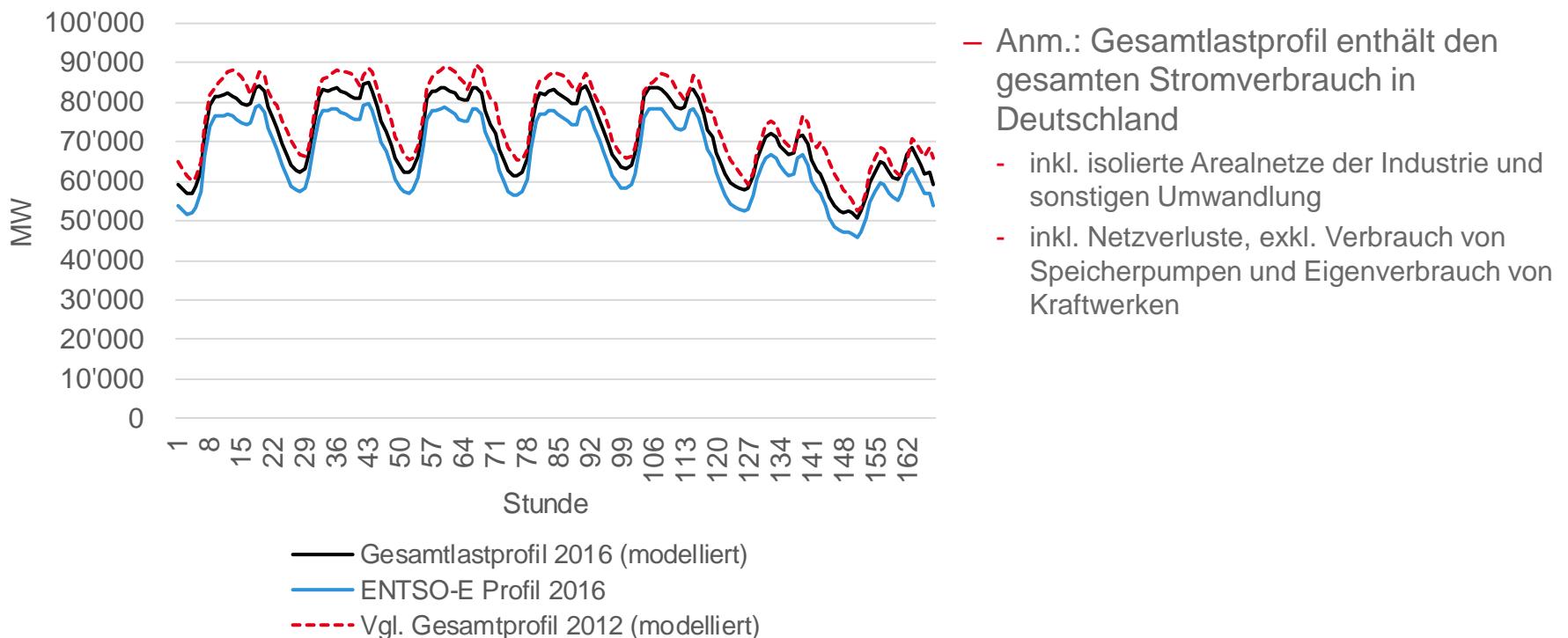


Quelle: BMWi (2018), Gesamtausgabe der Energiedaten – Datensammlung des BMWi , eigene Darstellung

- Hoher Anteil der Industrie am Stromverbrauch
- Aktuell geringe Anteile des Stromverbrauchs für Raumwärme und Mobilität
- Geringe Temperatursensitivität des Stromverbrauchs (im Vgl. zu anderen Ländern wie z.B. Frankreich und UK)

## Lastprofil des Stromverbrauchs

- Tages-, Wochen und saisonale Struktur des Stromverbrauchs
- Temperatursensitivität äußert sich insb. durch höheren Stromverbrauch im Winterhalbjahr in Kälteperioden (vgl. z.B. 2012 und 2016)



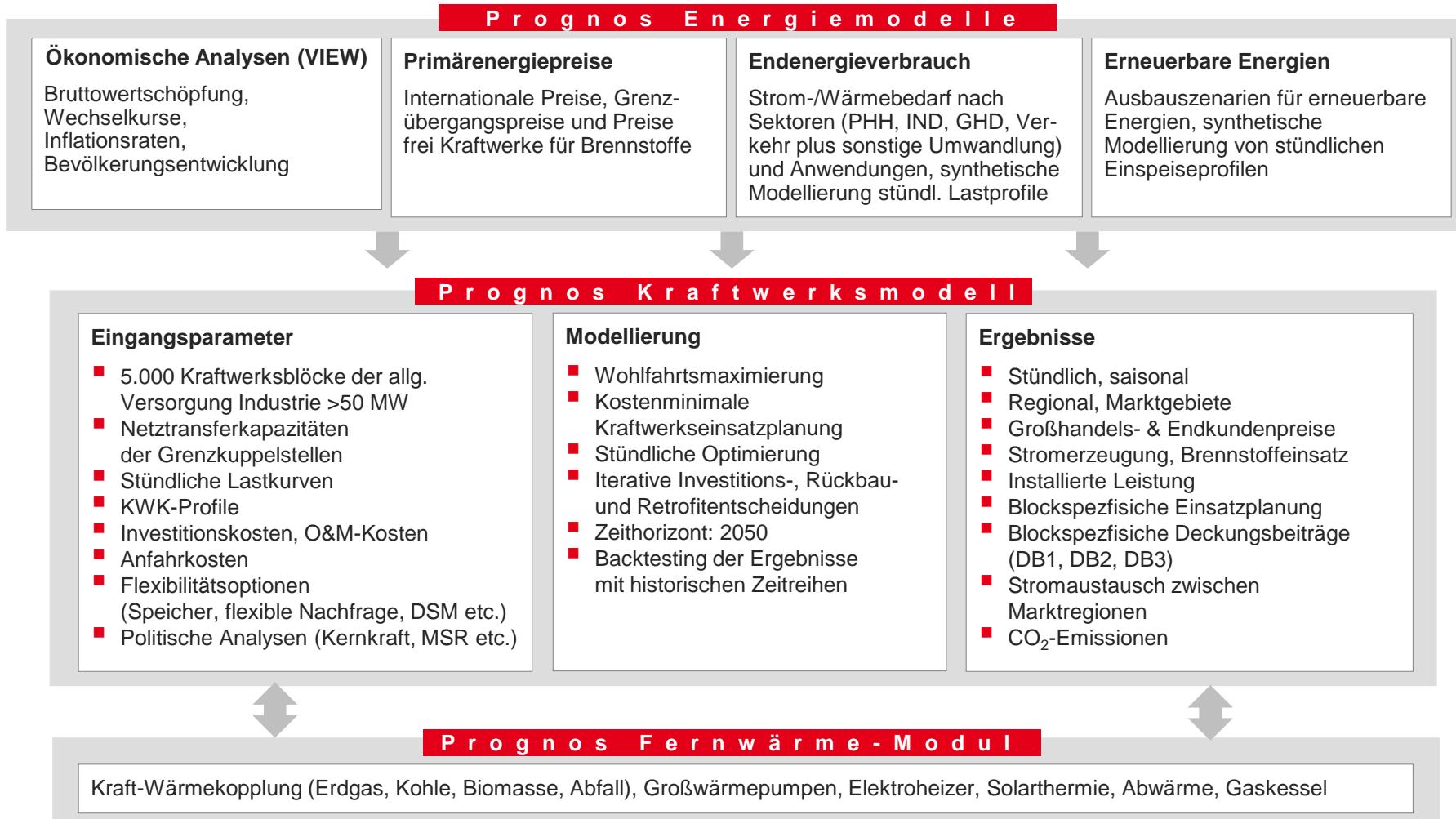
Quelle: entso-e (2017), Power Statistics (Monthly Hourly Load Values), eigene Berechnung/eigene Darstellung

01 Motivation und Status-quo

02 Methodik

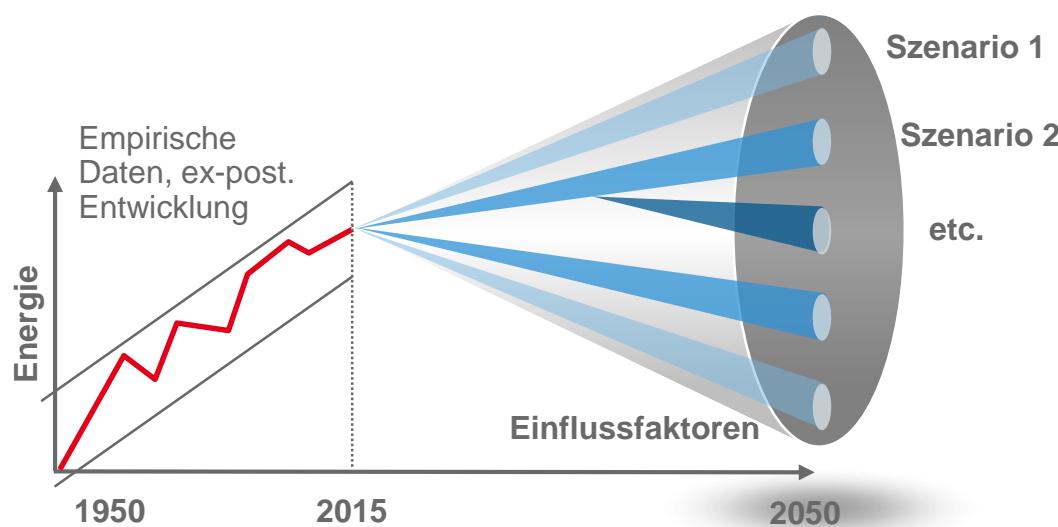
03 Ergebnisse

04 Fazit



## Energieszenarien

- Ergebnisse beruhen auf der Studie „Klimapfade für Deutschland“ (BCG & Prognos 2018)
  - Referenzentwicklung und Klimapfade (unter denen die langfristigen Ziele erreicht werden)
  - Hier dargestellt: Szenario R (Referenz) und Szenario N80
  - aus heutiger Perspektive mögliche Entwicklung zur Erreichung der langfristigen Klimaziele
  - Maßnahmen aufgrund von maßnahmenspezifischen Gesamtkosten priorisiert (aus volkswirtschaftlicher Perspektive)
- Energieszenarien
  - Wenn-dann-Aussagen bzw. Was-muss-geschehen-damit-Aussagen
  - keine Prognose und keine Prophezeiungen
  - Szenarien können nur im Vergleich bewertet werden
  - Exploration des Feldes der Möglichkeiten



## Bottom-up-Modellierung Energieverbrauch

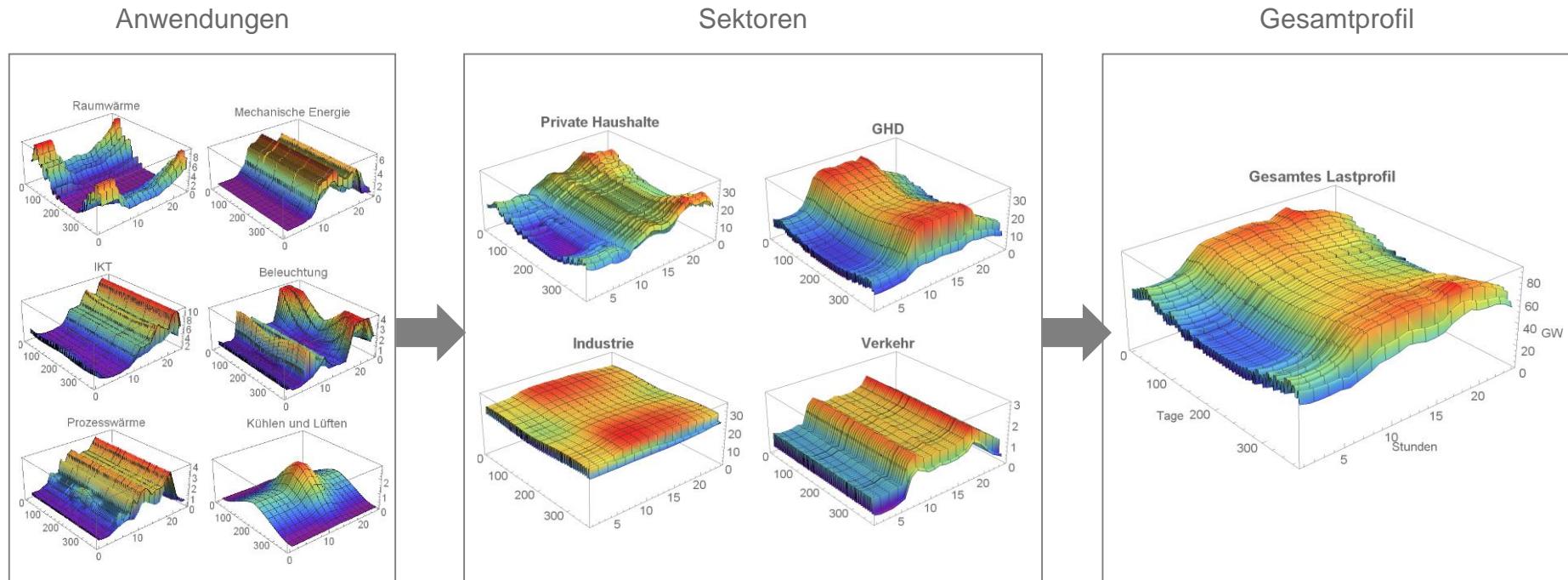
$$EED(t) = \sum_{i,j,k,l,m} M_{i,j,k,l,m}(soc, t) \bullet \varepsilon_{i,j,k,l,m}(tech, t)$$

$i$	Energieträger
$j$	Sektor
$k$	Gebäude, Geräte, Heizungssysteme, Fahrzeugtypen, Produktionsprozesse, etc.
$l$	Kohortenindex (d.h. Jahr der Investition, Reinvestition, etc.)
$m$	sonstige Unterkategorien

- Investitionszyklen und -rationalitäten in den verschiedenen Sektoren werden berücksichtigt
- Wesentliche Einflussparameter:
  - Technischer Fortschritt (z.B. höhere Effizienz von Elektrogeräten) setzt sich in Investitionszyklen um
  - Mengentreiber (z.B. Bevölkerungsentwicklung, Wohnfläche, Bruttowertschöpfung, etc.) und Effizienzfortschritte.
- Politische Instrumente über technische Maßnahmen abgebildet
  - Maßnahmenwirkung auf Bestand oder Neuzugänge

## Beispiel: modellierte Lastprofile für das Jahr 2012

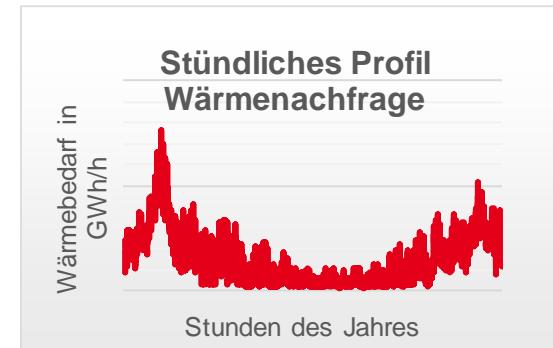
- Basis der Modellierung:
  - anwendungsspezifischer Stromverbrauch aus den Nachfragesektoren
  - aggregierte Lastprofile pro Anwendung
  - Kalibration mit Gesamtlastprofil



Quelle: eigene Darstellung

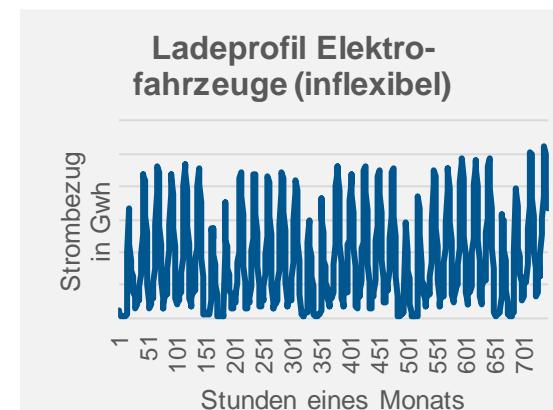
## Wärmepumpen (Gebäude)

- Differenzierung nach **Gebäudetyp** (EFH, MFH, GHD-Sektor)
- Input für Modellierung:
  - Jährlicher Strombedarf (Wärmebedarf und Jahresarbeitszahl)
  - Stündlicher Strombedarf an Raumwärme/Warmwasser
  - Flexibilität: Anzahl WP mit Wärmespeichern, Speichergröße
  - Temperaturabhängigkeit durch WP-Arbeitszahl



## Elektromobilität

- Differenzierung nach z.B. **Fahrzeugtypen** (BEV, LNF, PHEV)
- Input für Modellierung
  - Jährlicher Strombedarf
  - Stündliches Fahrprofil
  - Flexibilität: Anteil inflexibler Fahrten von rund 25 %  
(lange Fahrten, kein Netzanschluss am Ziel usw.)
  - Batteriekapazität pro Fahrzeugtyp
- Temperaturabhängigkeit: ca. 50% Mehrverbrauch an sehr kalten Tagen ggü. Jahresmittel)



## P2H, WP in Fernwärme, Elektrolysen, DSM

- Flexibler Einsatz entsprechend den jeweiligen Rahmenbedingungen

01 Motivation und Status-quo

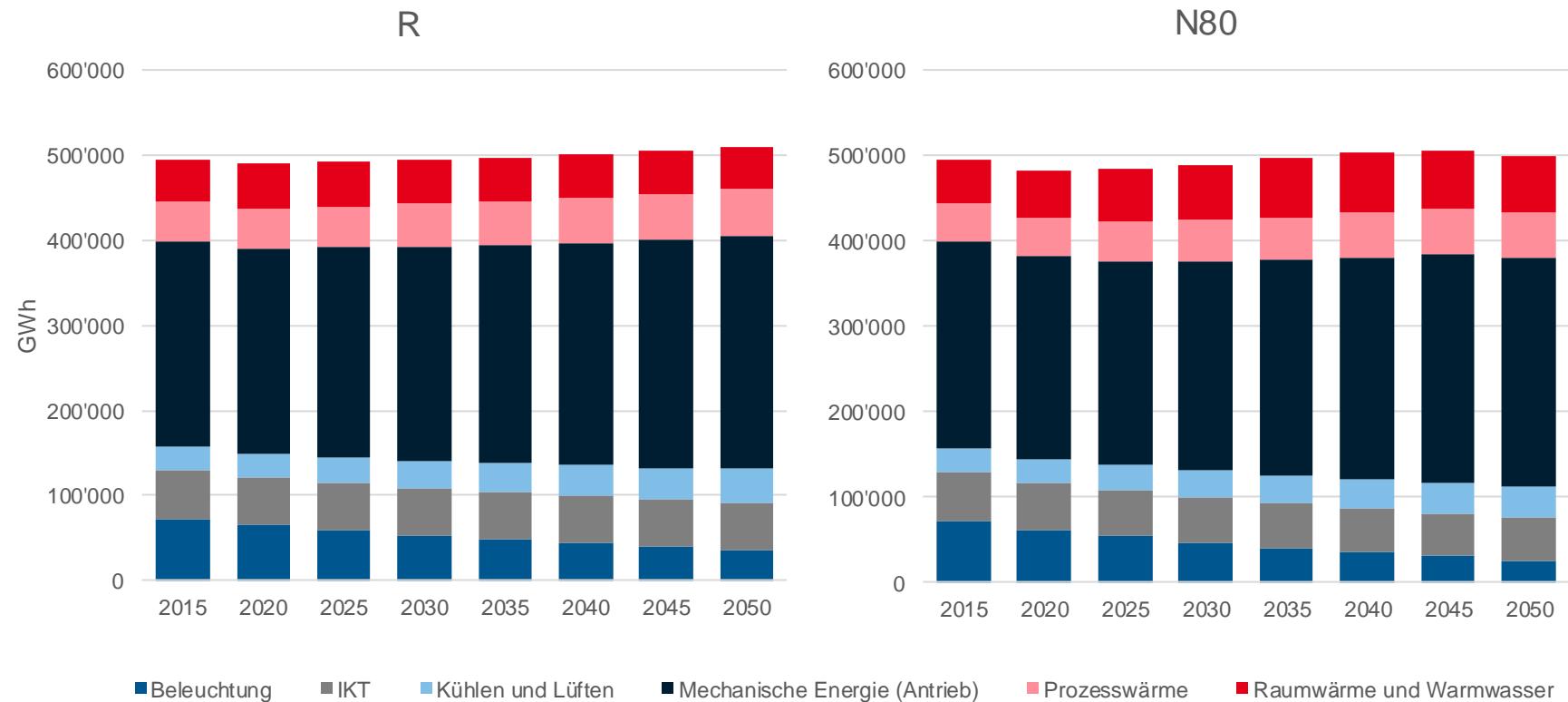
02 Methodik

03 Ergebnisse

04 Fazit

## Referenzszenario vs. N80

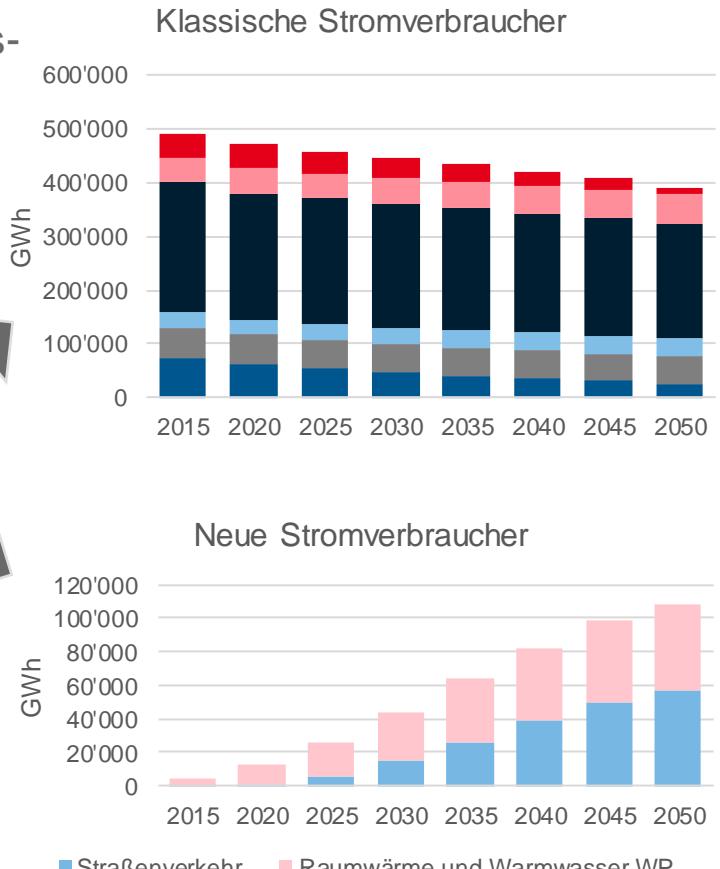
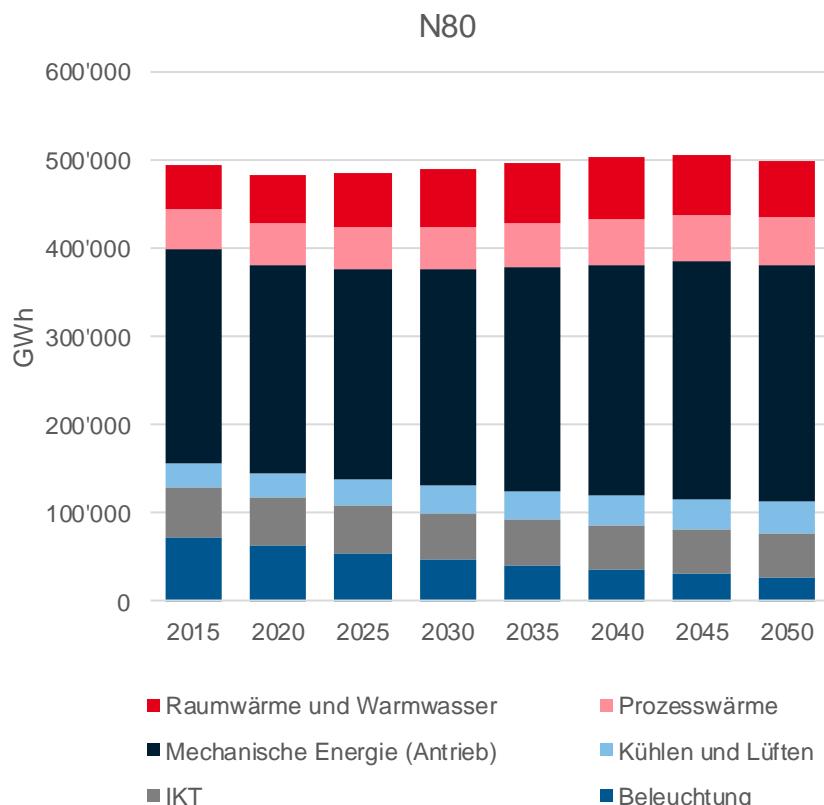
- Endenergieverbrauch Strom (2015 bis 2050)



Quelle: Prognos & BCG, Klimapfade für Deutschland (2018), eigene Darstellung

## Referenzszenario vs. N80

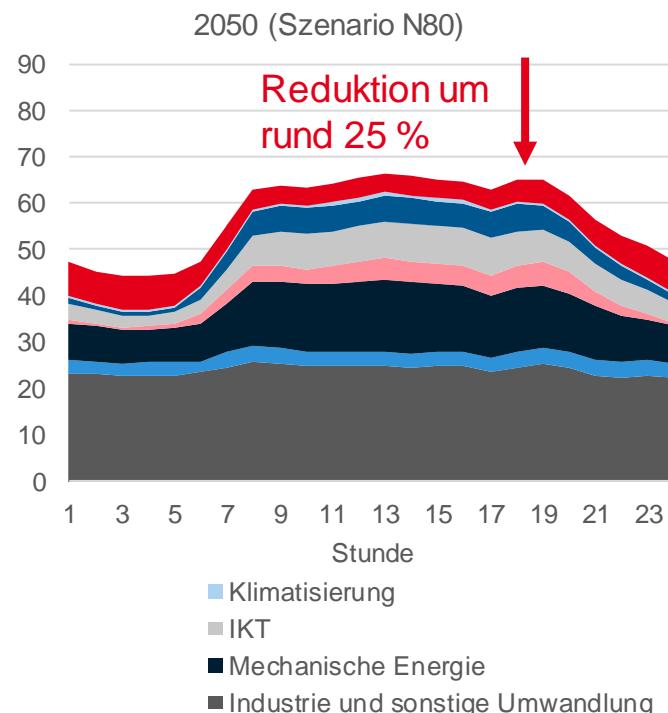
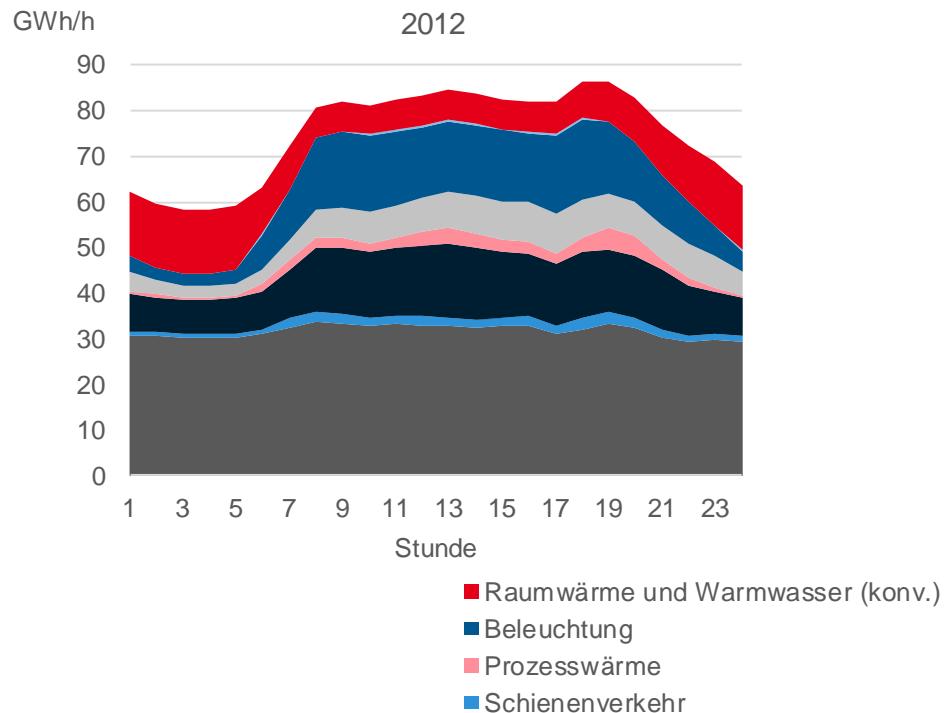
- Neue Stromverbraucher kompensieren Verbrauchsrückgang im klassischen Stromverbrauch



Quelle: Prognos & BCG, Klimapfade für Deutschland (2018), eigene Darstellung

## Klassische Stromverbraucher: Effekt auf den Lastverlauf

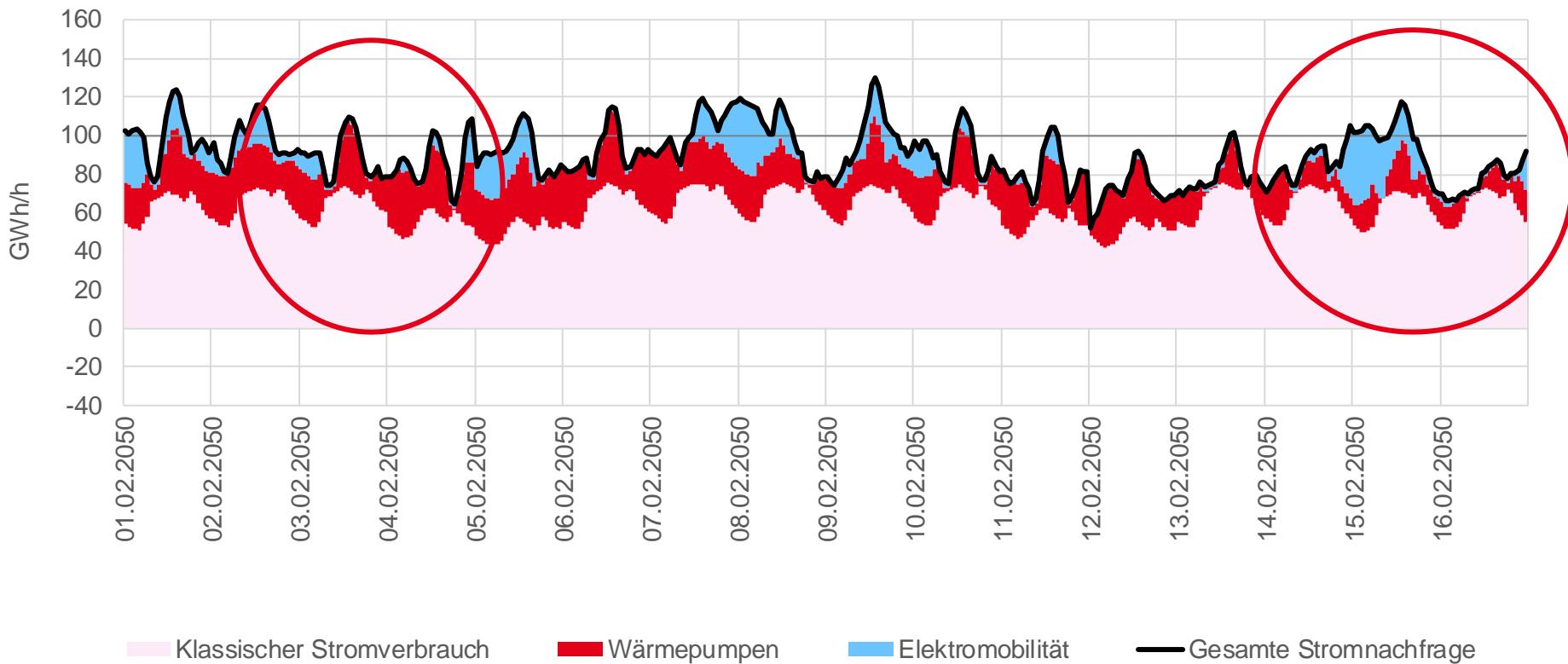
- Vergleich Tagesstruktur bisher und 2050 (inflexibler Stromverbrauch), Winterhalbjahr
  - Deutliche Reduktion der Spitzenlast: Rückgang von knapp 90 GW auf weniger als 70 GW
  - Effizienzfortschritte bei Beleuchtung, IKT, Stromverbrauch für Mechanische Energie



Quelle: Prognos & BCG, Klimapfade für Deutschland (2018), eigene Darstellung

## Flexible Stromverbraucher: Einsatz nach Strommarktsignalen

- Bsp.: Stromverbrauch flexibler Stromverbraucher im Februar 2050



Quelle: Prognos & BCG, Klimapfade für Deutschland (2018), eigene Darstellung

## Klassischer Stromverbrauch

- Effizienzmaßnahmen im Stromverbrauch
  - Kompensation von Mengenwachstum (z.B. bei IKT, Elektrogeräten)
  - deutliche Reduktion des jährlichen Stromverbrauchs und der Spitzenlast (Reduktion um bis zu 25 %)

## Neue Stromverbraucher

- Stromverbrauch folgt Strommarktsignalen und ermöglicht
  - Integration erneuerbarer Energien bei hoher EE-Erzeugung (und geringem Stromverbrauch)
  - Entlastung des Stromsystems bei geringer EE-Erzeugung
- Damit geringere Stromerzeugung aus konventionellen Kraftwerken und geringere Notwendigkeit für Back-up Kapazitäten

## Stromsystem 2050

- Stromerzeugung aus konventionellen Kraftwerken weniger als 50 TWh p.a.
- Anteil der erneuerbaren Stromerzeugung an der Nettostromerzeugung: rund 88 %.
- Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Stromsektor von 272 Mio. t CO<sub>2</sub> im Jahr 2015 auf rund 33 Mio. t CO<sub>2</sub> im Jahr 2050 (Reduktion um fast 88 %).

01 Motivation und Status-quo

02 Methodik

03 Ergebnisse

04 Fazit

## Beitrag des Stromverbrauchs zur Erreichung der Energie- und Klimaziele

- Deutlicher Ausbau erneuerbarer Energien und Rückgang der Erzeugung aus konventionellen Kraftwerken bilden die Grundlage zur Transformation des Stromsystems
- Effizienz und Flexibilität
  - Effizienz des Stromverbrauchs entlastet das Stromsystem, insbesondere in Spitzenlastzeiten mit geringer Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien
  - Flexibilität des Stromverbrauchs von Wärmepumpen und Elektromobilität leistet einen Beitrag zur Entlastung des Stromsystems und zur Integration erneuerbarer Energien
  - Dadurch geringere Notwendigkeit an Back-up-Kapazitäten und flexibler Stromerzeugung (aus konventionellen Kraftwerken) für Versorgungssicherheit
  - Deutliche Absenkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Stromsystem
- Voraussetzungen
  - Konsequente Umsetzung/Verstärkung von Effizienzmaßnahmen nach dem Prinzip „Efficiency first“
  - Flexibilisierung des Stromverbrauchs ist insbesondere bei hoher Elektrifizierung – dies erfordert zusätzliche Maßnahmen, die frühzeitig umgesetzt werden müssen
  - Digitalisierung und intelligente Steuerung des Stromverbrauchs sind dabei eine wesentliche Voraussetzung



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

**Florian Ess**

---

**prognos** | St. Alban-Vorstadt 24 | CH 4052 Basel

Tel: +41 61 3273 361

E-Mail: [florian.ess@prognos.com](mailto:florian.ess@prognos.com)