

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

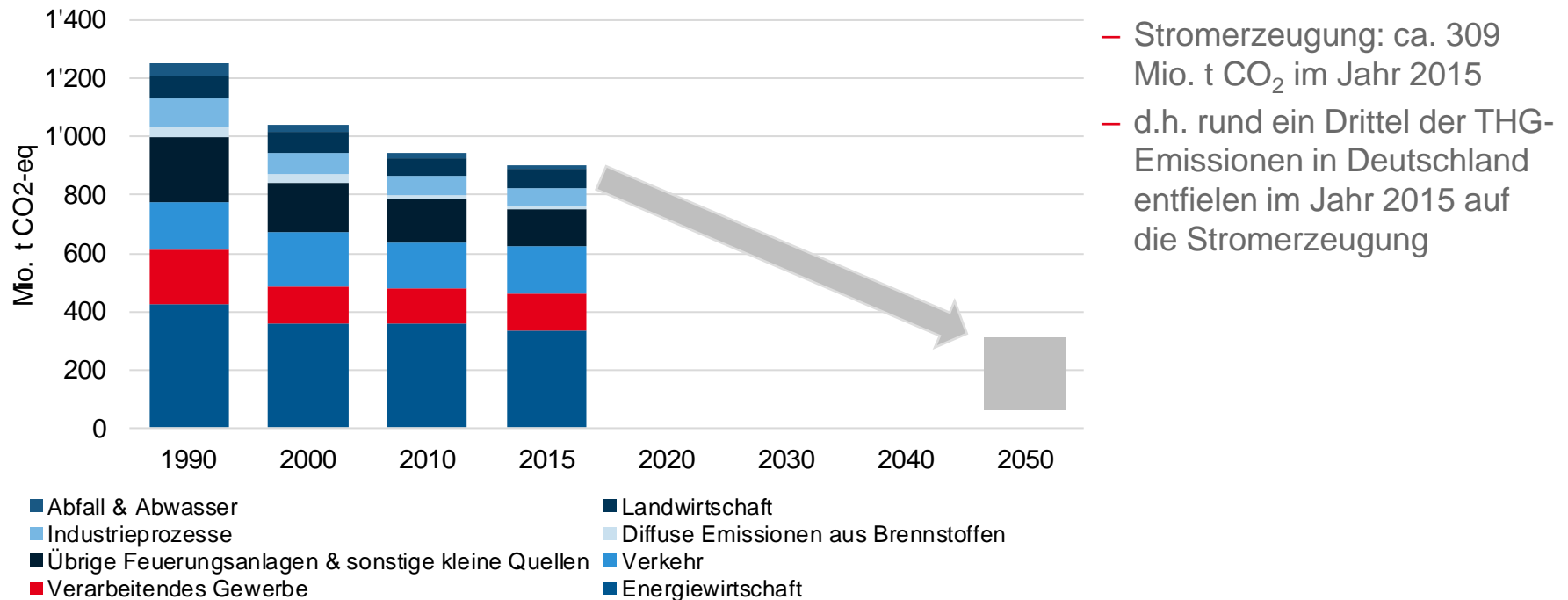
02 Methodik

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

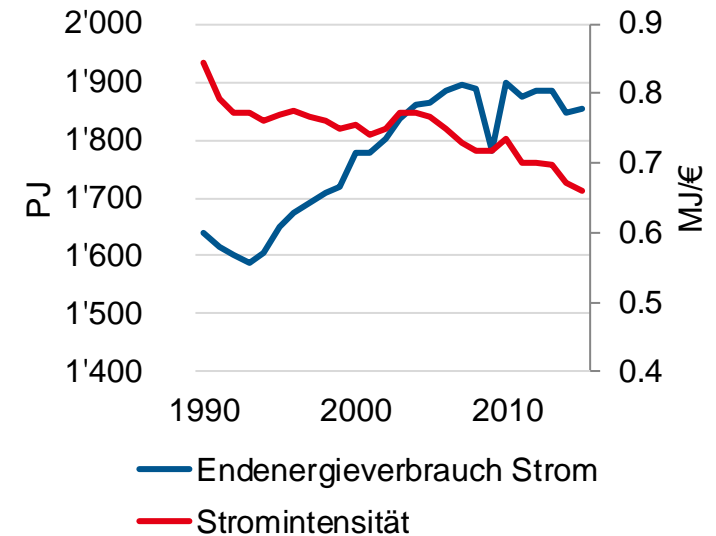
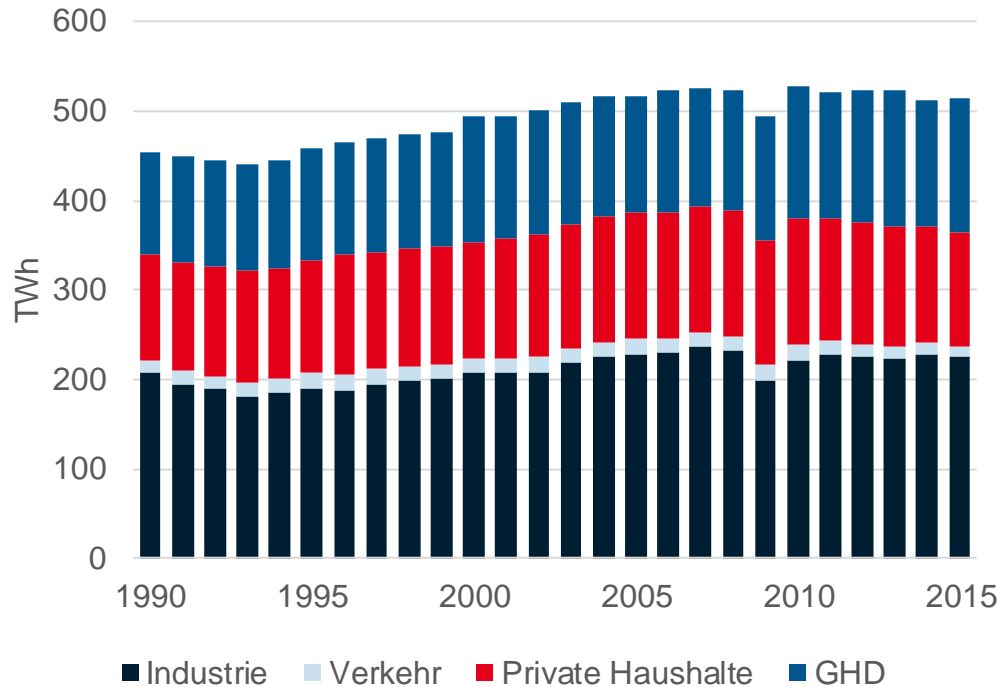
- Verstärkte Sektorkopplung
 - Z.B. Elektromobilität, Elektrifizierung der Wärmeversorgung
 - Transformation hoher Anteile erneuerbarer Energien auf den Wärme- und Verkehrssektor
- Höhere Flexibilität im Stromsystem (erzeugungs- und verbrauchsseitig)
 - Integration hoher Anteile erneuerbarer Energien
 - Stromverbrauch: Flexibilisierung des Stromverbrauchs, insb. neuer Stromverbraucher

Beitrag
Stromverbrauch

Entwicklung des Stromverbrauchs seit 1990

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

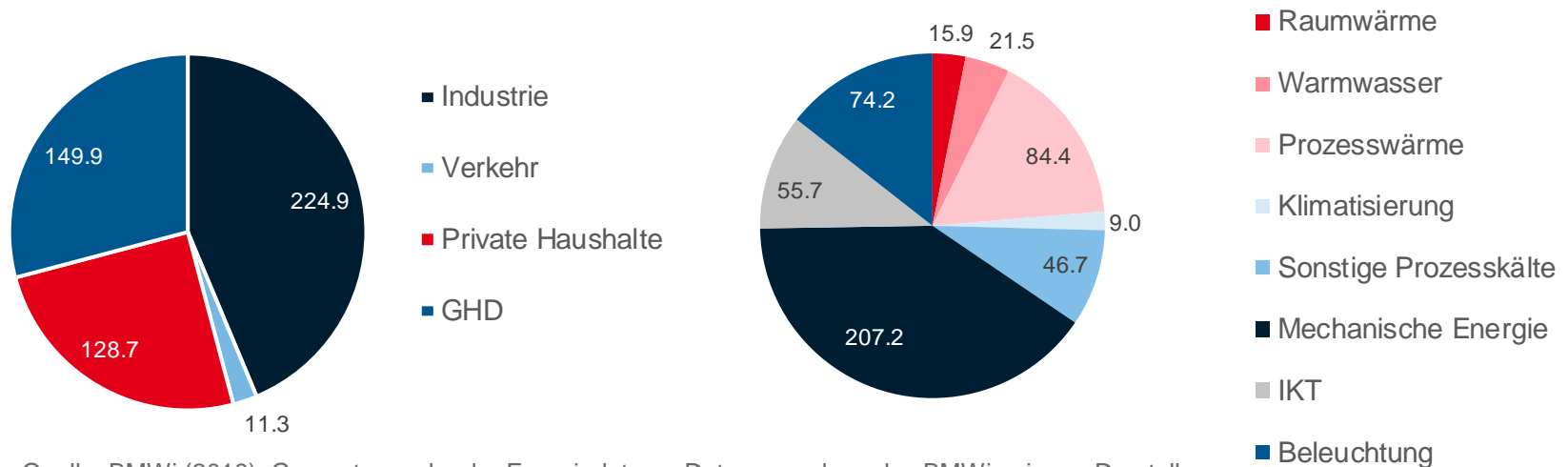
Endenergieverbrauch Strom (nach Sektoren)
1990 bis 2015



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

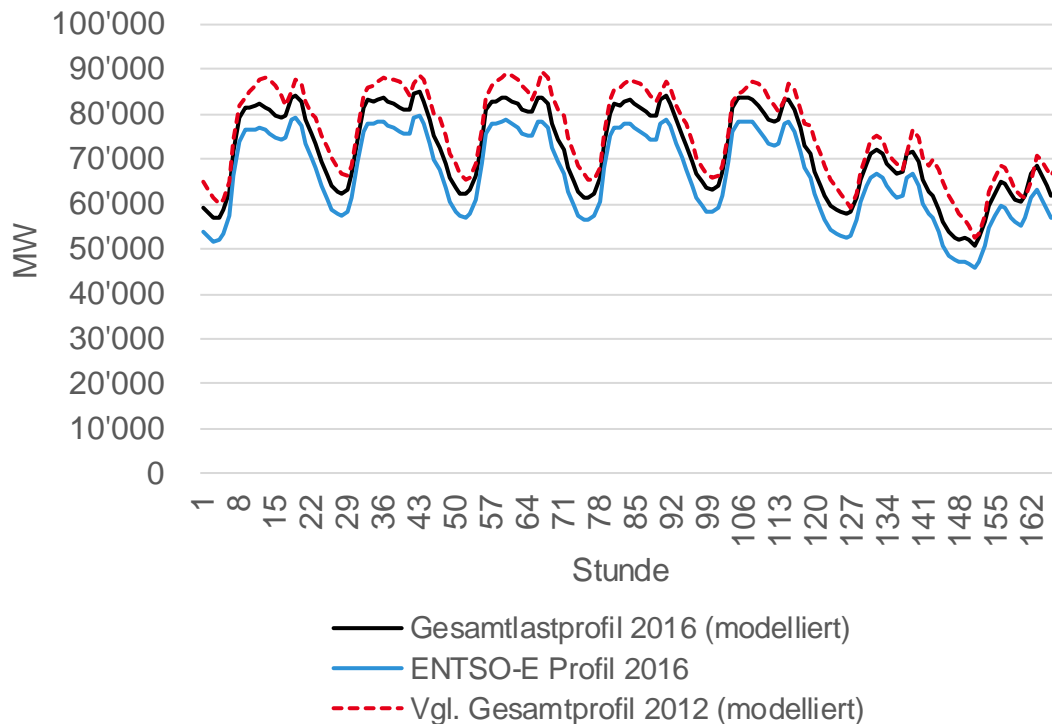


Quelle: BMWi (2018), Gesamtausgabe der Energiedaten – Datensammlung des BMWi , eigene Darstellung

- 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)



- Anm.: Gesamtlastprofil enthält den gesamten Stromverbrauch in Deutschland
- inkl. isolierte Arealnetze der Industrie und sonstigen Umwandlung
- inkl. Netzverluste, exkl. Verbrauch von Speicherpumpen und Eigenverbrauch von Kraftwerken

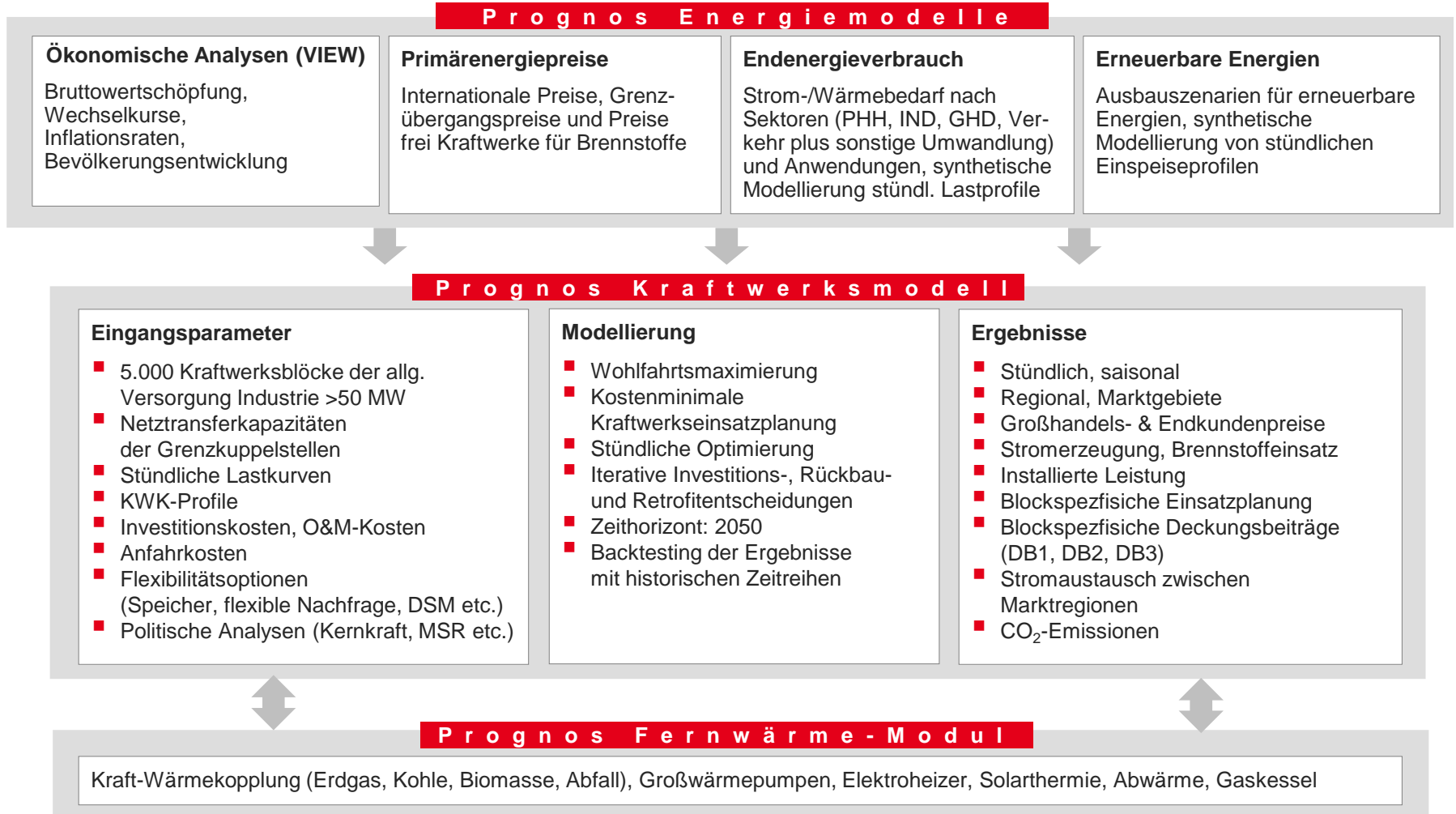
Quelle: entso-e (2017), Power Statistics (Monthly Hourly Load Values) , eigene Berechnung/eigene Darstellung

01 Motivation und Status-quo

02 Methodik

03 Ergebnisse

04 Fazit

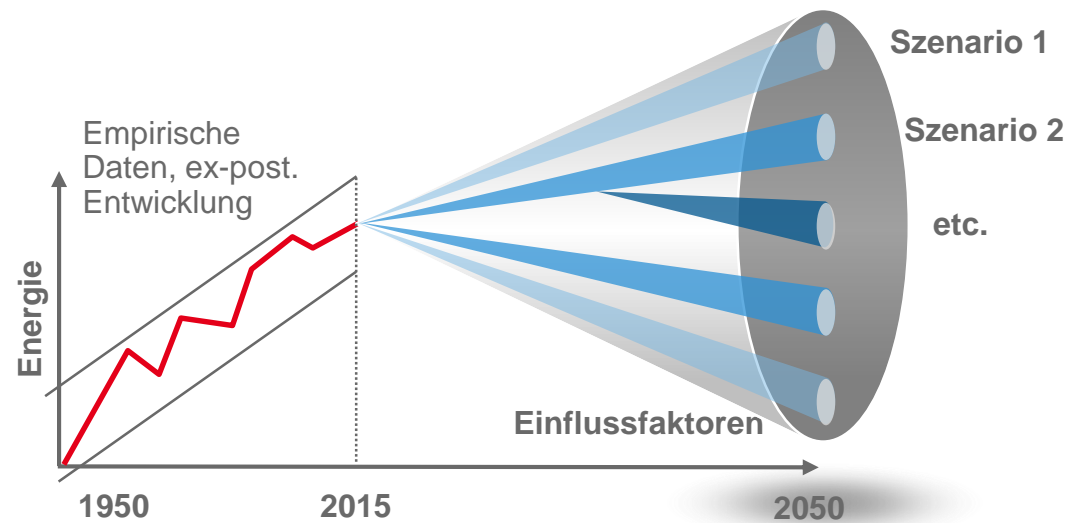


Energieszenarien

- 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

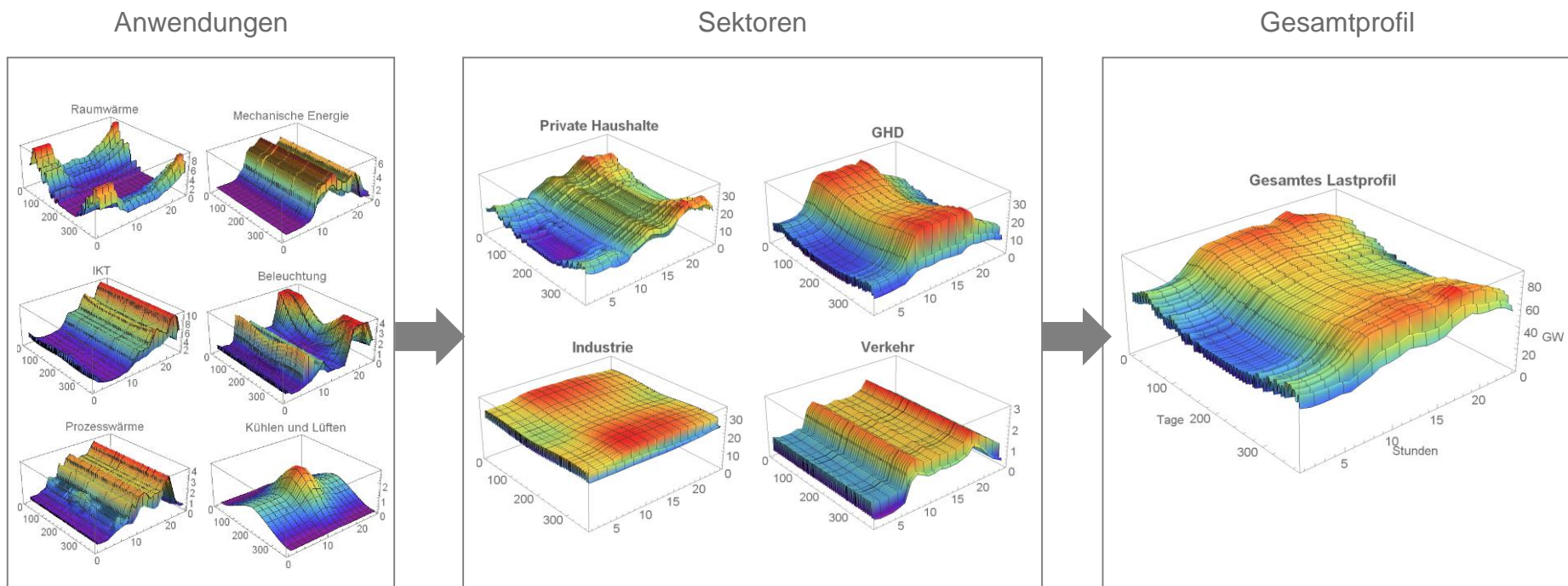
$$EED(t) = \sum_{i,j,k,l,m} M_{i,j,k,l,m}(soc, t) \bullet \varepsilon_{i,j,k,l,m}(tech, t)$$

<i>i</i>	Energieträger
<i>j</i>	Sektor
<i>k</i>	Gebäude, Geräte, Heizungssysteme, Fahrzeugstypen, Produktionsprozesse, etc.
<i>l</i>	Kohortenindex (d.h. Jahr der Investition, Reinvestition, etc.)
<i>m</i>	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

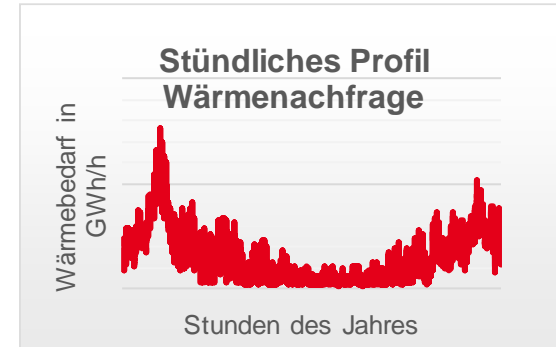
- Basis der Modellierung:
 - anwendungsspezifischer Stromverbrauch aus den Nachfragesektoren
 - aggregierte Lastprofile pro Anwendung
 - Kalibration mit Gesamtlastprofil



Quelle: eigene Darstellung

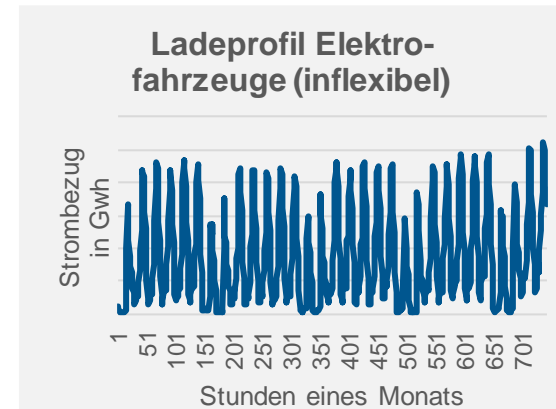
Wärmepumpen (Gebäude)

- 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

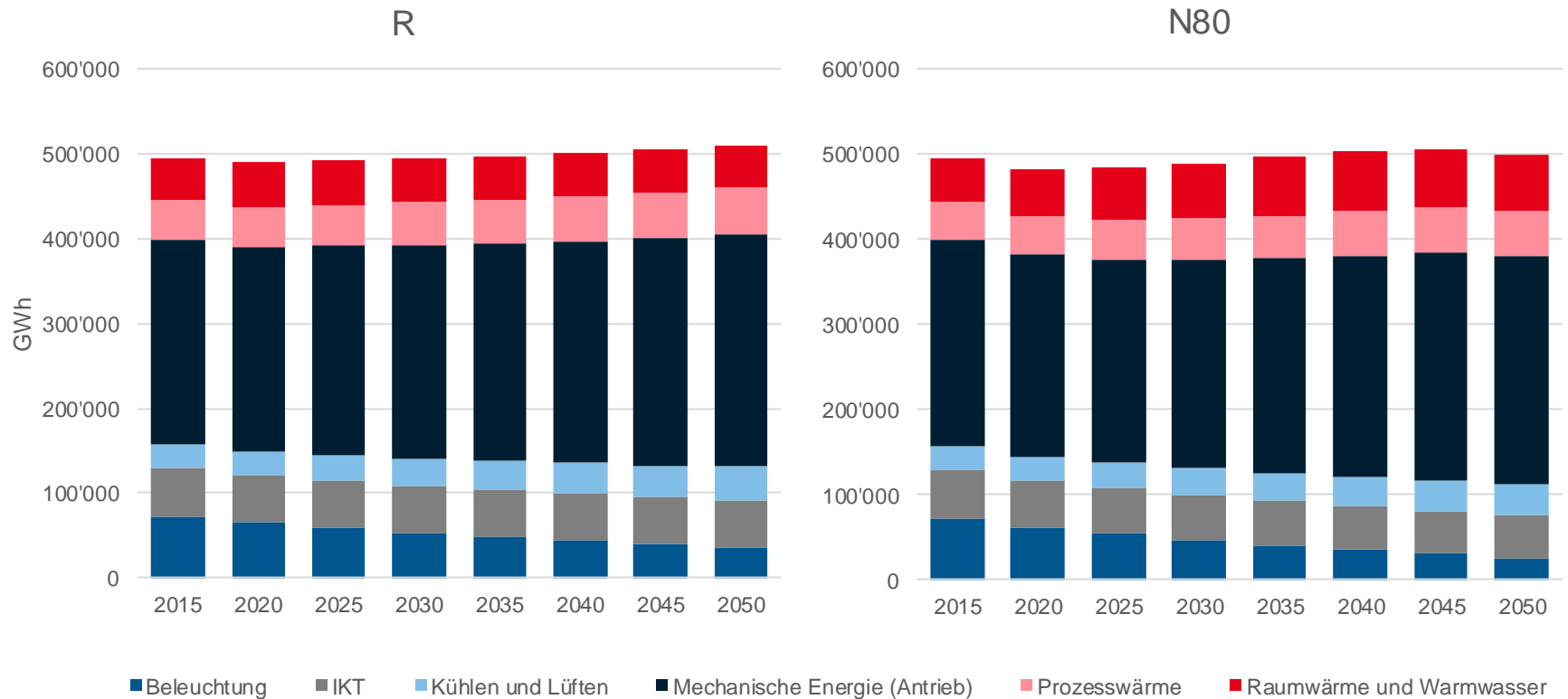
02 Methodik

03 Ergebnisse

04 Fazit

Referenzscenario vs. N80

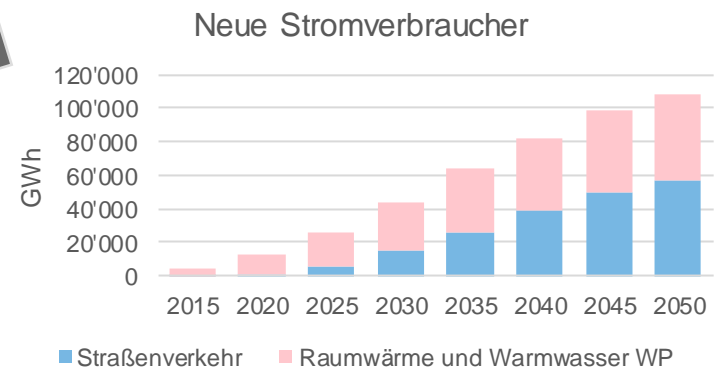
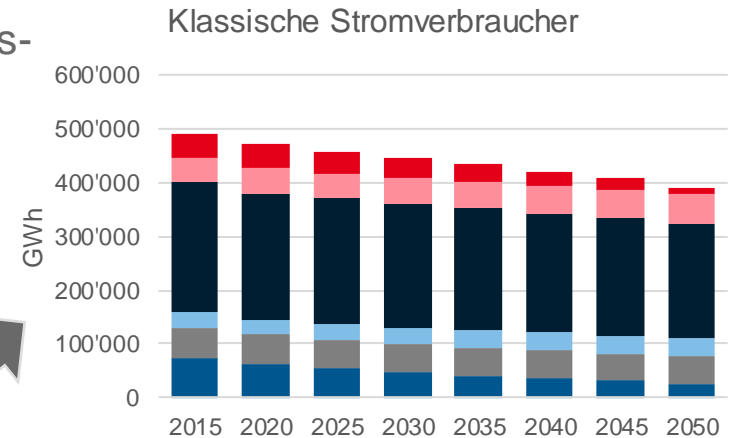
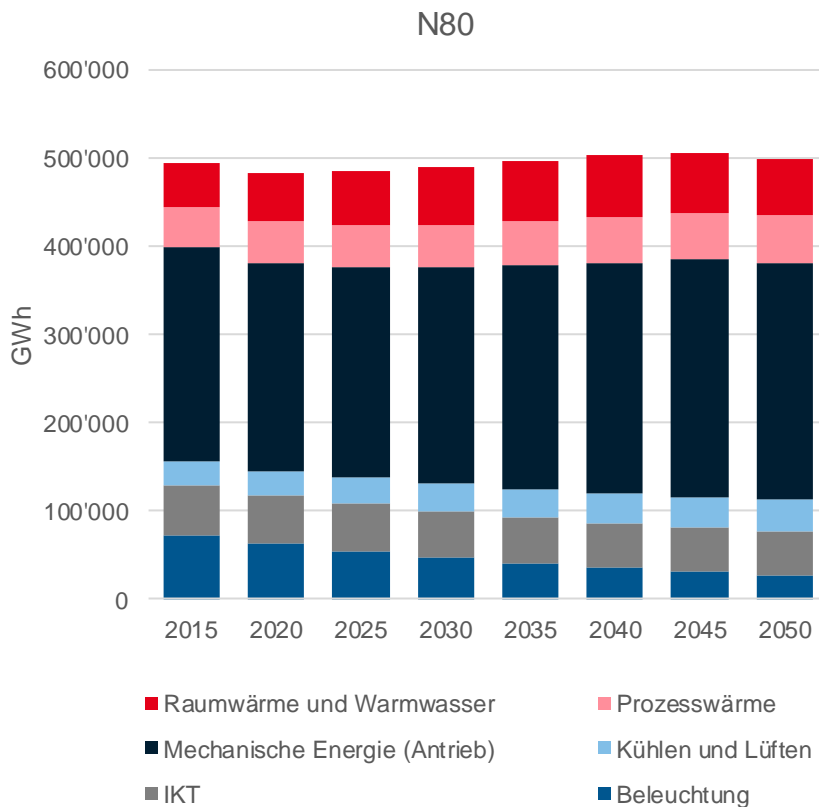
- Endenergieverbrauch Strom (2015 bis 2050)



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

Referenzszenario vs. N80

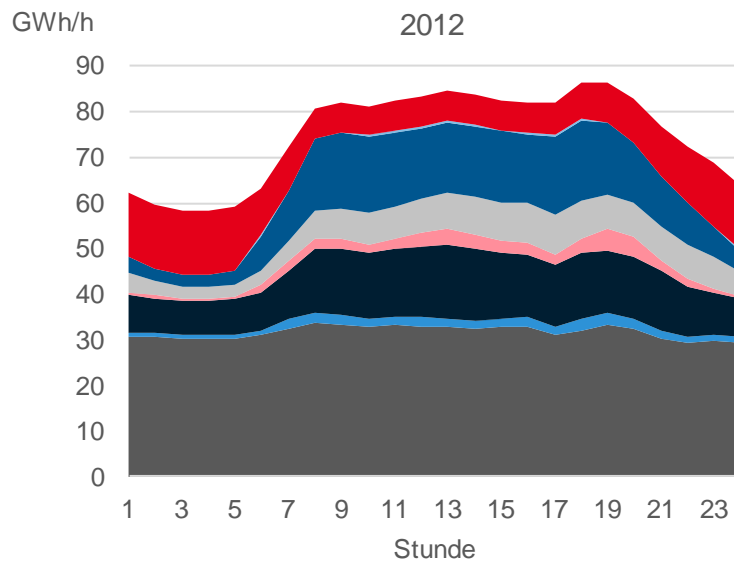
- Neue Stromverbraucher kompensieren Verbrauchsrückgang im klassischen Stromverbrauch



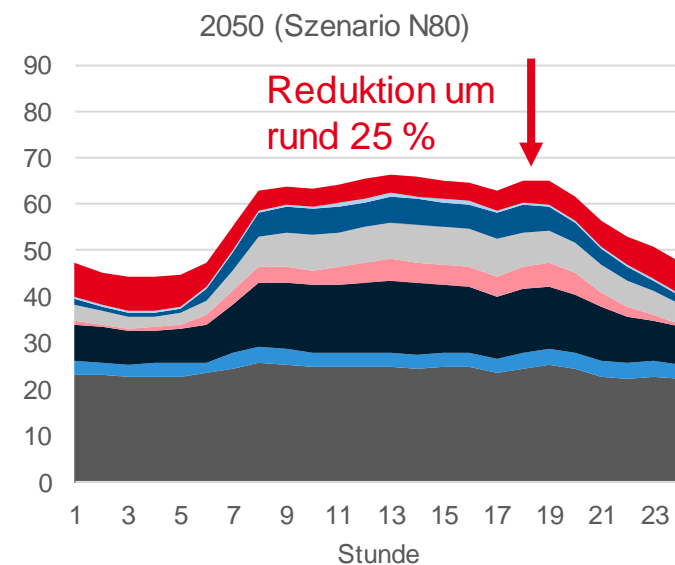
Quelle: Prognos & BCG, Klimapfade für Deutschland (2018), eigene Darstellung

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



- Raumwärme und Warmwasser (konv.)
- Beleuchtung
- Prozesswärme
- Schienenverkehr

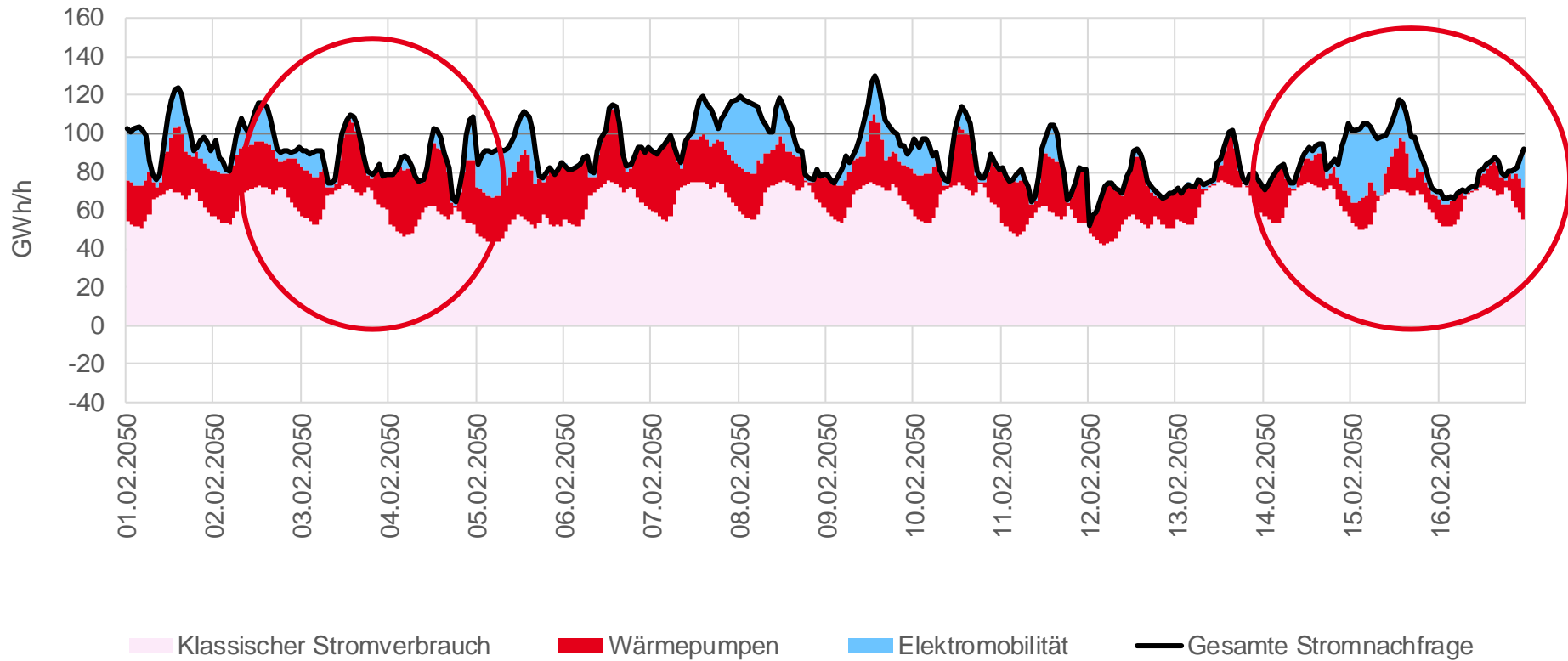


- Klimatisierung
- IKT
- Mechanische Energie
- Industrie und sonstige Umwandlung

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 CO₂-Emissionen im Stromsektor von 272 Mio. t CO₂ im Jahr 2015 auf rund 33 Mio. t CO₂ 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 CO₂-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