

Auswirkungen verschiedener Sektorenkopplungspfade auf die elektrische Residuallast in Systemen mit hoher fluktuierender Einspeisung

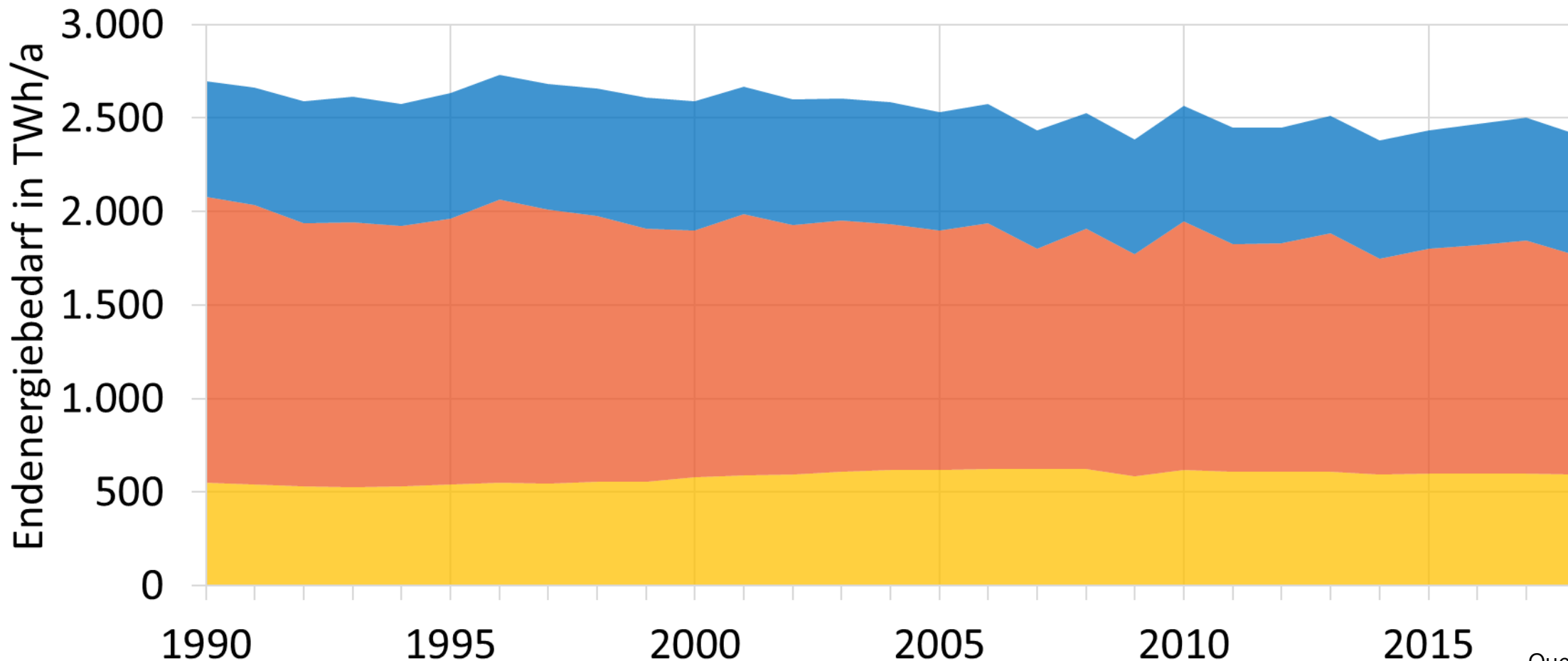
Tobias Zimmermann
Hendrik Tödter
Oliver Schülting
Alfons Kather

EnInnov2020
Graz

13.02.2020

Motivation – Energiesystem Deutschland

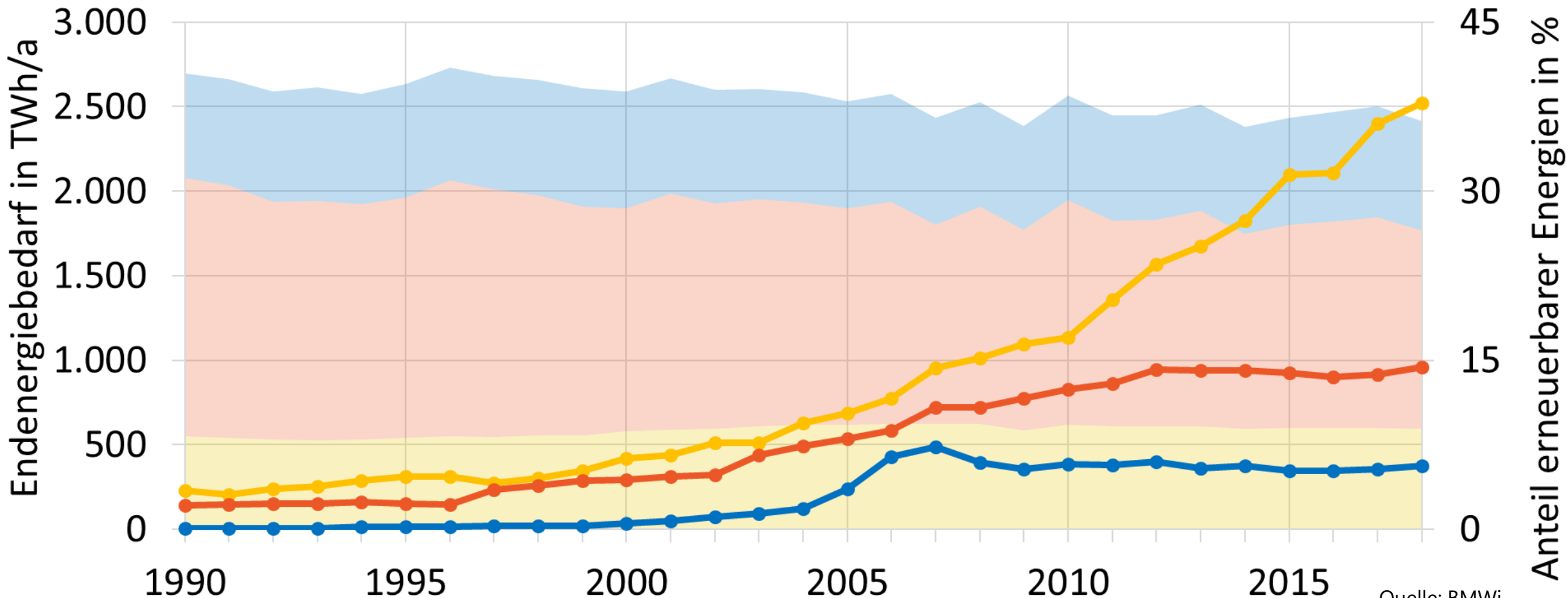
Bruttostromverbrauch Endenergiebedarf Wärme Endenergiebedarf Verkehr



Quelle: BMWi

Motivation – Energiesystem Deutschland

■ Bruttostromverbrauch
 ■ Endenergiebedarf Wärme
 ■ Endenergiebedarf Verkehr
● Anteil EE Strom
 ● Anteil EE Wärme
 ● Anteil EE Verkehr



Quelle: BMWi

Ziel und allgemeine Methodik

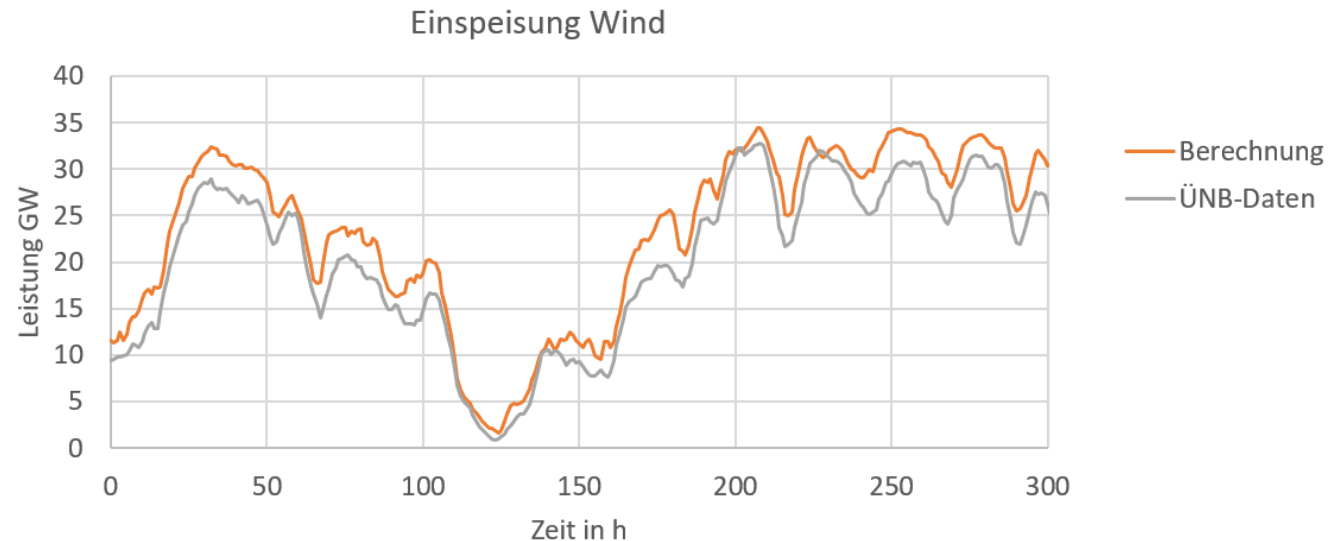
Ziel und allgemeine Methodik

- Untersuchung verschiedener Sektorenkopplungspfade für das deutsche Energiesystem
 - Elektrischer Bedarf
 - Resultierende Residuallast
- Ermittlung elektrischer Ganglinien in hoher zeitlicher und regionaler Auflösung für die Sektoren
 - Strom
 - Wärme
 - Verkehr
- Modellierung von regenerativen Erzeugungsganglinien
- Bezugs-/Wetterjahr 2015
- Regionale Gliederungsebene: Gemeinden (11.168)

Sektorspezifische Methodik

Regenerative Stromerzeugung

- Erstellung synthetischer Profile auf Gemeindeebene für Windenergie und Photovoltaik
 - Ausbau bis 2050 angelehnt an Netzentwicklungsplan (NEP) 2030
- Aktueller Stand der Einspeisung aus Biomasse und Wasserkraft

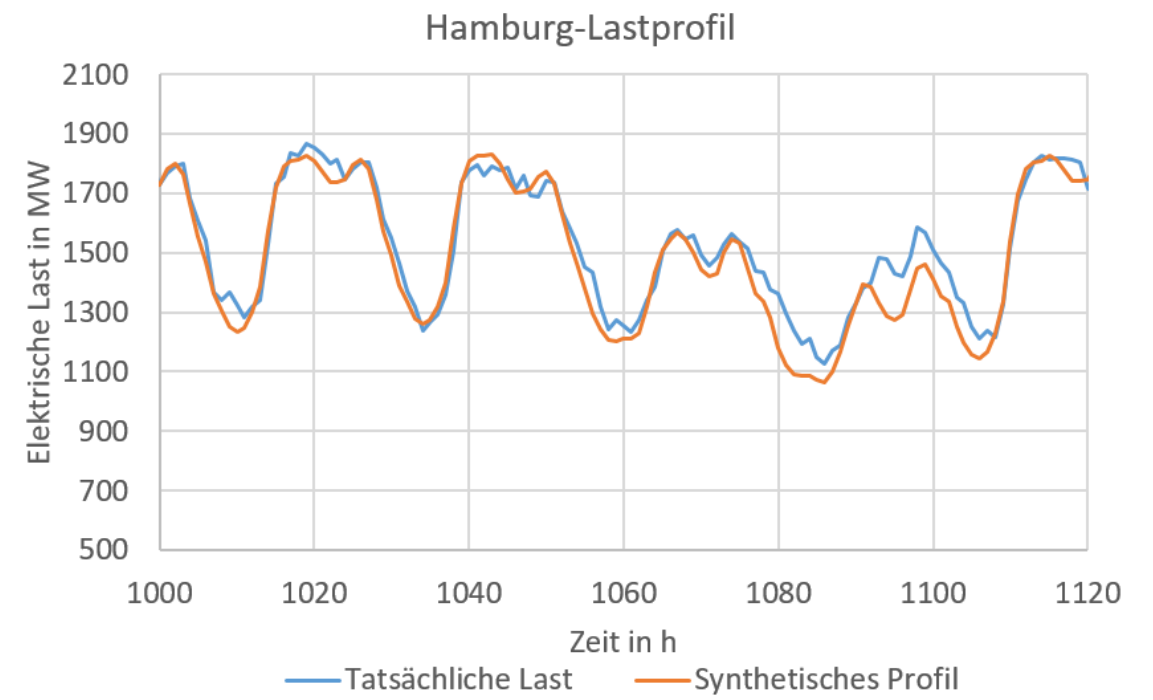


$$\text{Regionales Lastprofil} = \text{Spezifischer Verbrauch} \cdot \text{Einwohner/Erwerbstätiger} \cdot \text{Normierte Profile}$$

$$+ \text{Temperaturabhängiger Anteil}$$

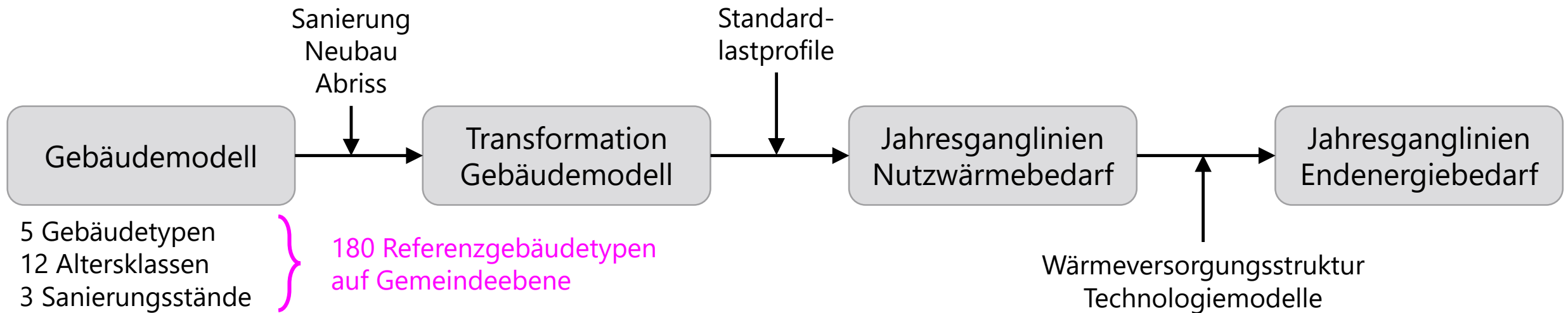
Basierend auf Standardlastprofilen

Herausgefiltert aus deutschlandweiter Last in Abhängigkeit einer deutschlandweit gemittelten Temperatur



Wärmesektor

- Sektorale Aufteilung des Wärmebedarfs
 - Haushalt *(bottom up)*
 - GHD, Industrie *(top down)*
- Unterscheidung der Bedarfsarten
 - Raumwärme, Warmwasser, Prozesswärme
- Ermittlung von Nutz- und Endenergiebedarfsganglinien



Verkehrssektor

- Schienenverkehr
 - ÖPNV
 - Güterverkehr
- } *top down*

- Motorisierter Individualverkehr → *bottom up*

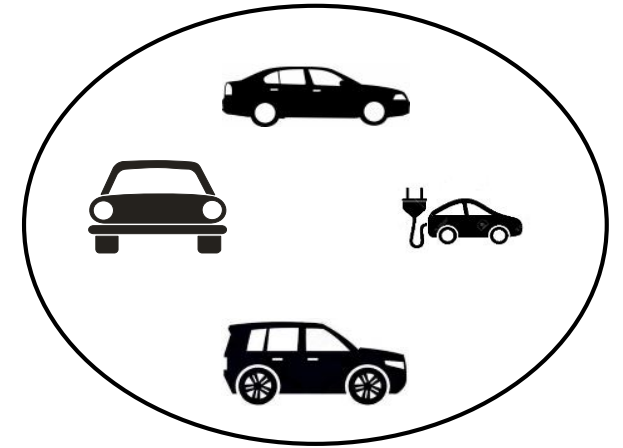
- Erzeugung eines synthetischen Fuhrparks

- Technologie/Kraftstoff
- 11 repräsentative Modelle/Segmente
- Fahrleistung

- zeitlich & regional aufgelöster Mobilitätsbedarf
- Lade-/Tankmodell (→ "Lastgang")

Statistiken des Kraftfahrtbundesamts

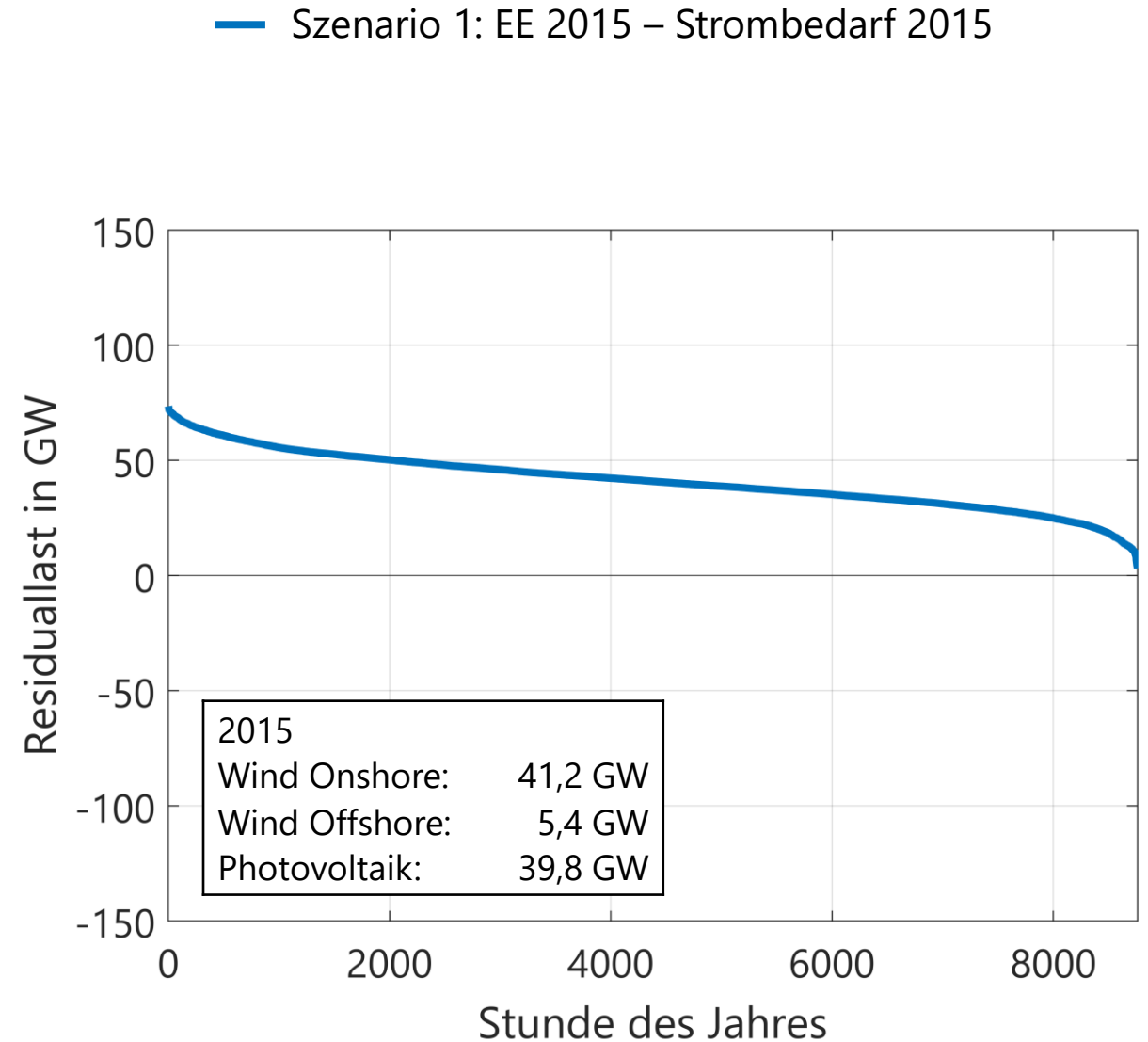
Mobilität in Deutschland 2017



Ergebnisse

Auswertung der Residuallast

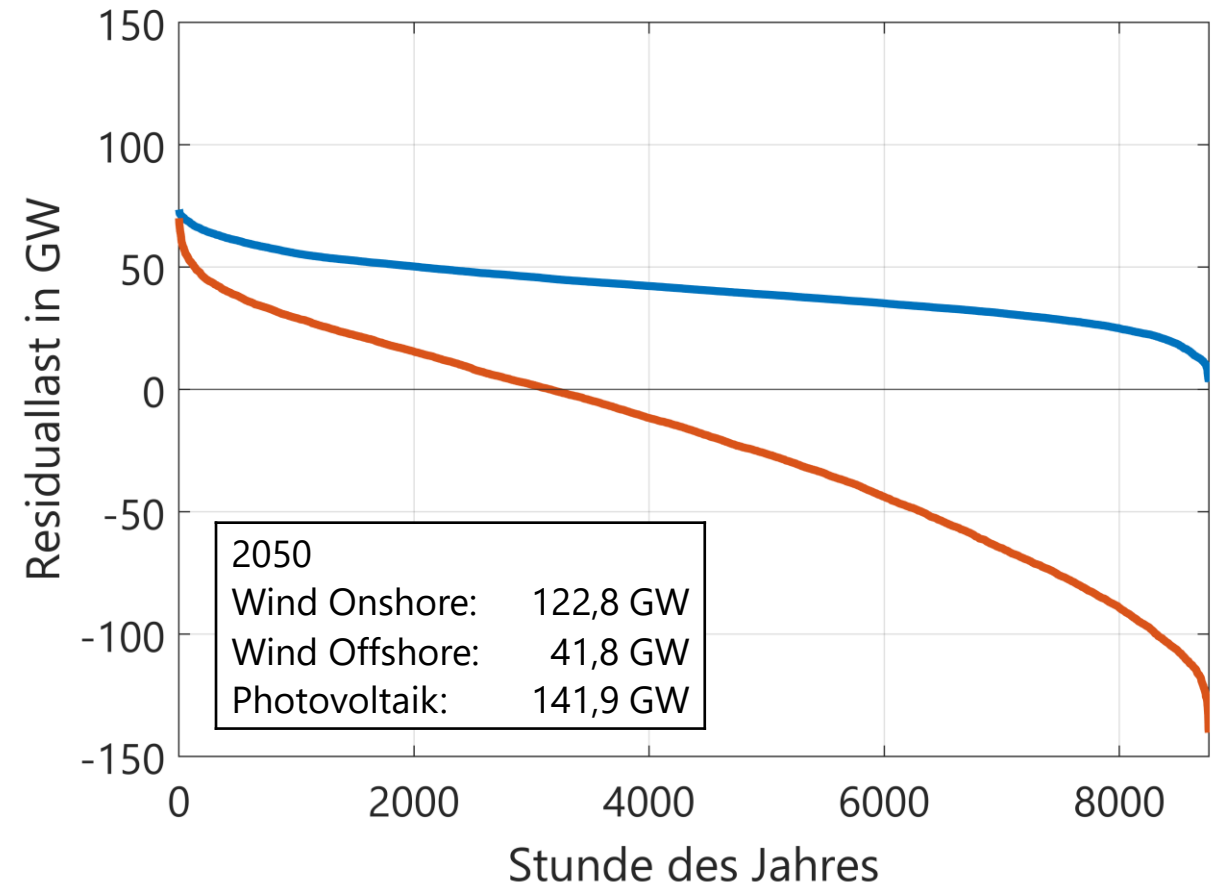
- Keine regenerativen Überschüsse
- Residuallast wird durch regenerative Energien reduziert



Auswertung der Residuallast

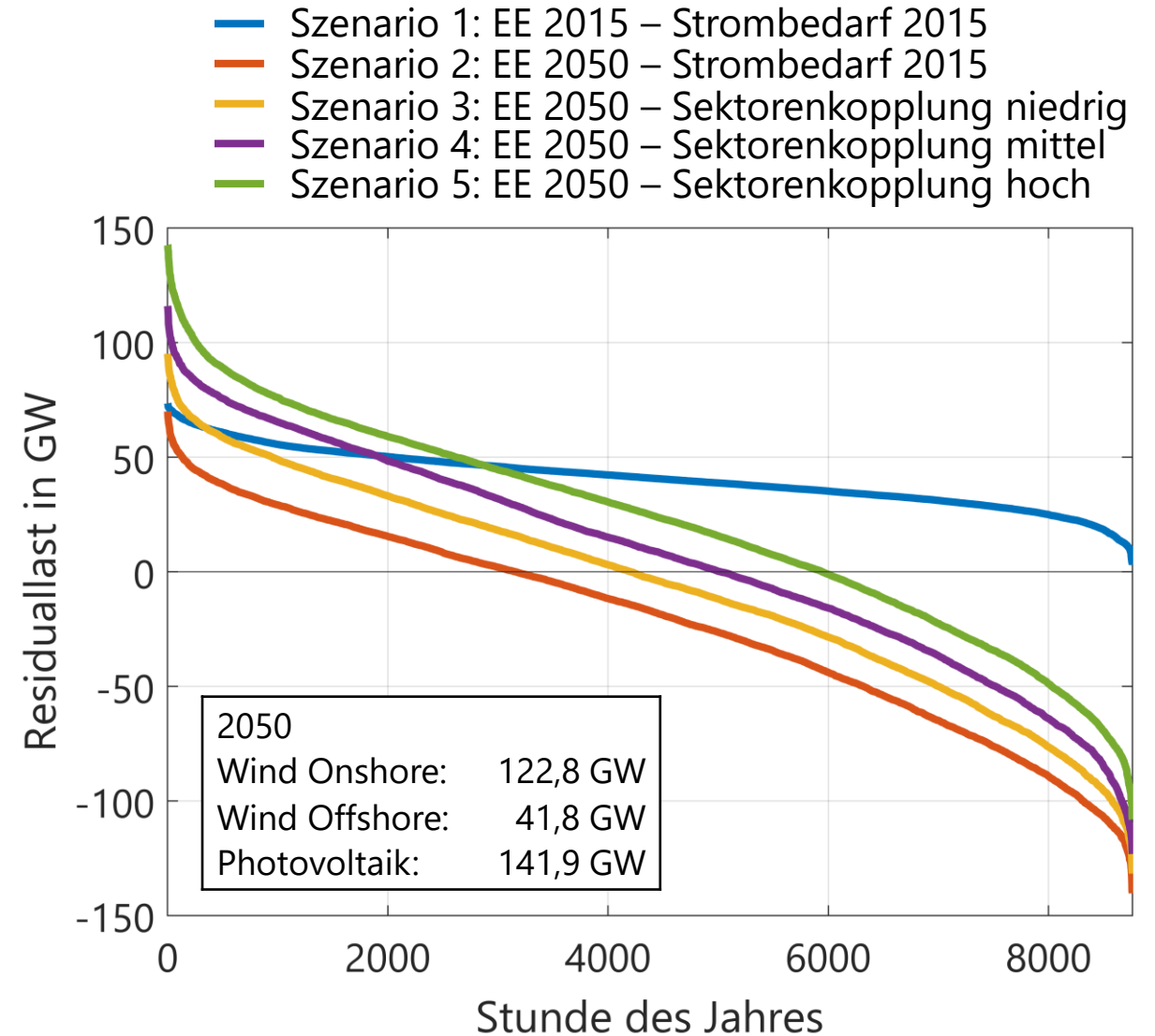
- Ausbau reg. Energien nach NEP30 beeinflusst die Residuallast deutlich
 - Regenerative Überschüsse bis zu 150 GW
 - Negative Jahressumme
- Maximale Residuallast kaum verändert

- Szenario 1: EE 2015 – Strombedarf 2015
- Szenario 2: EE 2050 – Strombedarf 2015



Auswertung der Residuallast

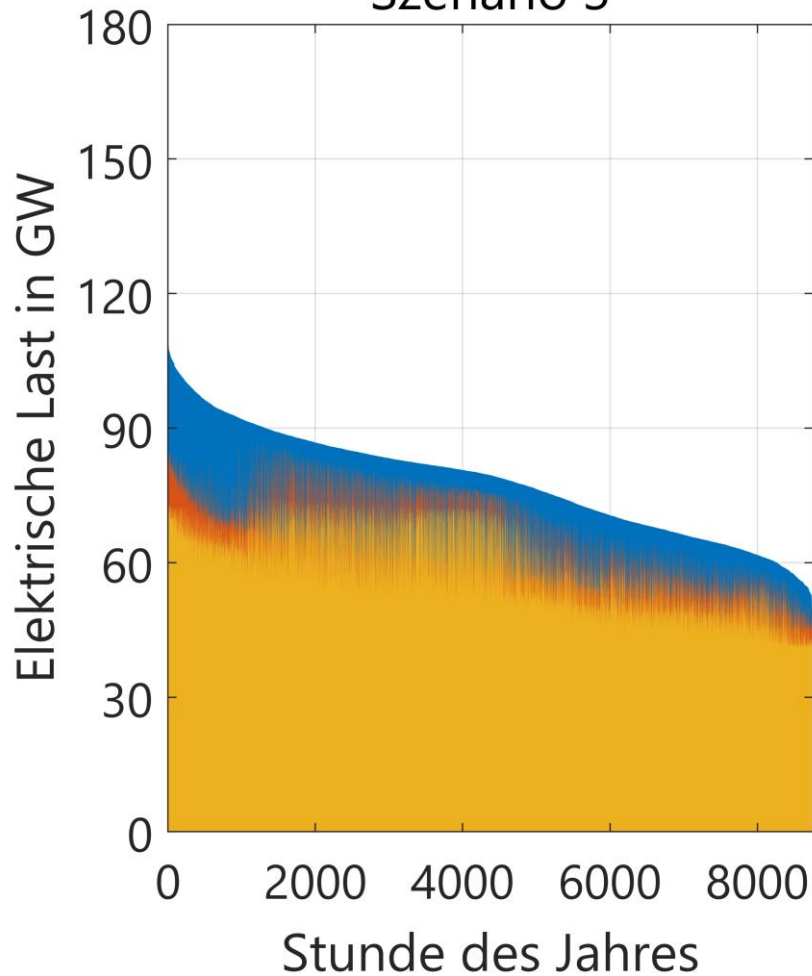
- Erhöhung der maximalen Residuallast auf über 140 GW
- Verringerung der minimalen Residuallast auf -118 GW
- Trotz erhöhter Effizienz in Szenario 5 steigt der elektrische Energiebedarf massiv
- Jahressumme in Szenario 4 und 5 positiv



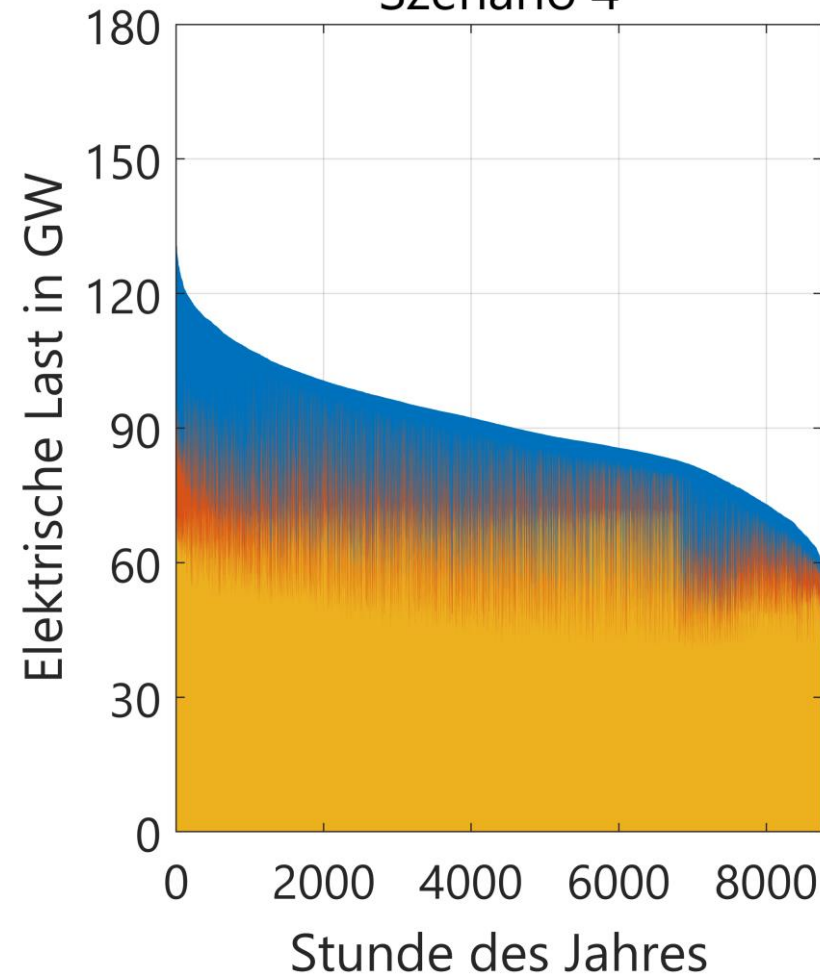
Jahresdauerlinie der elektrischen Last

■ Stromsektor ■ Wärmesektor ■ Verkehrssektor

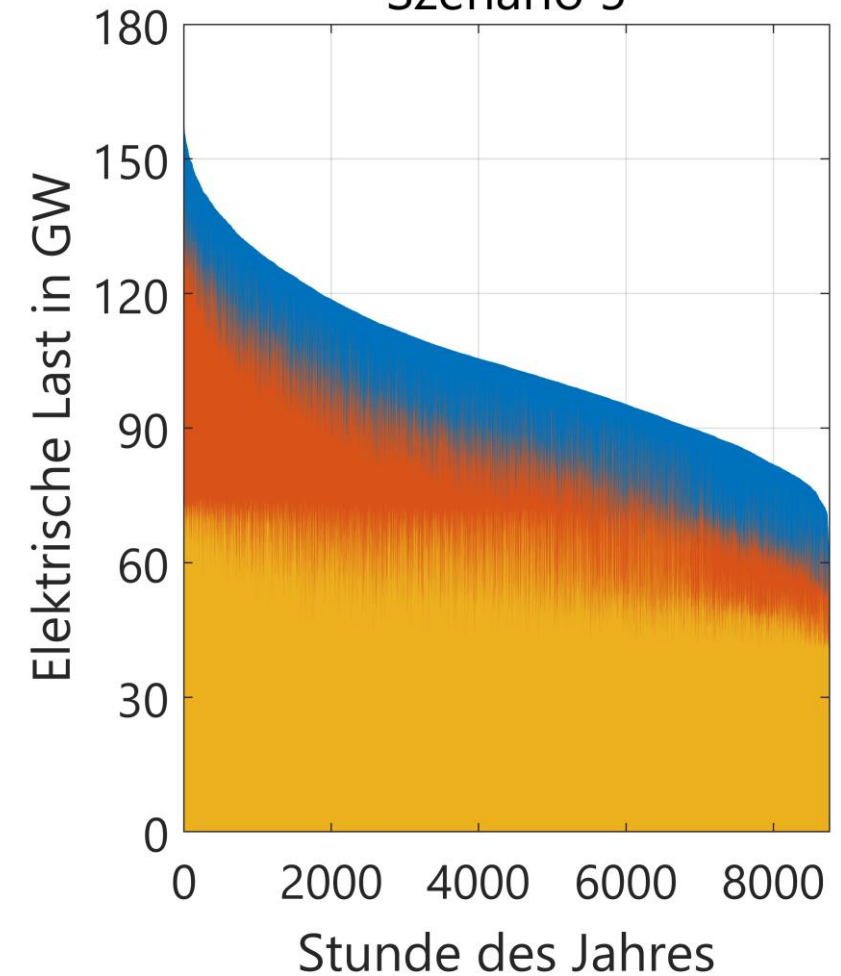
Szenario 3



Szenario 4

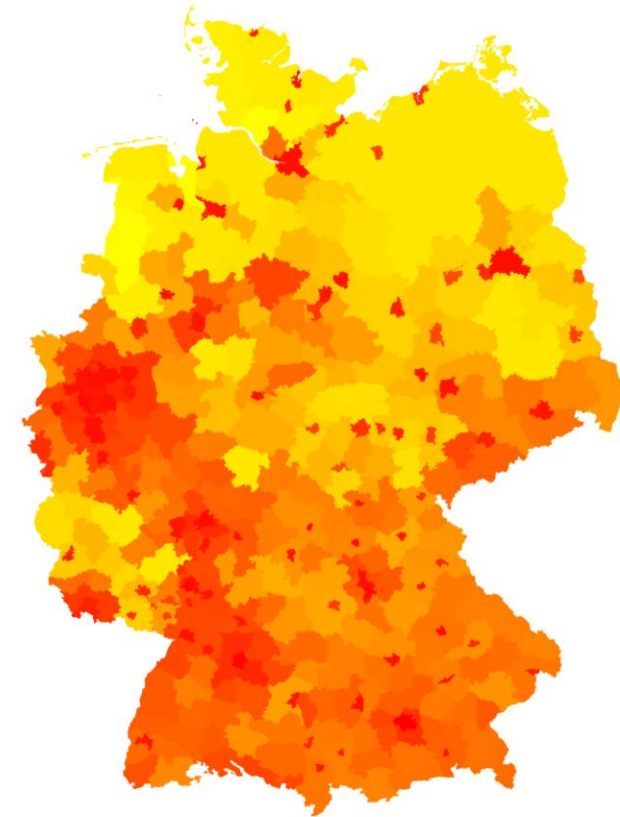


Szenario 5



Ergebnisse auf Landkreisebene – Szenario 4 (Sektorenkopplung mittel)

- Hohe regionale Unterschiede
- Großstädte vs. Ländliche Regionen
- Nord-Süd Differenz



Fazit

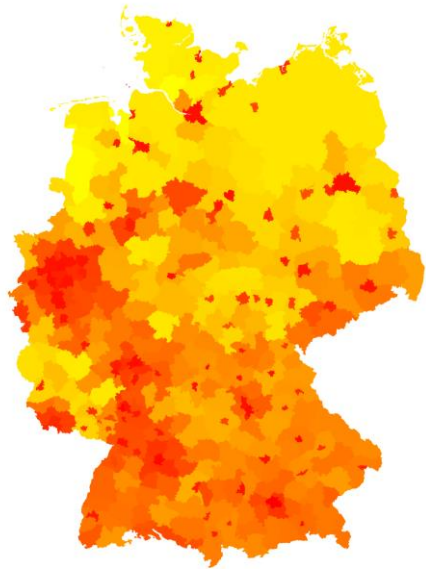
Fazit und Ausblick

- Starke regionale Unterschiede in Last und Erzeugung
- Sektorenkopplung kann zu stark erhöhten elektrischen Bedarfen führen
- Anstieg der maximalen Residuallasten
- Ausbau der erneuerbaren Energien nach NEP2030 nicht ausreichend, um definierte Ziele zu erreichen
- Ermittelte Ganglinien ermöglichen detaillierte Energiesystemsimulation
- Technologiediffusion schwierig zu prognostizieren

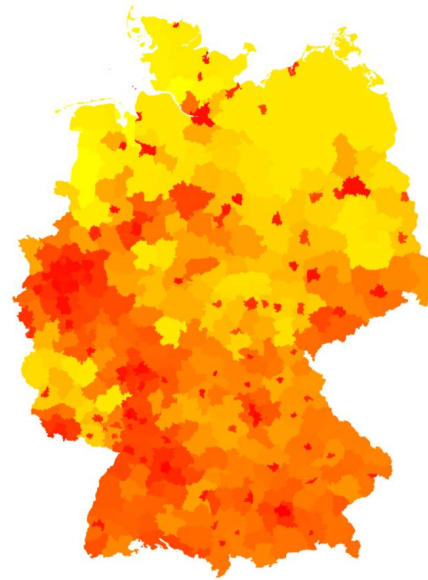
Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Ergebnisse auf Landkreisebene

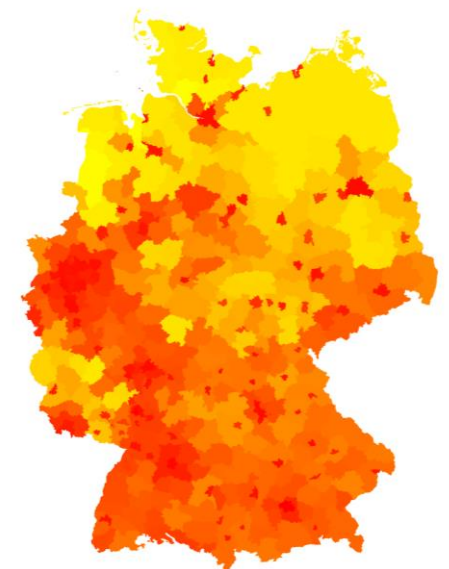
- Hohe regionale Unterschiede
 - Nord-Süd Differenz
 - Großstädte / Ballungsräume



Szenario 3

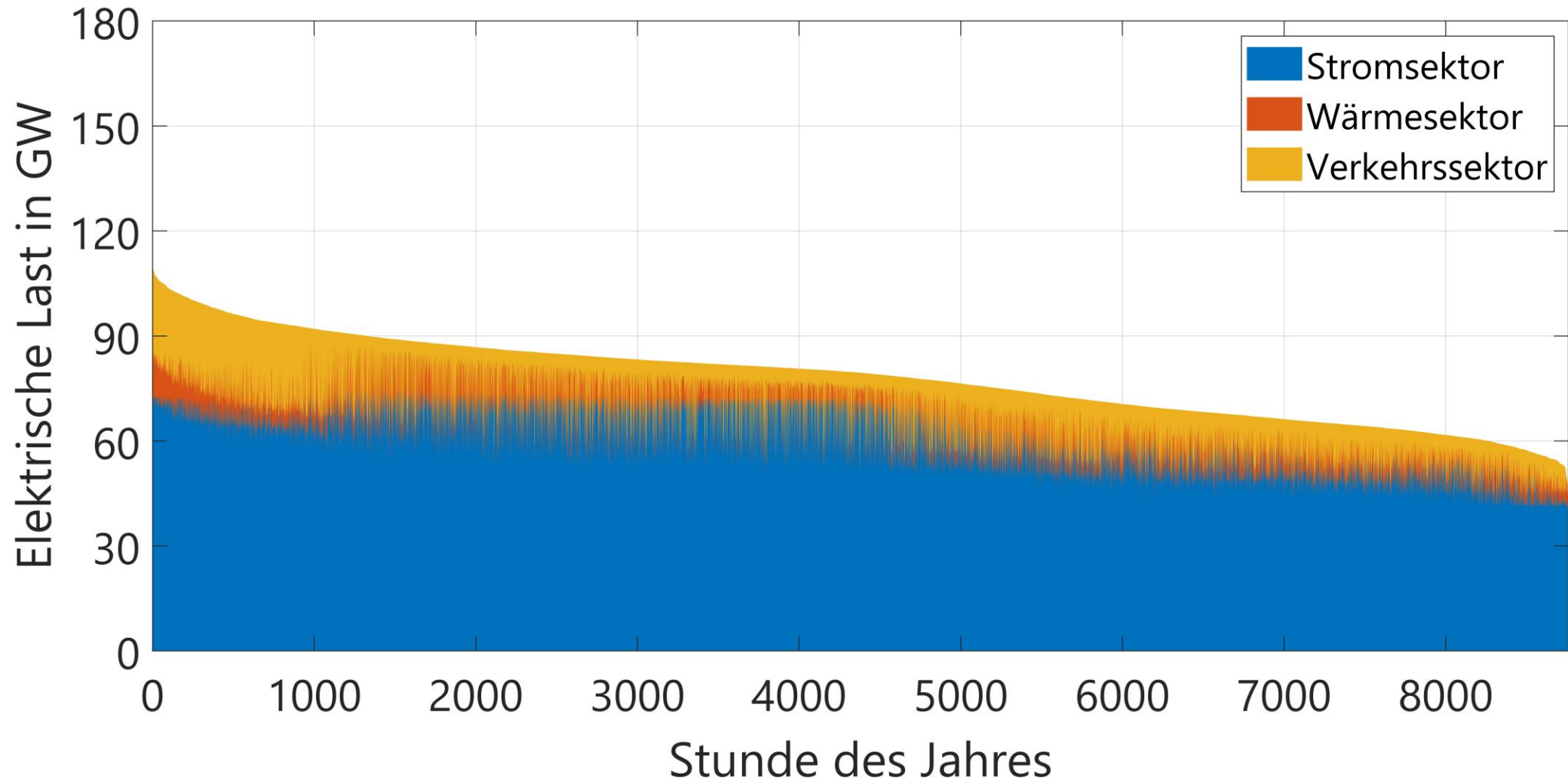


Szenario 4

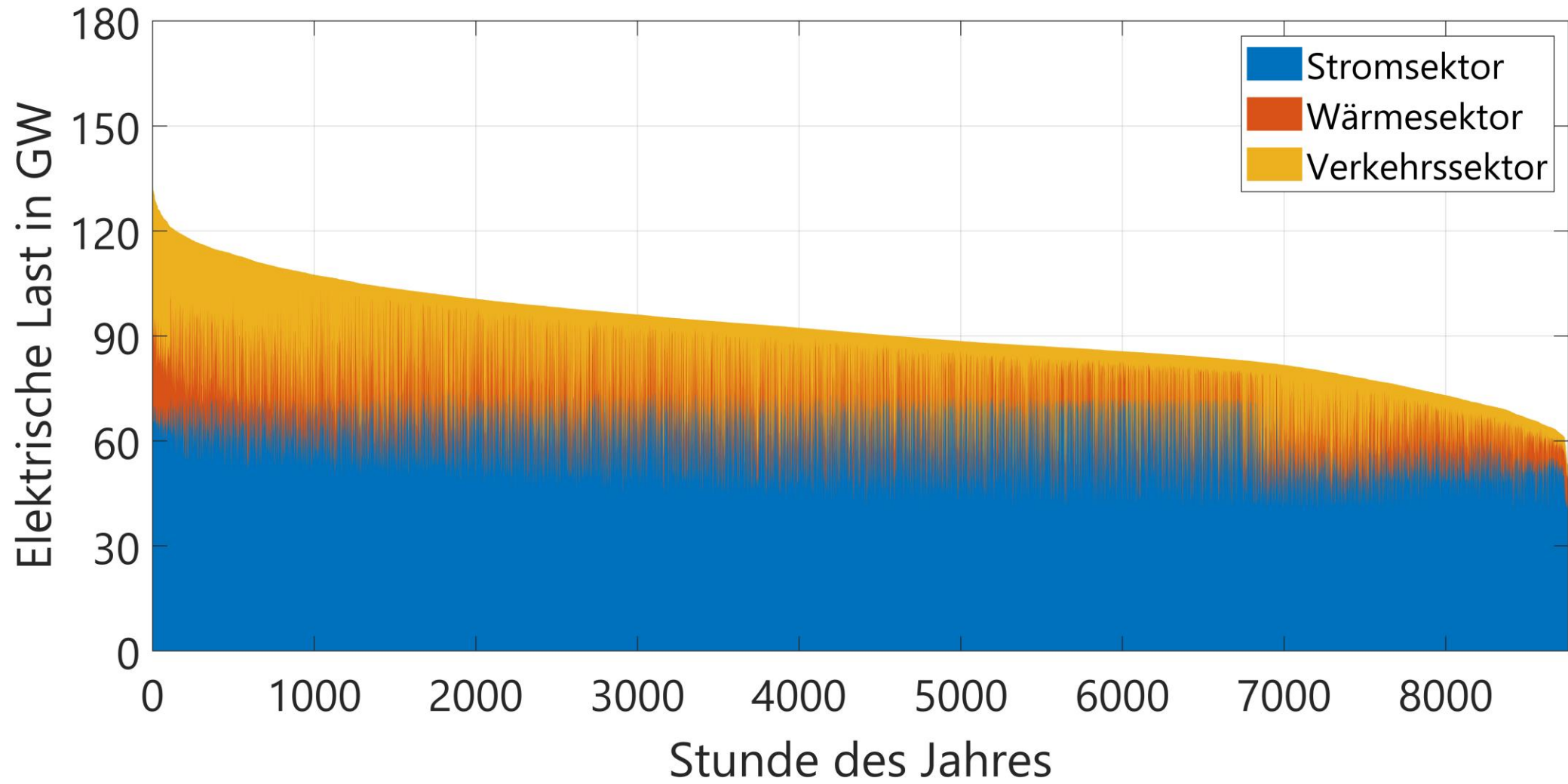


Szenario 5

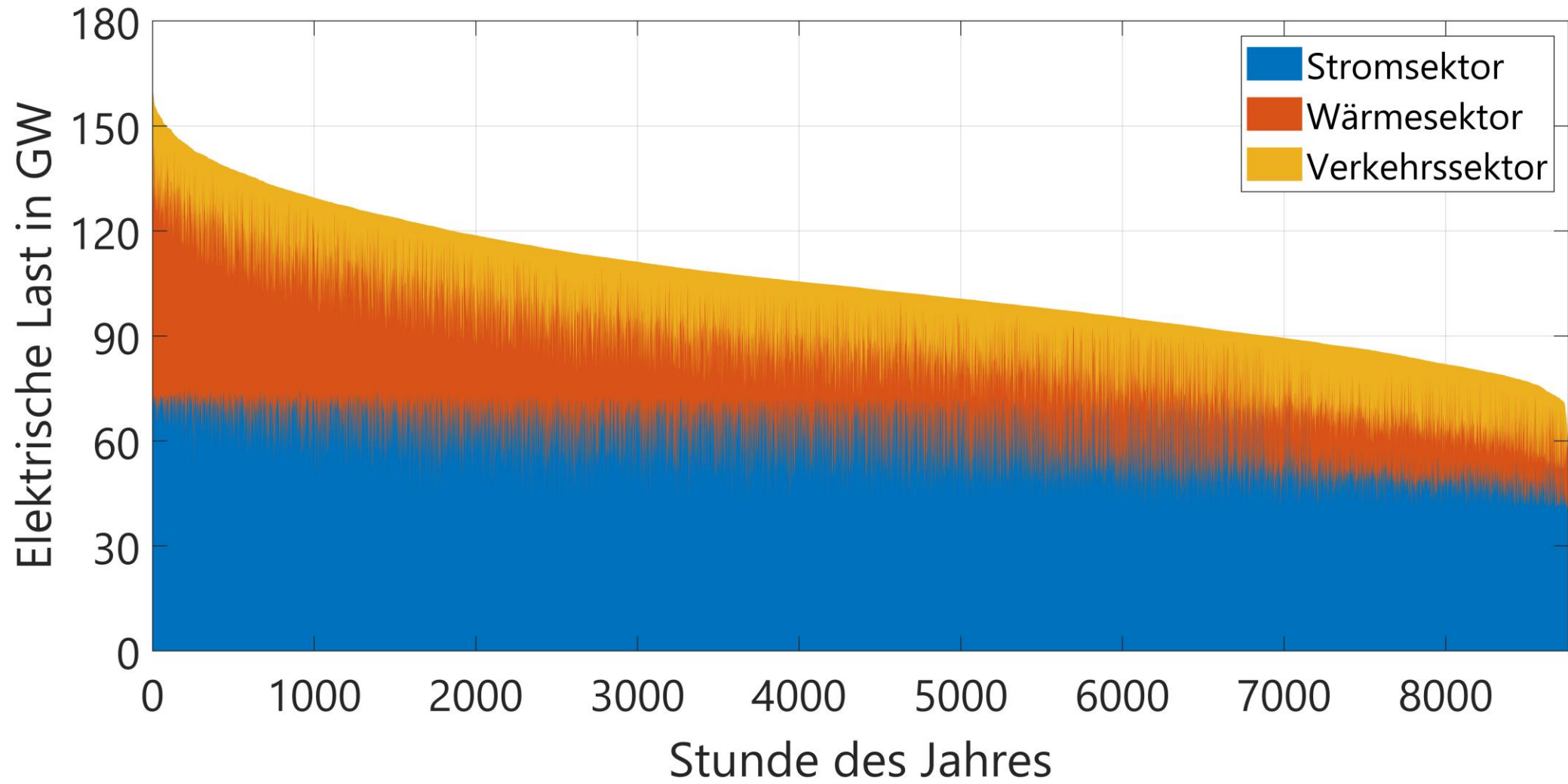
Jahresdauerlinie der elektrischen Last – Szenario 3



Jahresdauerlinie der elektrischen Last – Szenario 4



Jahresdauerlinie der elektrischen Last – Szenario 5



Ergebnisse 1 – Elektrischer Energiebedarf

Szenario	Elektrischer Jahres-energiebedarf (TWh/a)	Maximale elektrische Last (GW)	Minimale elektrische Last (GW)
1	543,35	82,53	39,14
2	543,35	82,53	39,14
3	682,38	110,38	47,10
4	801,12	134,35	51,83
5	924,22	162,75	60,13

Ergebnisse 2 - Residuallasten

Szenario	Maximale Residuallast (GW)	Minimale Residuallast (GW)	Summe positive Residuallast (TWh/a)	Summe negative Residuallast (TWh/a)
1	73,53	3,10	360,05	0
2	70,00	-149,55	67,38	-287,45
3	95,16	-140,62	132,48	-213,52
4	115,94	-132,49	198,71	-160,95
5	142,56	-118,37	267,56	-106,76

Annahmen 1 – Regenerative Erzeugung

Jahr	Wind Onshore		Wind Offshore		Photovoltaik		Biomasse		Wasserkraft	
	GW	TWh/a	GW	TWh/a	GW	TWh/a	GW	TWh/a	GW	TWh/a
2015	41,2	72,2	5,4	8,3	39,8	38,7	7,4	44,6	5,6	19,0
2050	122,8	343,2	41,8	175,3	141,9	140,8	7,2	45,6	5,6	20,4

Annahmen 2 – Sektorspezifische Annahmen

Wärme Szenario	Haushalt		GHD		Industrie		
	Anteil WP	Sanierungs- rate	Anteil WP	Jährliche Effizienz- steigerung	Anteil WP	Anteil Direkt- elektrisch	Jährliche Effizienz- steigerung
3	13,8 %	1 %	13,8 %	0,4 %	0 %	9,4 %	0,4 %
4	28,1 %	2 %	28,1 %	0,7 %	11 %	20 %	0,7 %
5	77,5 %	3 %	77,5 %	1 %	18 %	40 %	1 %

Verkehr Szenario	MIV			ÖPNV (Busse)			GV	
	Anteil BEV	Anteil Hybrid	Effizienz- steigerung	Anteil OHEV	Anteil BEV	Effizienz- steigerung	Anteil OHEV	Anteil BEV
3	39 %	22 %	0 %	0 %	25 %	0 %	0 %	9 %
4	39 %	34 %	17 %	0 %	57 %	10 %	1 %	73 %
5	68 %	23 %	33 %	28 %	62 %	20 %	20 %	71 %

Tagesgang des MIVs in Deutschland

