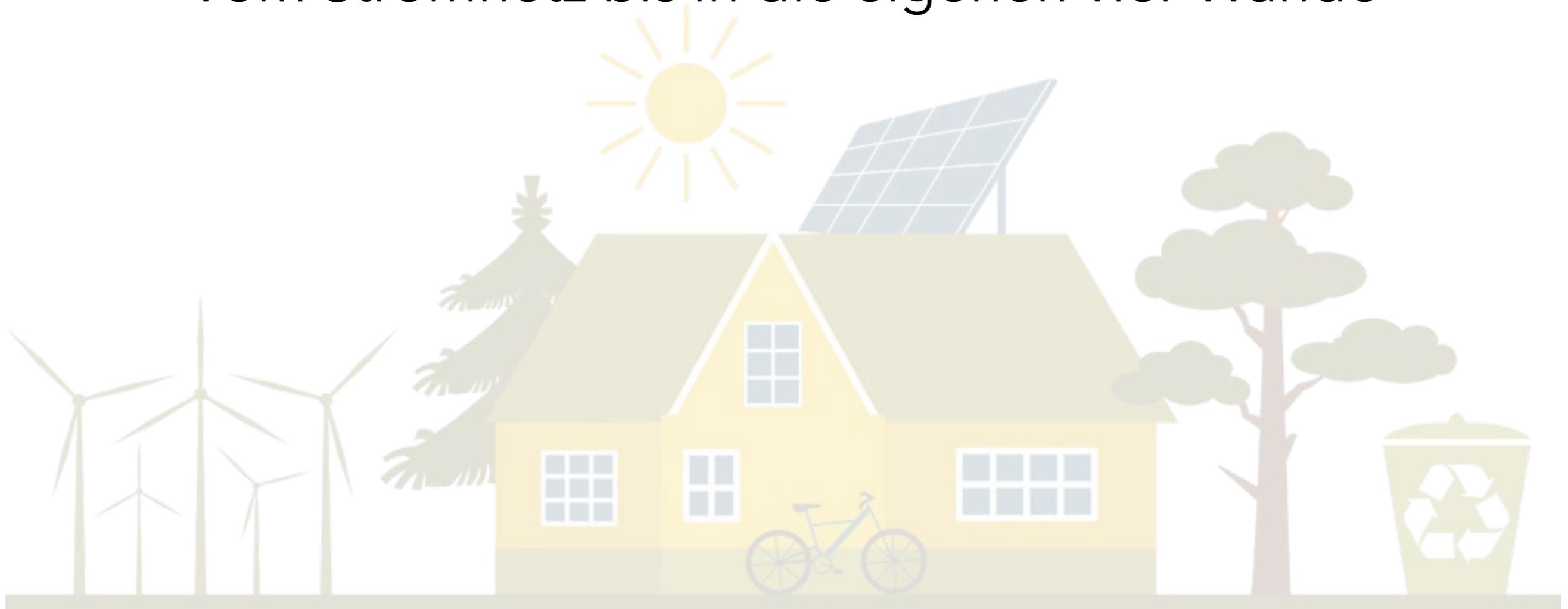


Energiemanagement

Vom Stromnetz bis in die eigenen vier Wände



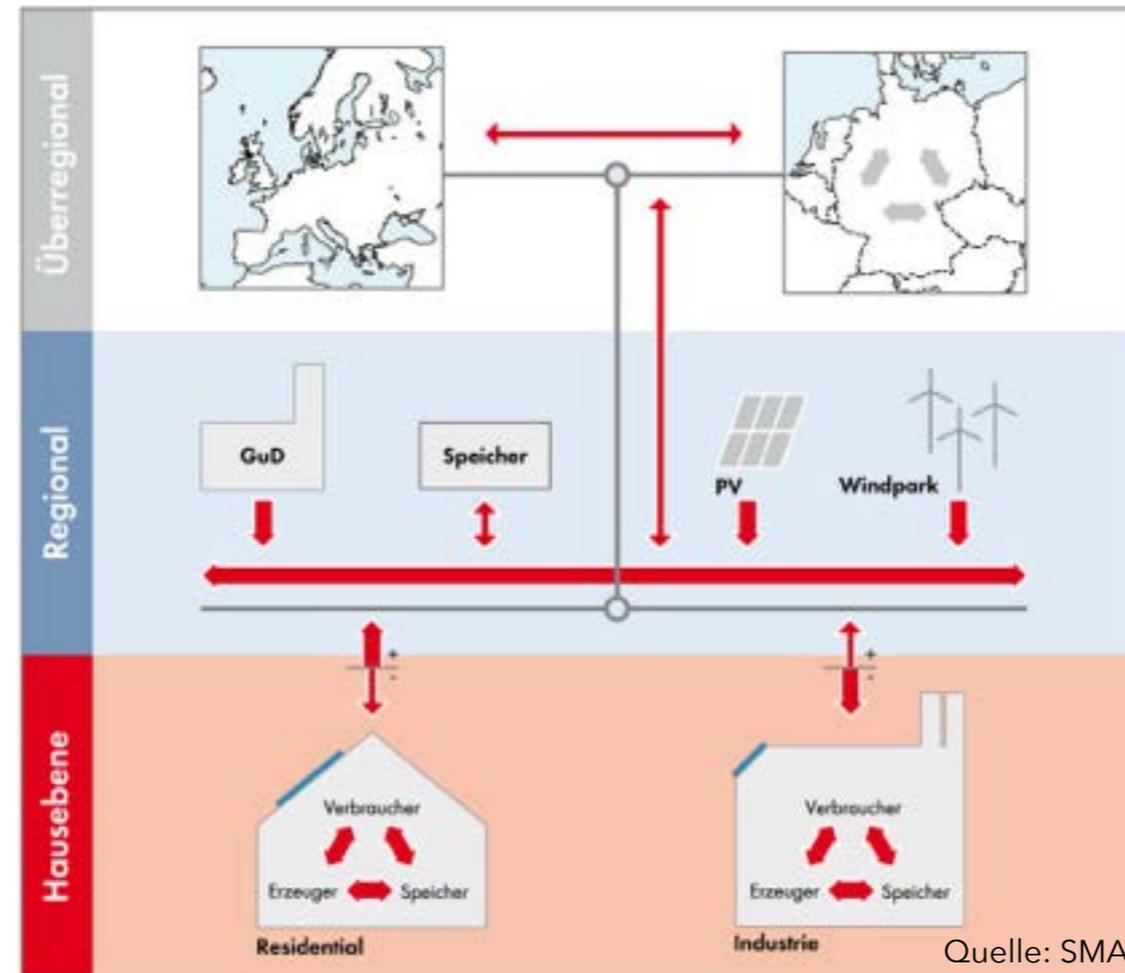
Mirko Lotz-Blumberg

Technische Hochschule Köln

Struktur des Vortrages

1. Definition Energiemanagement
2. CO2 Ausstoß und Klimawandel
3. Erneuerbare Energien im Stromnetz
4. Angebot und Nachfrage im Stromnetz
5. Energiemanagement im Haushalt
6. Diskussion / Fragen

Definition Energiemanagement

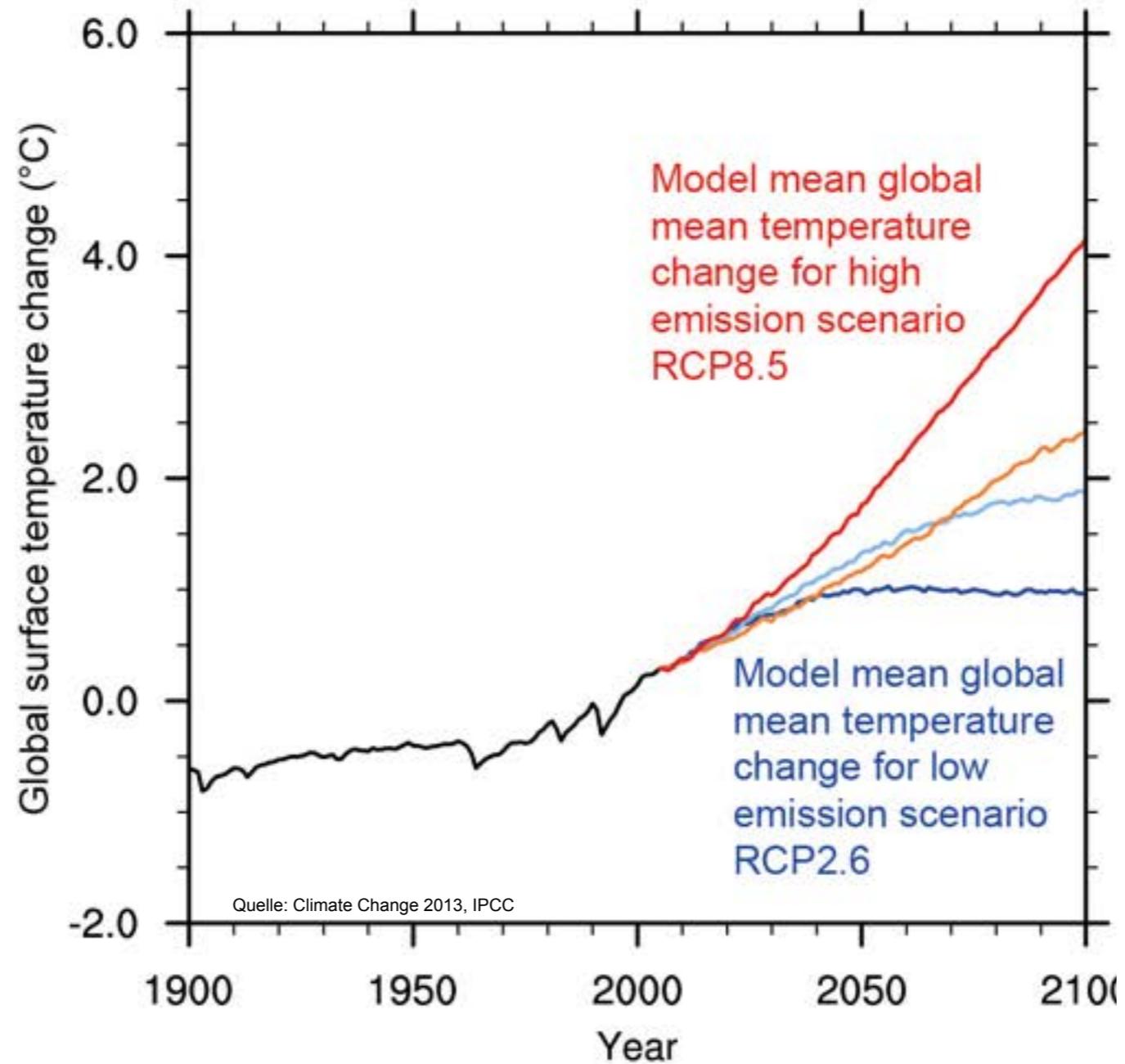


„Energiemanagement ist die vorausschauende, organisierte und systematisierte Koordination von Beschaffung, Wandlung, Verteilung und Nutzung von Energie zur Deckung der Anforderungen unter Berücksichtigung ökologischer und ökonomischer Zielsetzungen.“ nach VDI-Richtlinie 4602

Energiemanagement

- die Gewährleistung von **Versorgungssicherheit**, z. B. eine unterbrechungsfreie Energieversorgung
- die Gewährleistung der Spannungs- und Stromqualität im Bereich der **Stromversorgung**
- die Gewährleistung wirtschaftlicher Strom- und Wärmepreise
- die Berücksichtigung von Umweltgesichtspunkten, z. B. durch die **Unabhängigkeit von fossilen Primärenergieträgern** oder der Emissionsrechtshandel
- das gewerbliche und industrielle Energiemanagement in Produktion und Logistik
- Facility Management, Logistik, Energiebeschaffung, Produktion, Produktionsplanung und -steuerung, Instandhaltung, Informationstechnologie
- das Energiemanagement für den Wohnungsbau in der **Wohngebäudenutzung**
- das Gebäudeenergiemanagement, vor allem für komplexe Funktionsgebäude, wie Krankenhäuser, Polizeiwachen und Kaufhäuser
- das kommunale Energiemanagement

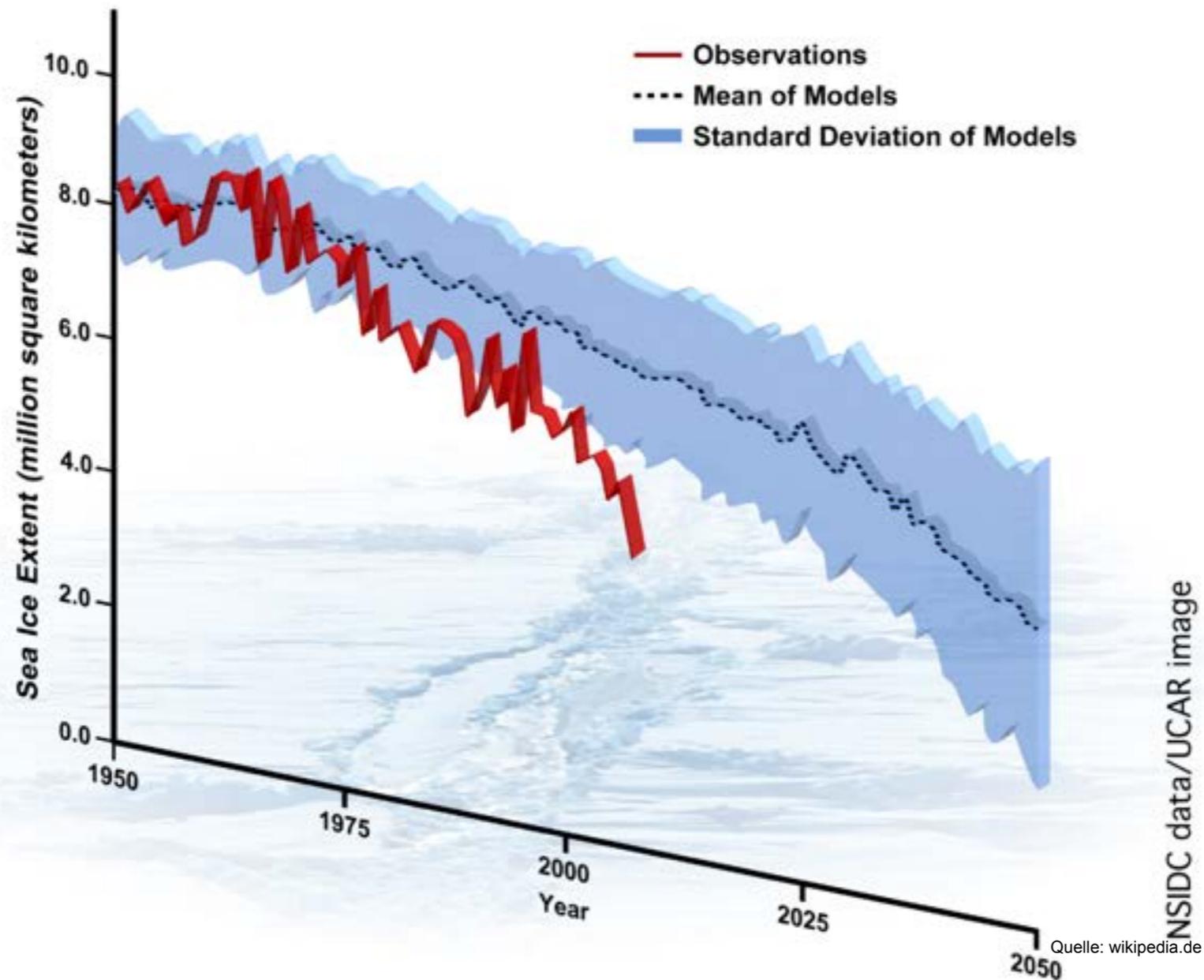
Globale Erderwärmung



Unkontrollierte Risiken und Folgen für die Gesellschaft bei einer Erderwärmung über 2 Grad!

Zuverlässigkeit der Prognosenmodelle

Arctic September Sea Ice Extent:
Observations and Model Runs

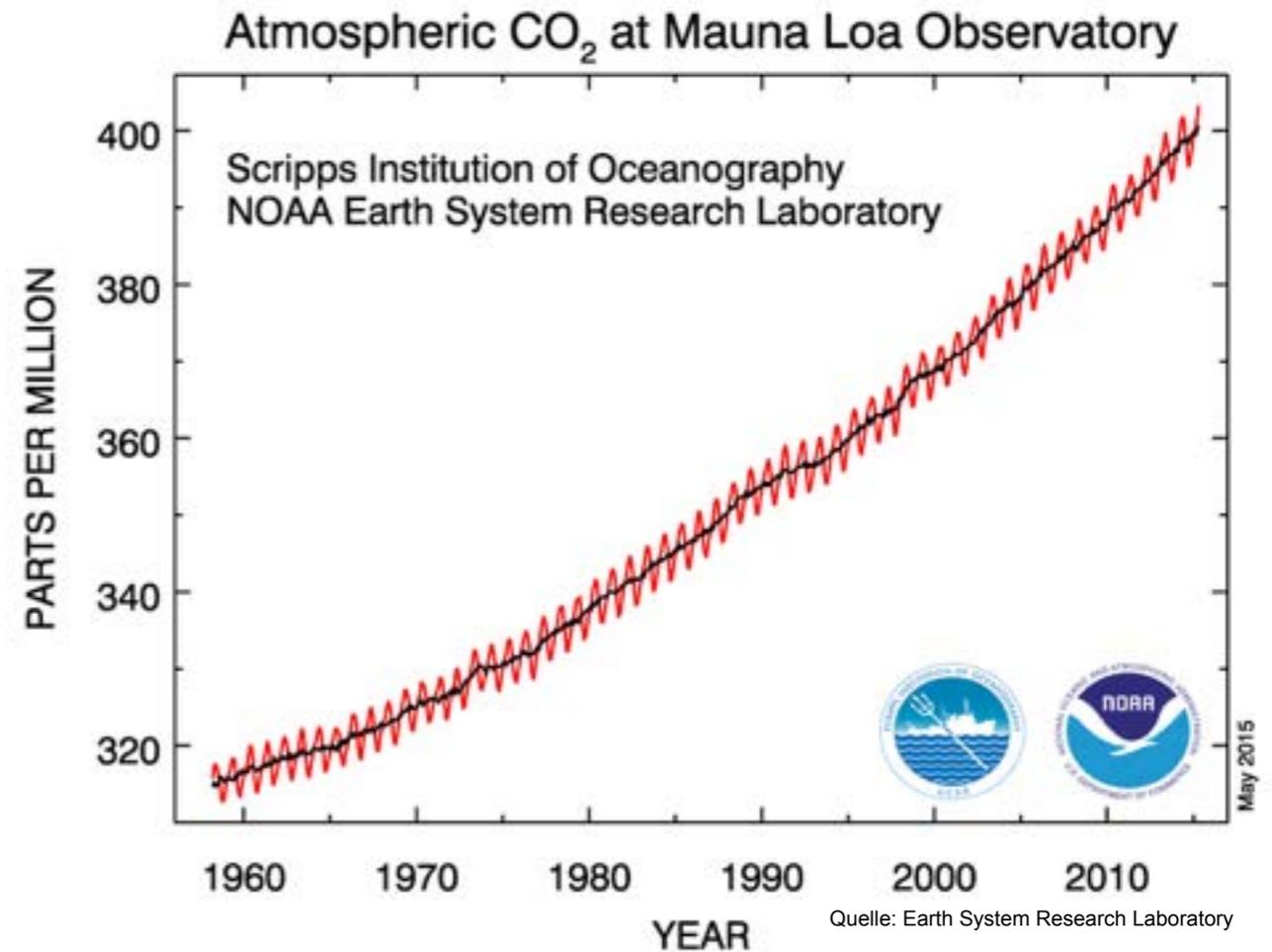


CO2 Ausstoß

2 Grad Ziel:

50% wahrscheinlich: <450ppm CO2

70% wahrscheinlich: <400ppm CO2



Week beginning on May 10, 2015: 403.64 ppm
Weekly value from 1 year ago: 401.47 ppm
Weekly value from 10 years ago: 382.22 ppm

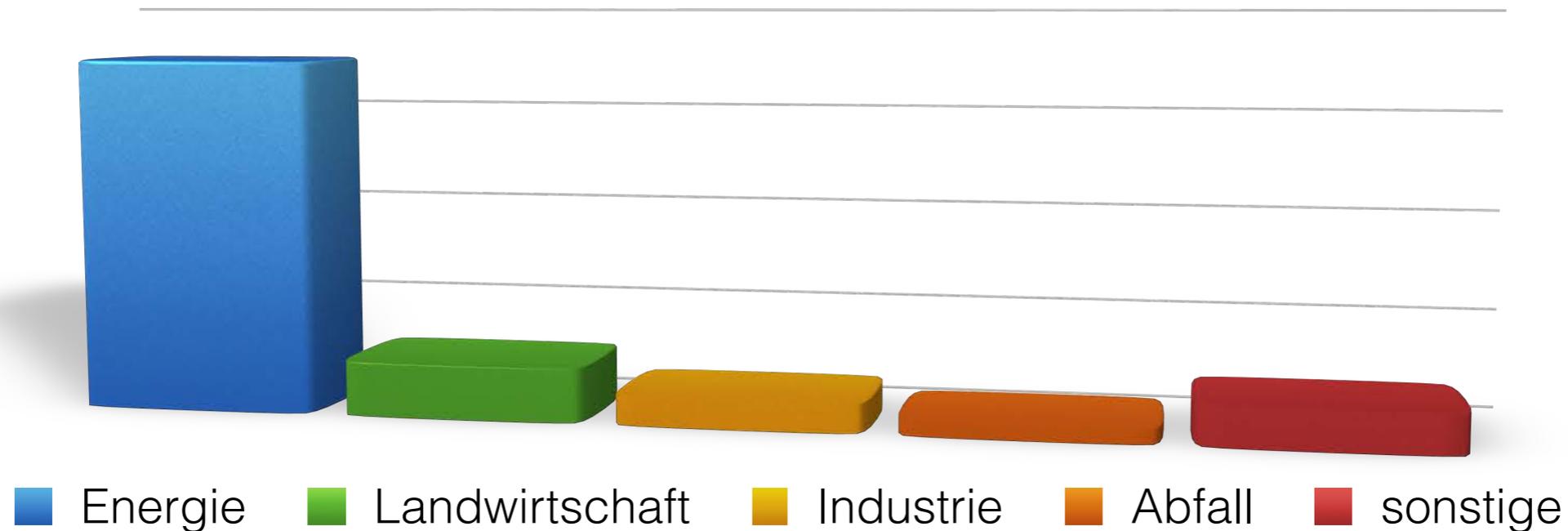
März 2016: 404.83 ppm

Quelle: Earth System Research Laboratory

Last updated: May 17, 2015

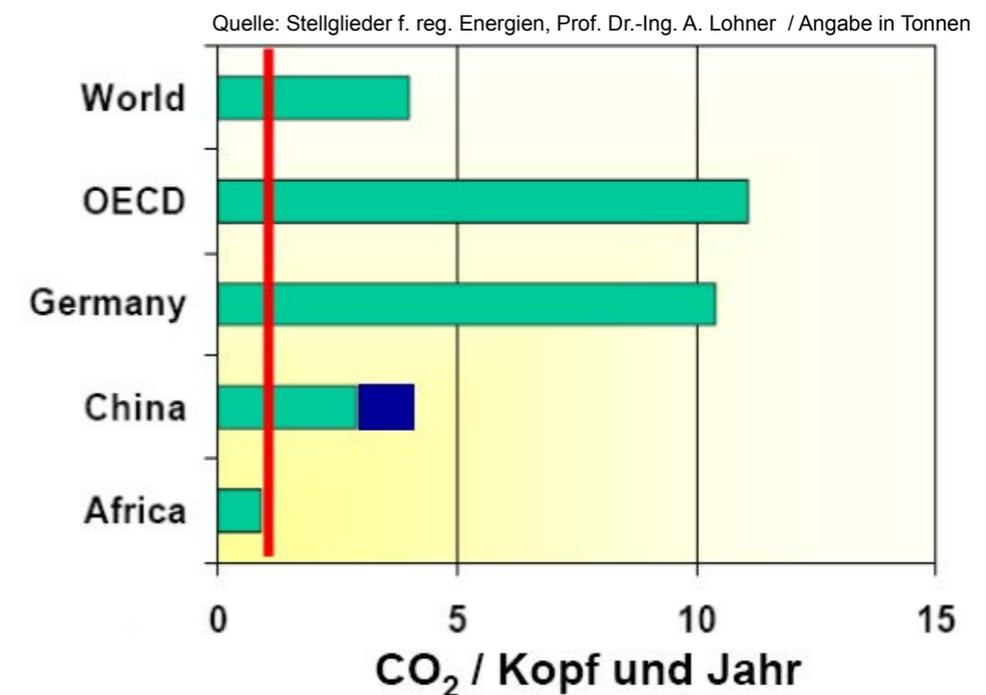
CO2 Ausstoß

Höhe der weltweiten Treibhausgasemissionen nach Quellgruppe im Jahr 2012 (in Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent)

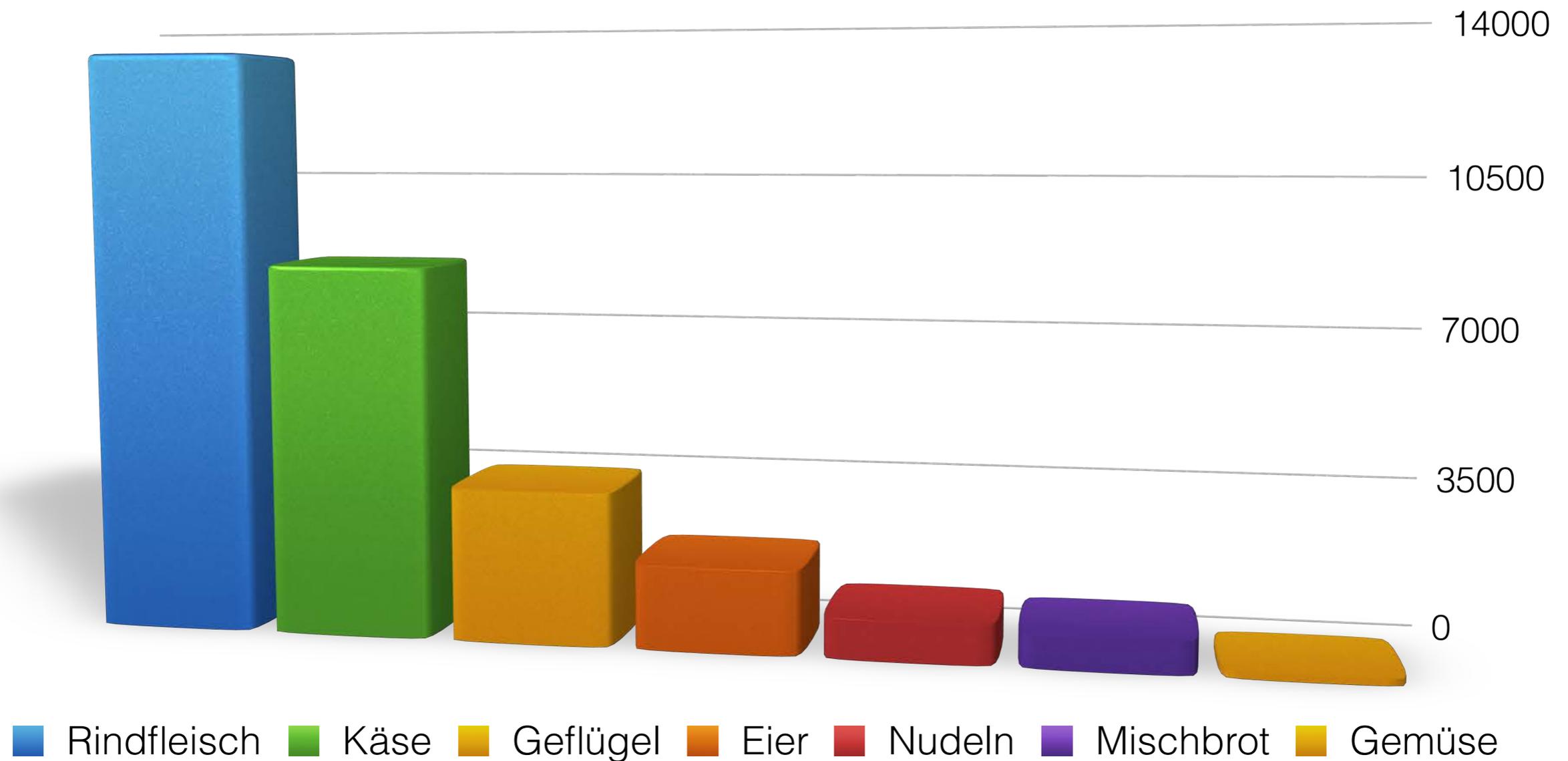


Quelle: WRI / Statista

- Energie CO₂-Emissionen heute 27 Gt/a
- Ziel: 10 Gt/a im Jahr 2050
- Weltbevölkerung 2050: 9 -10 Milliarden Menschen
10 Gt CO₂ /a für 9 Mrd.: pro Kopf Emission: 1,1 t CO₂ /a
- Reduktion der CO₂-Emission in Deutschland auf etwa 10% des heutigen Wertes! (die Bundesregierung visiert eine Reduktion um 80% bis 2050 an)



Treibhausgas-Emissionen bei der Herstellung ausgewählter Lebensmittel (in Gramm CO₂-Äquivalent je Kg)



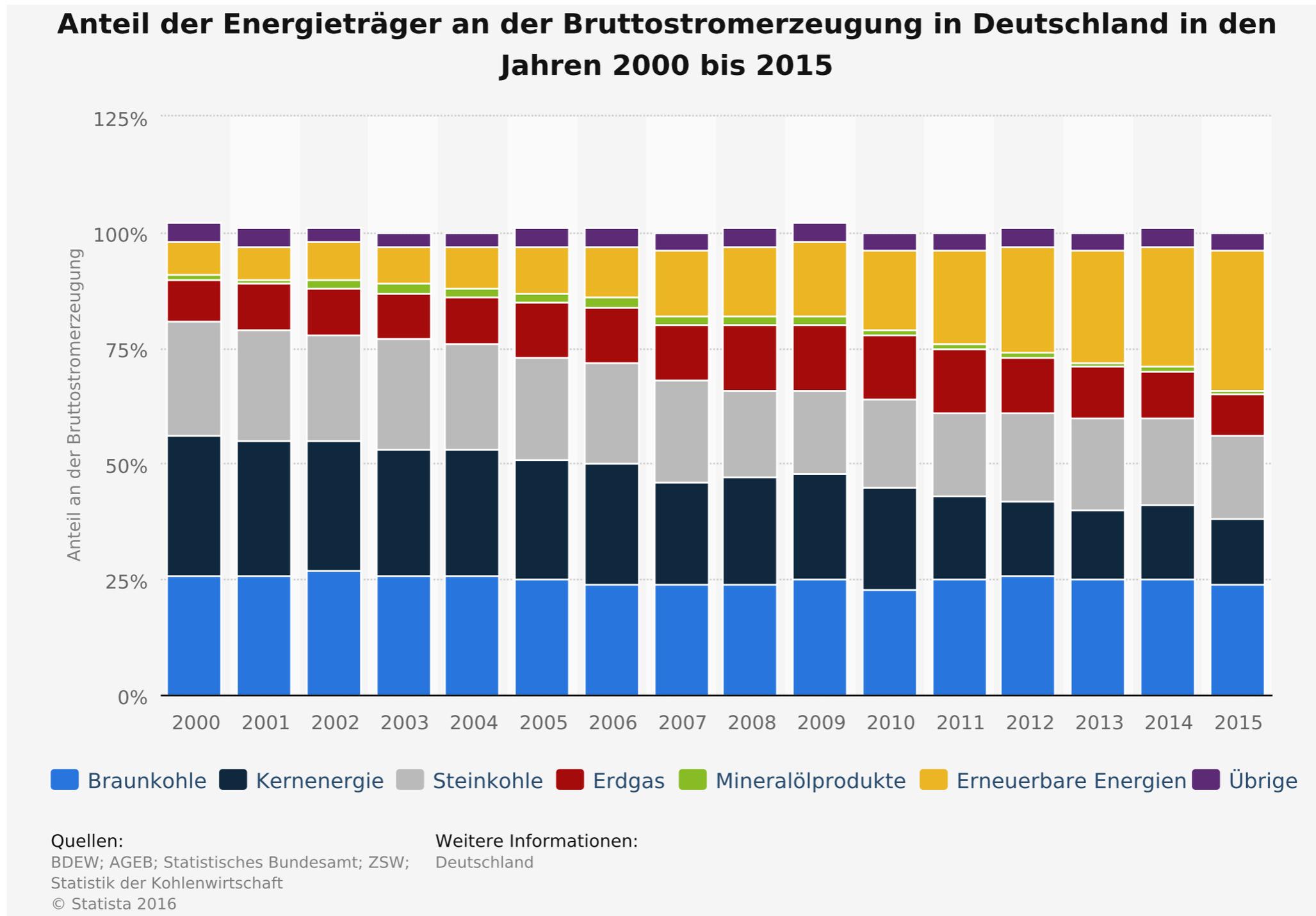
2014 Emissionen durch Nutztierhaltung in Deutschland

- 58% Methan
- 79% Lachgas

Herstellung 1 Rindfleisch-Burger

- 100 Tage Duschen
- 320km Auto fahren

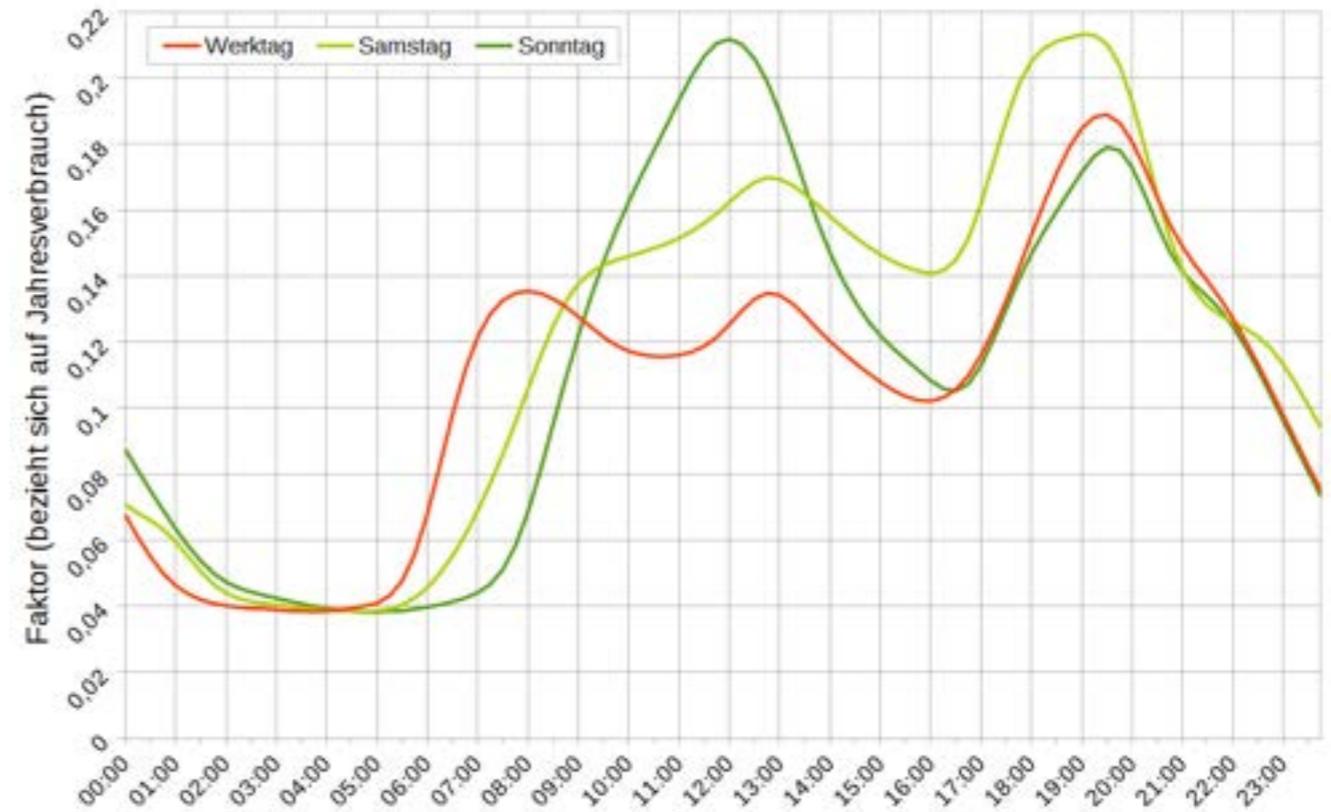
Erneuerbare Energien zur Reduktion des CO2 Ausstoßes



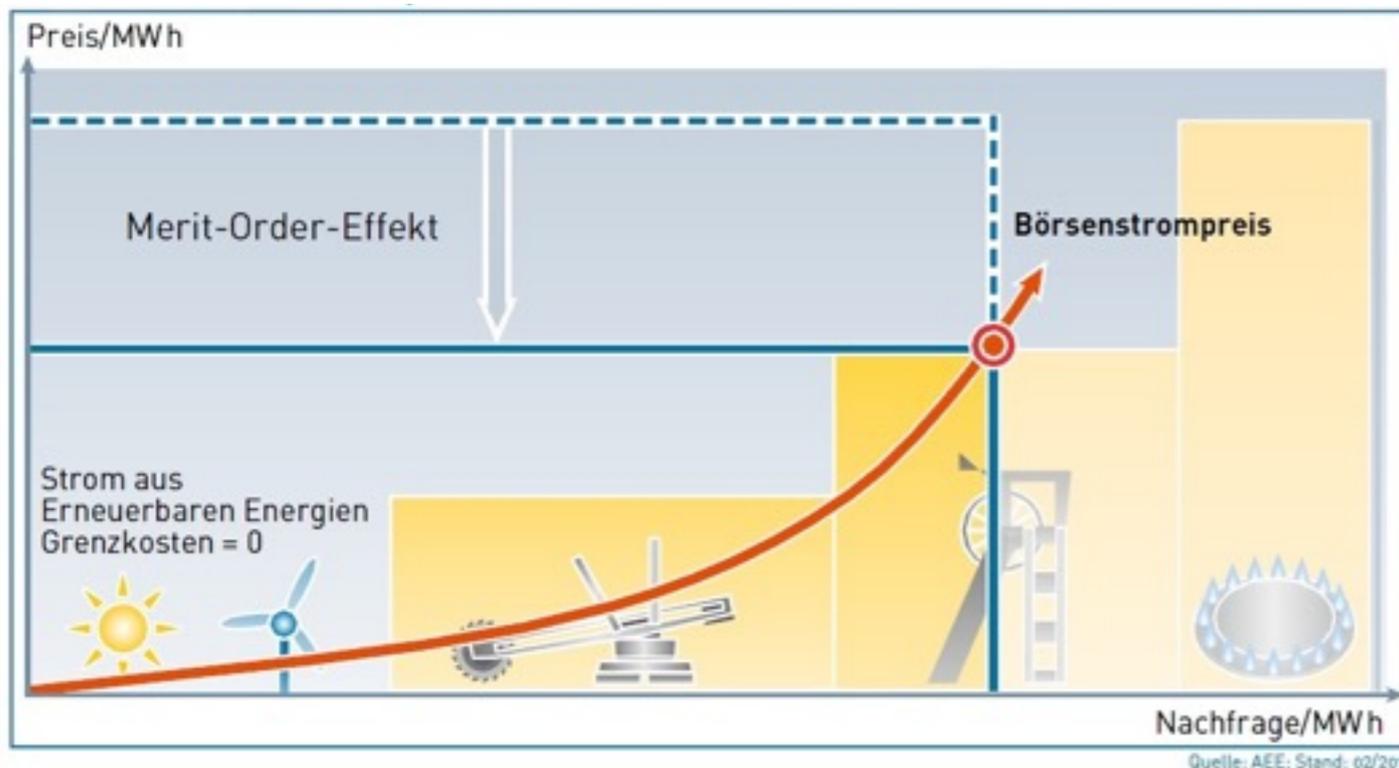
30% Erneuerbare Energien in 2015!

Lastganglinie

- Standardlastprofil Haushalte
- Tatsächliche Lastgänge ab 100.000kWh/a



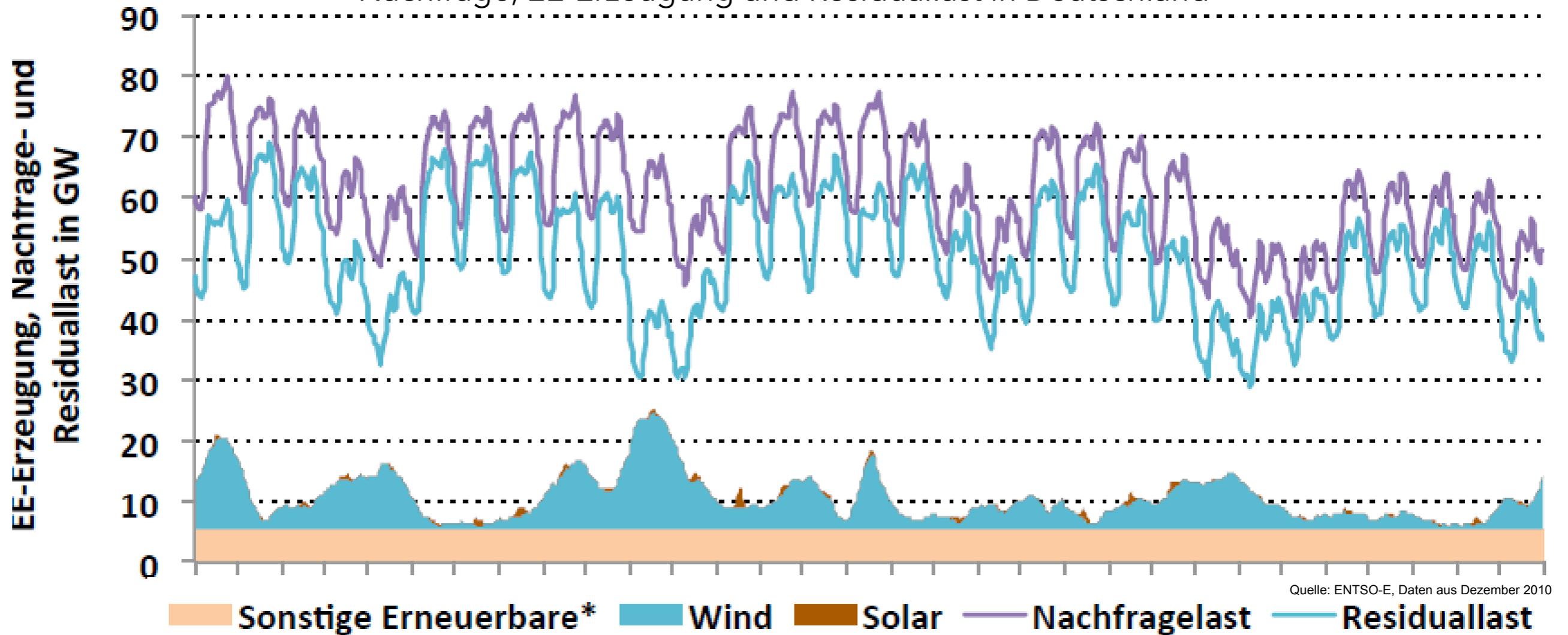
Quelle: Wikiinger



- Merit-Order
- Kernenergie / Braunkohle / Steinkohle / Gas
- Grenzkraftwerk / Market Clearing Price

Energiemanagement im Stromnetz

Nachfrage, EE-Erzeugung und Residuallast in Deutschland



- Residuallast: Restnachfrage muss durch konventionelle Kraftwerke gedeckt werden
- Durch EEG Anschluss und Abnahmepflicht von Erneuerbaren Energien

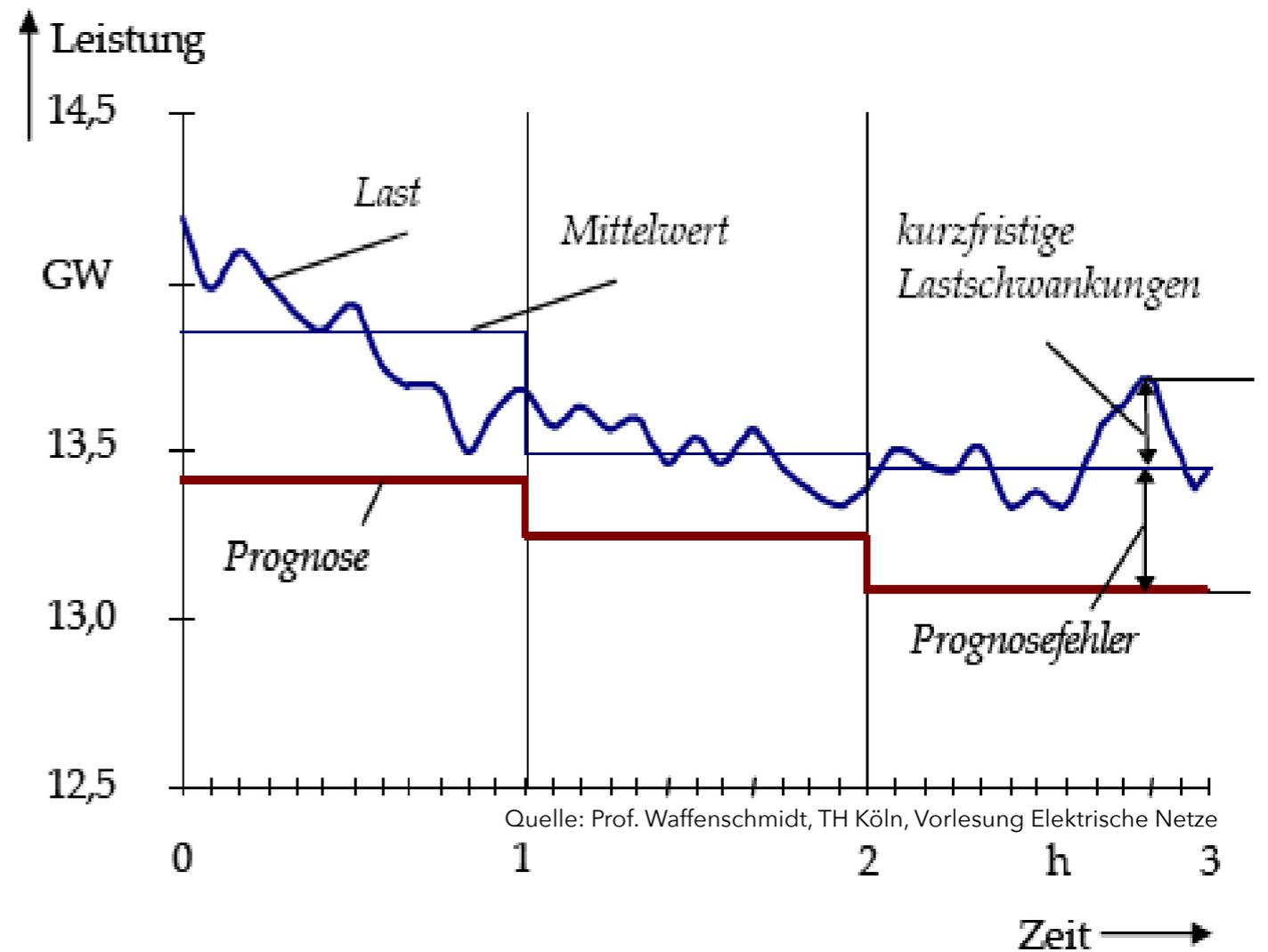
Gleichgewicht von Erzeugung und Verbrauch

Negative Leistung

- Kraftwerksausfall
- Weniger Wind oder Sonne als erwartet
- Einschalten einer größeren Last

Positive Leistung

- Ausfall einer größeren Last
- Mehr Wind oder Sonne als erwartet



Netzfrequenz

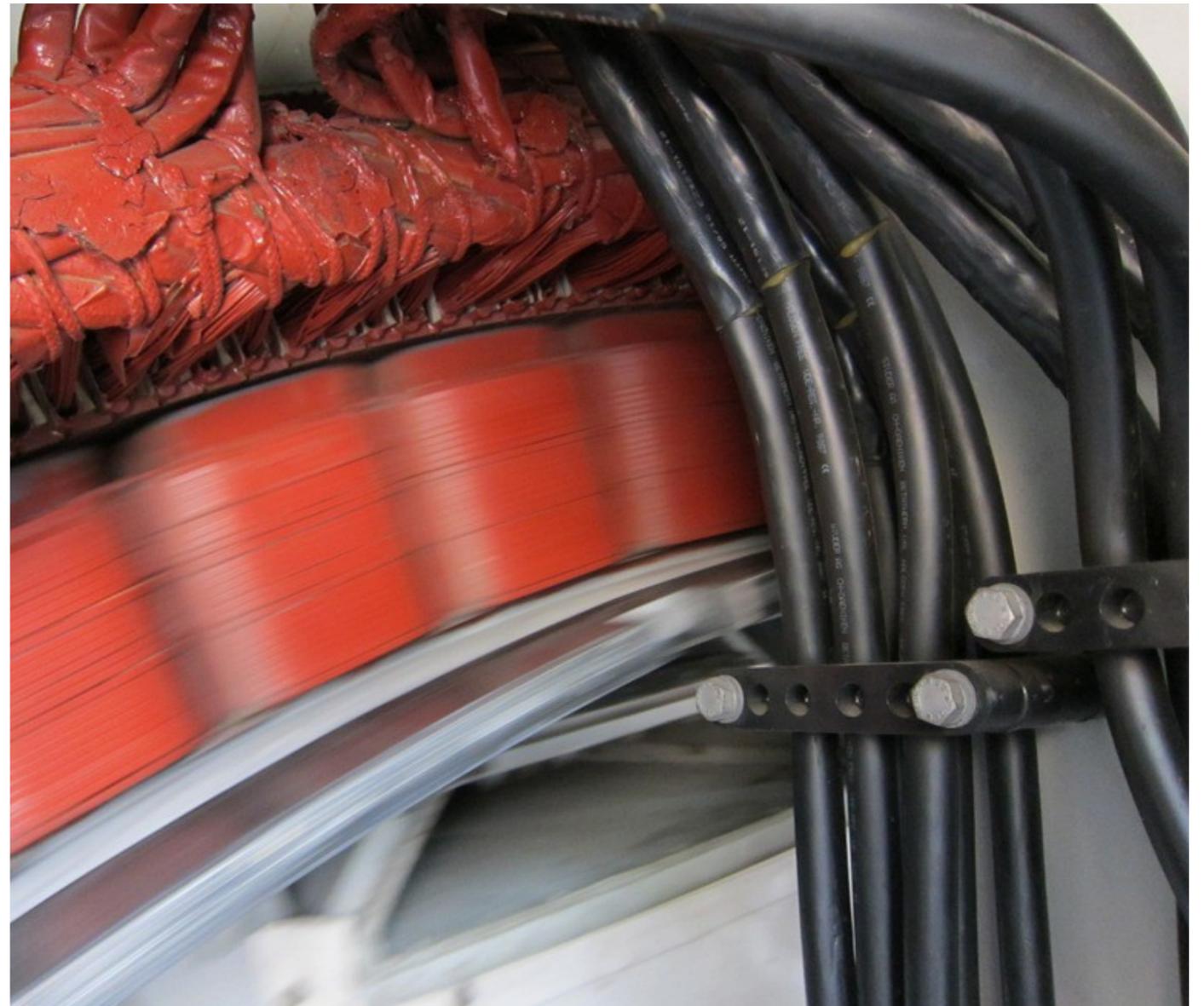
Negative Leistung aus dem Netz

- Massen werden abgebremst

Positive Leistung ins Netz

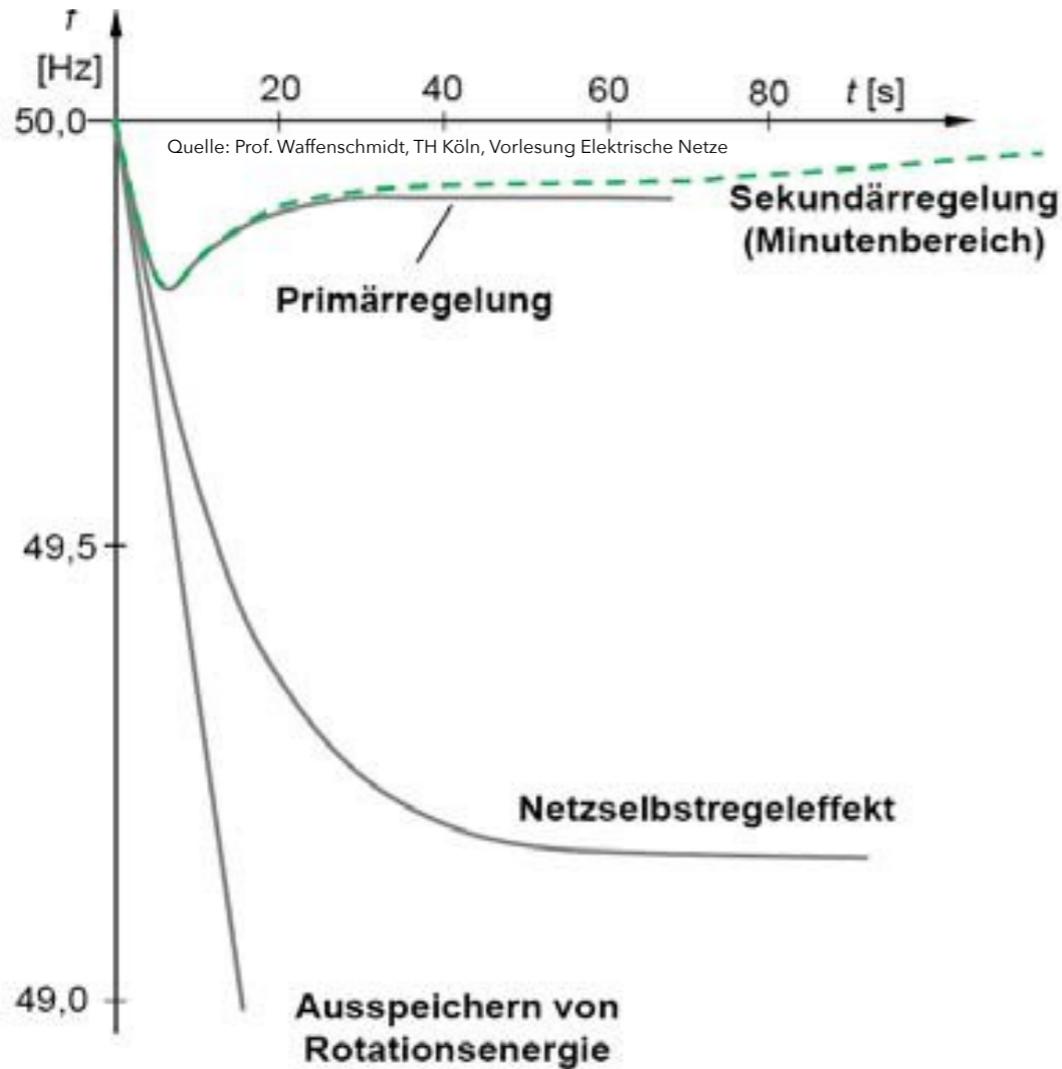
- Massen werden beschleunigt

Drehzahl ist an Netzfrequenz gekoppelt
Netzfrequenz wirkt europaweit einheitlich



Quelle: Prof. Waffenschmidt, TH Köln, Vorlesung Elektrische Netze

Regelleistung und Frequenzgrenzen



	Maßnahme	Situation
55..58	Turbinenschnellschluss	Blockstillstand
52,5		
50,2		Einzelne Kraftwerke Im Inselbetrieb
50		Normalbetrieb
49,8	Stufe 1	
49	Alarm, Aktivierung von Kraftwerksreserven	Großstörung ohne Versorgungsunter- brechung
48,7	Stufe 2 10..15% Lastabwurf	Katastrophenfall mit Versorgungs- einschränkung
48,4	Stufe 3 +10..15% Lastabwurf	
48	Stufe 4 +15..20% Lastabwurf	
47,5	Stufe 5 Alle Kraftwerke im Inselbetrieb	Totaler Versorgungsausfall

Quelle: Prof. Waffenschmidt, TH Köln, Vorlesung Elektrische Netze

Frequenzabhängiges Lastverhalten

Regelleistung

Primärregelung: 2% innerhalb 30s als Regelreserve (UCTE 3GW) für mindestens 15 Minuten (Netzbetreiber) automatisch

Sekundärregelung: In der Regelzone innerhalb 5 Minuten automatisch

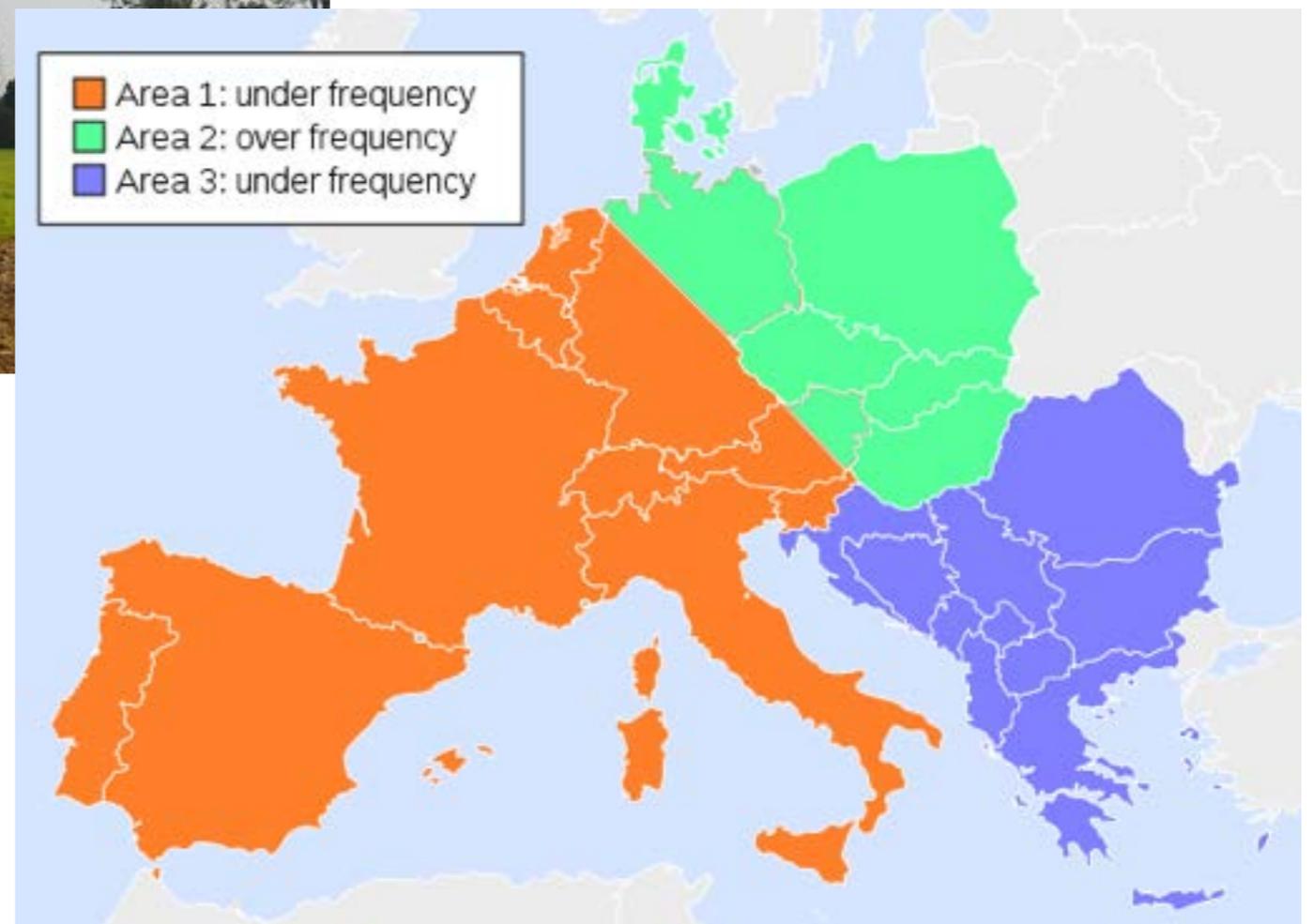
Stromausfall in Europa im November 2006



Quelle: Smial

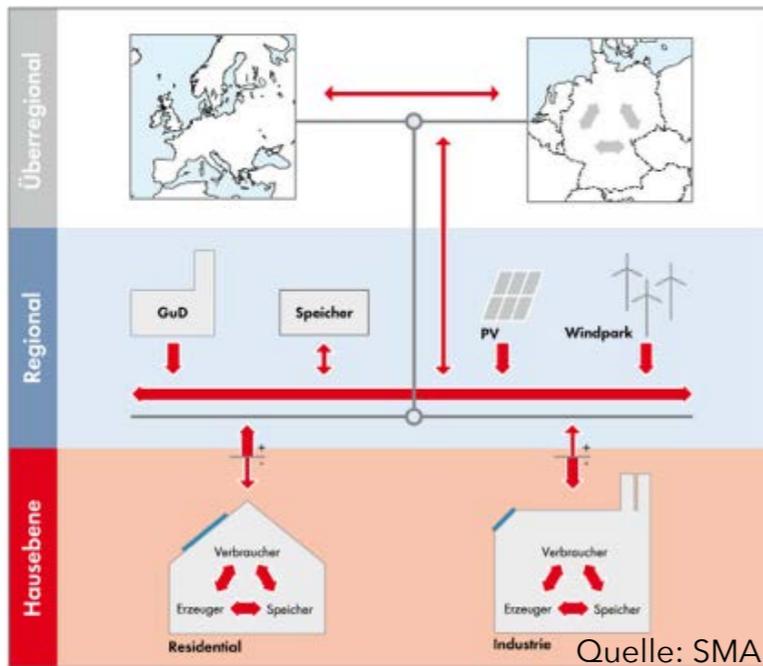
1. Übernahme durch andere Leitung
2. Warnung nach Steigerung um 100 MW
3. Zusammenschluss zweier Sammelschienen
4. Stromanstieg
5. Auslösung des Netzschutzes
6. Last verteilte sich unkontrolliert
7. Überlastung und fehlende Synchronität

- 380-kV-Ems-Freileitungskreuzung
- Kreuzfahrtschiff der Meyer Werft
- geplante Abschaltung
- (n-1)-Kriterium
- 10 Mio Haushalte bis zu 120 Minuten ohne Strom (DEU, FRA, BEL, ITA, AUT, ESP, MAR)

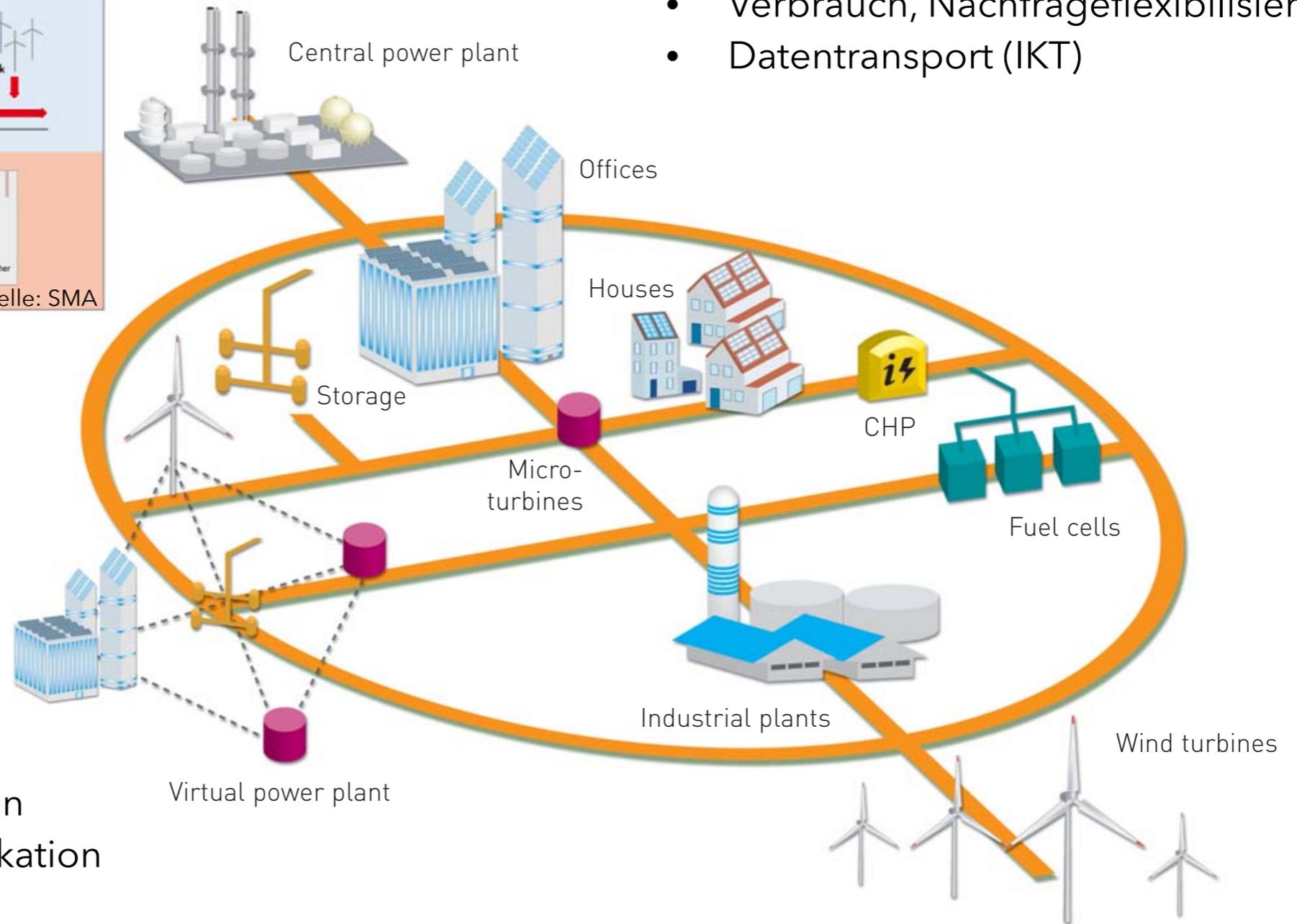


Quelle: wdwd

Smart Grid



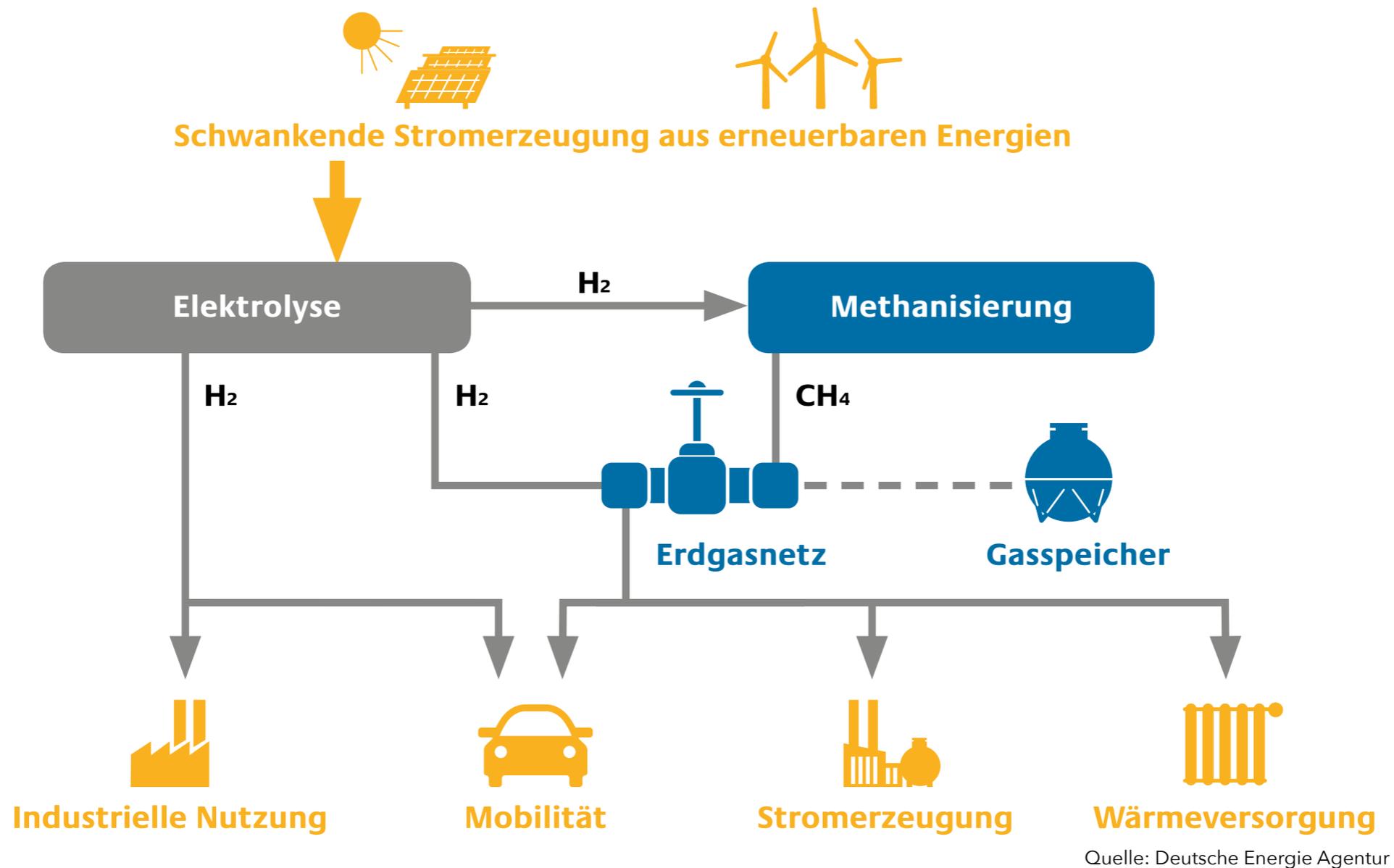
- Erzeugung
- Netzoptimierung, -management
- Speicherung (De-, & Zentral)
- Verbrauch, Nachfrageflexibilisierung
- Datentransport (IKT)



- Ausgleich Schwankungen
- bidirektionale Kommunikation
- Versorgungssicherheit

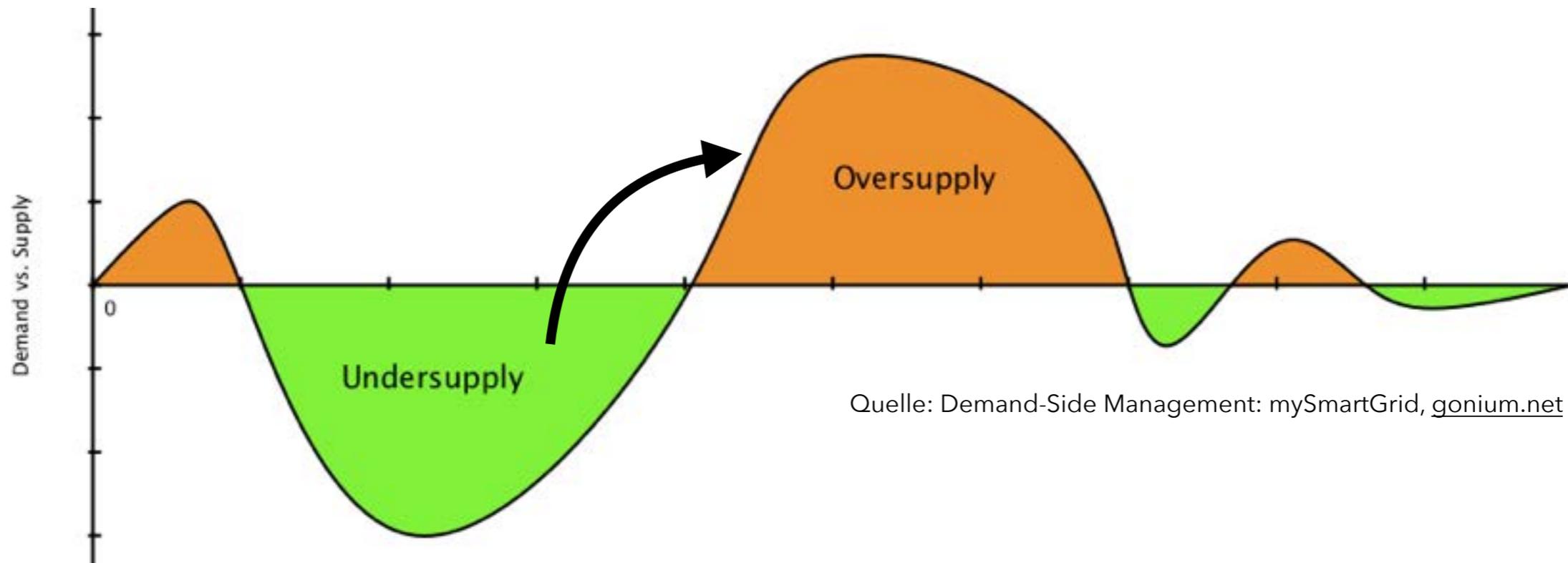
Quelle: EUR 22040 European SmartGrids Technology Platform, European Commission

Power to Gas (P2G)



- 52% Wirkungsgrad
- vgl. Pumpspeicher 72% Wirkungsgrad mit 40GWh
- Gaskavernen 200TWh

Demand Side Management



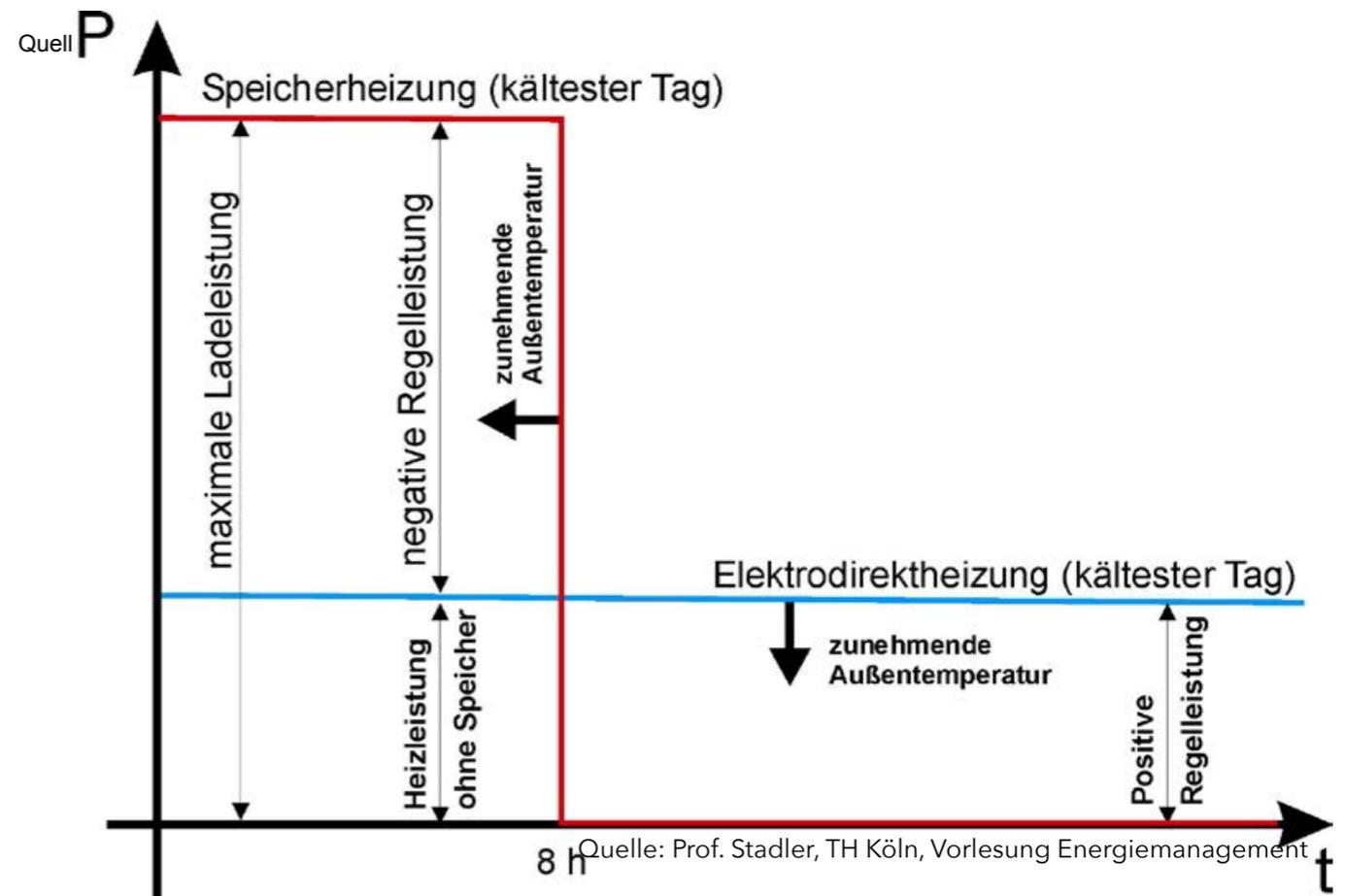
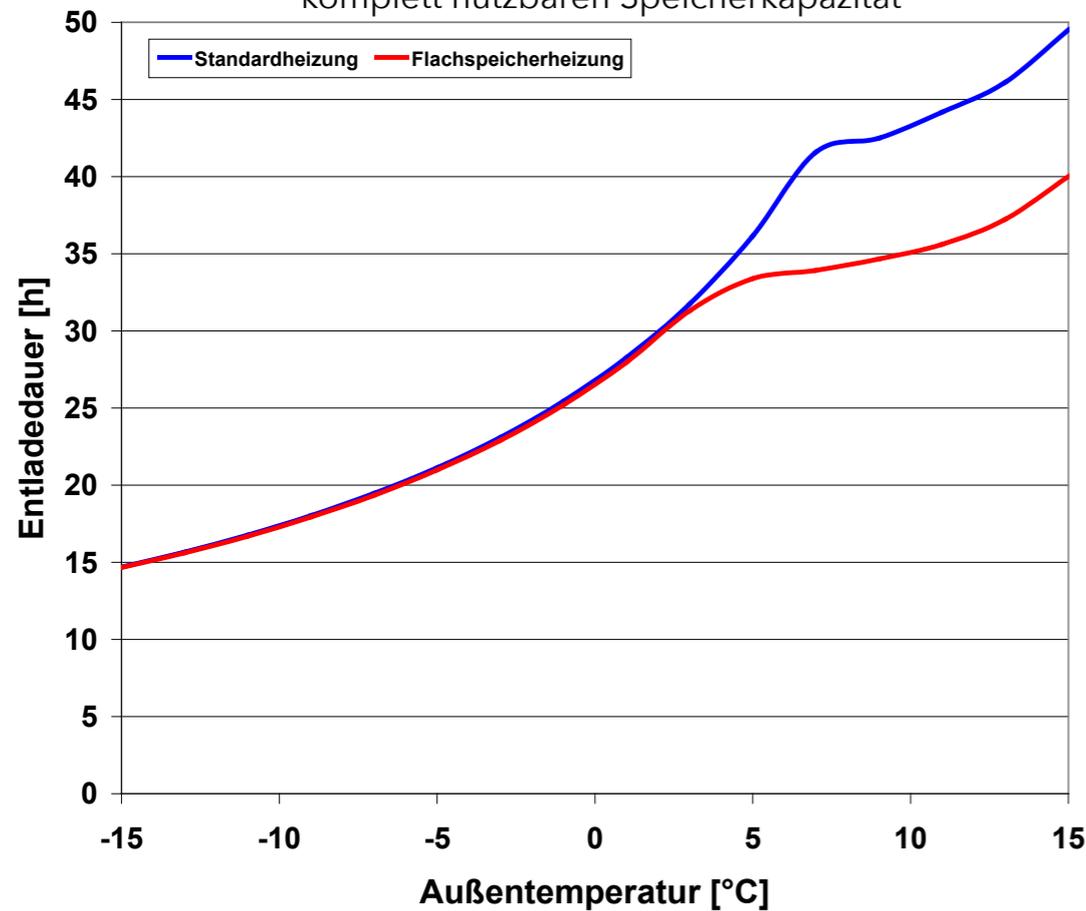
- Lastverschiebung
- Industrie (Kühlhäuser, Elektrolyse, Zementmühlen)
- Haushalt (Wärmepumpe, Kühlschrank, Waschmaschine)
- Variable Strompreise mit Smart Meter

Demand Side Management

Nachtspeicherheizung



Entladedauer von Speicherheizungen in Abhängigkeit der Außentemperatur unter der Berücksichtigung der nicht komplett nutzbaren Speicherkapazität



Energiemanagement im Haushalt



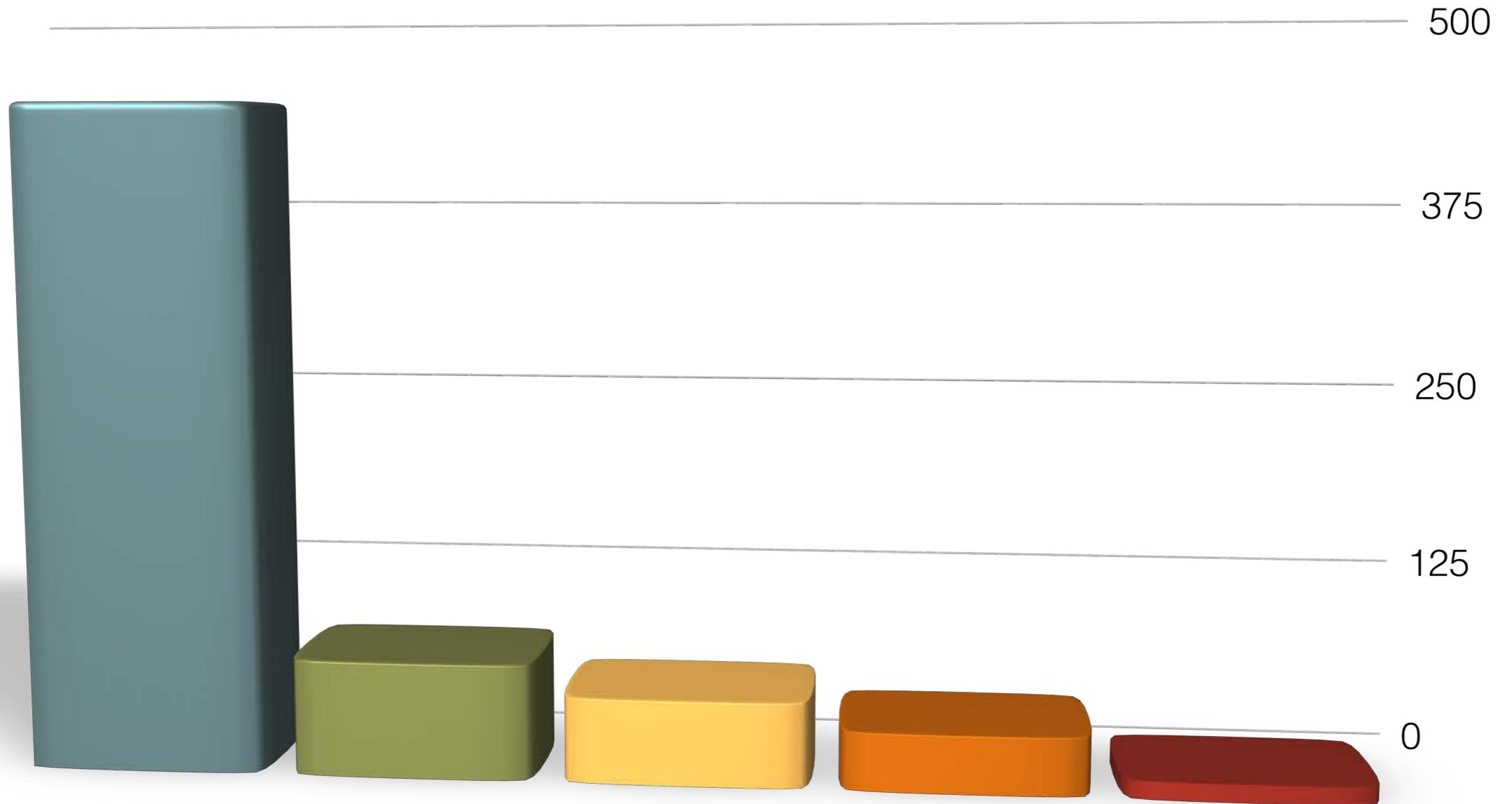
- Steigerung der Energieeffizienz / Reduzierung Energieverbrauch
- Erneuerbare Energien und intelligente Endgeräte
- Smart Meter - variable Strompreise
- Intelligente Endgeräte (Wärmepumpe, Kühlschrank, Waschmaschine, Heizung)
- Vernetzung der Systeme (Strom und Wärme)
- Energiespeicherung

Energiemanagement PV Anlage mit Speicher



- Standortbezogene Wetterprognose
- Typische Verbrauchsprofile des Haushalts und der einzeln steuerbaren Verbraucher
- Aktueller Ladezustand des Batteriespeichers
- Steuerbefehle zur Aktivierung von Verbrauchern
- Steuerbefehle zum Laden oder Entladen des Batteriespeichers

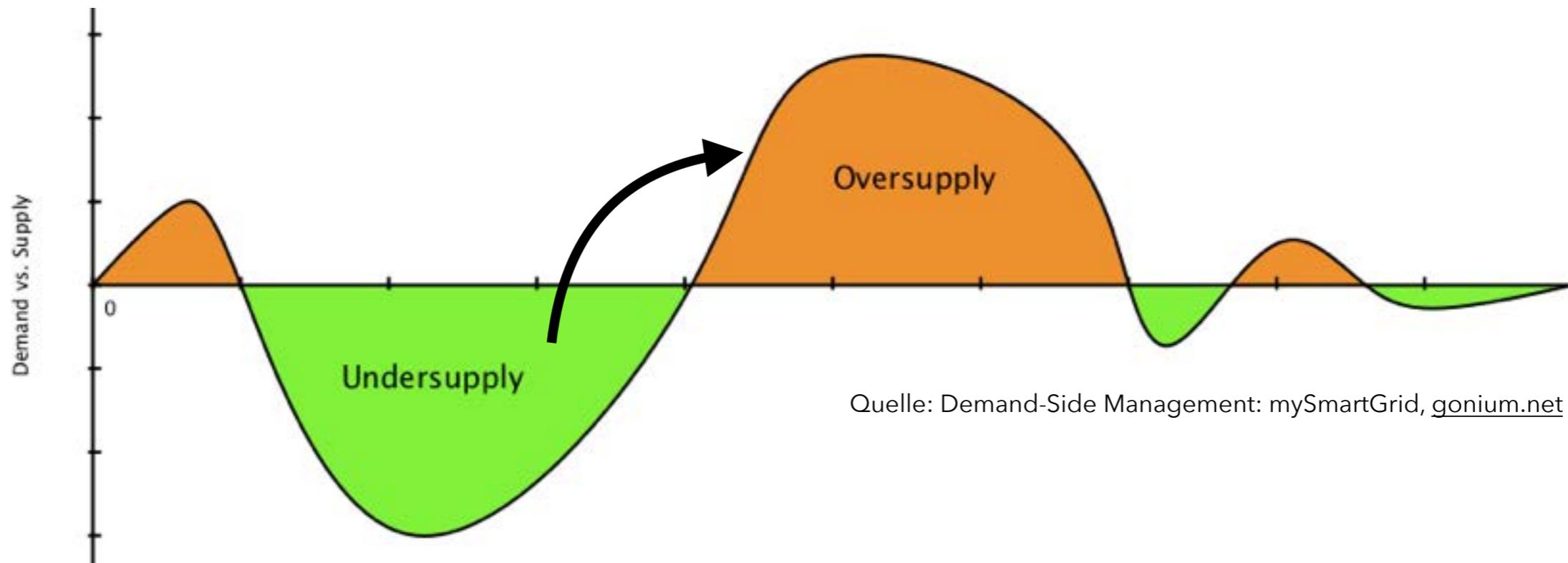
Endenergieverbrauch der privaten Haushalte in Deutschland nach Anwendungsbereich 2014 (in TWh)



- Raumwärme
- Warmwasser
- Haushaltsgeräte (inkl. Kommunikation)
- Kochen, Trocknen, Bügeln
- Beleuchtung

Quelle: BDEW; Statistisches Bundesamt; RWI Essen; AGEB / Statista

Energiemanagement Solarthermie - Heizung



Energiemanagement durch Kopplung

- Wetterprognose
- Bedarfsanalyse
- Solarthermie
- Brennersteuerung

Universeller Heizungsregler



- Aktuelles Projekt an der TH Köln
- Bedarfsgeführte Regelung der Vorlauftemperatur
- Universeller Regler für jede Heizung
- Reduzierung des Energieverbrauches bis zu 20%
- Ältere Anlagen werden smart - auch ohne Internetanschluss

PV-Eigenverbrauchssystem mit Batterie- und Wärmespeicher

Bleiakku 200€ / kWh

Lithium 800€ / kWh

thermischer Speicher

50 € / m³

90°C bis 10°C

93,1 kWh/m³

= 0,54 € / kWh

$\frac{1000 \text{ kg}}{\text{m}^3} \cdot 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (90^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}) \cdot \frac{1 \text{ kWh}}{3600 \text{ kJ}}$
= 93,1 $\frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}$
Kosten

- Sektorenkopplung im Haushalt
- Mit überschüssigem Strom
Wasserspeicher erwärmen (P2H
und DSM)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Mirko Lotz-Blumberg

Technische Hochschule Köln

Quellen

- Statistisches Bundesamt. (n.d.). Endenergieverbrauch der privaten Haushalte für Wohnen in Deutschland nach Anwendungsbereich im Jahresvergleich 2005 und 2014 (in Terawattstunden). In Statista - Das Statistik-Portal. Zugriff am 28. April 2016, von <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/165364/umfrage/energieverbrauch-der-privaten-haushalte-fuer-wohnen-2000-und-2009/>.
- FAZ. (n.d.). Treibhausgas-Emissionen bei der Herstellung ausgewählter Lebensmittel (in Gramm CO₂-Äquivalent je Kg). In Statista - Das Statistik-Portal. Zugriff am 28. April 2016, von <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/39219/umfrage/co2-emission-bei-der-herstellung-ausgewaehlter-lebensmittel/>.
- Demand-Side Management: mySmartGrid, Posted by md on November 02, 2009, <https://gonium.net/md/2009/11/02/demand-side-management-mysmartgrid/> abgerufen am 02.05.2016
- WRI. (n.d.). Höhe der weltweiten Treibhausgasemissionen nach Quellgruppe im Jahr 2012 (in Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent). In Statista - Das Statistik-Portal. Zugriff am 2. Mai 2016, von <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/311844/umfrage/globale-treibhausgasemissionen-nach-quellgruppe/>.
- Von Wikiinger - Eigenes Werk, Data: VDEW, http://www.gipsprojekt.de/featureGips/sw_unna/EnwgTool/Stromnetz/Standardlastprofile/VDEW-Lastprofile/VDEW-Lastprofile/Lastprofil_H0.xls, Gemeinfrei, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=18530711>
- Von Der ursprünglich hochladende Benutzer war Smial in der Wikipedia auf Deutsch(Originaltext: Smial) - Übertragen aus de.wikipedia nach Commons.(Originaltext: eigenes Foto), FAL, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2969934>
- Von wdwd - Eigenes WerkInfo from the UCTE Final Report: "System Disturbance on 4 November 2006", Page 21, Onlinebased on the blank map file: File:Blank map europe.svg, CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=16405727>
- Von PeterGerstbach aus der deutschsprachigen Wikipedia, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=18530701>
- SMA, Zukunftsmodell der Stromversorgung: Leistungsausgleich auf allen Ebenen, aber so dezentral wie möglich. - See more at: <http://www.sma-sunny.com/2012/06/15/dezentrale-batteriespeicher-als-loesung/#sthash.x2U8r9Fz.dpuf>, <http://www.sma-sunny.com/2012/06/15/dezentrale-batteriespeicher-als-loesung/>, abgerufen am 01.05.2016