

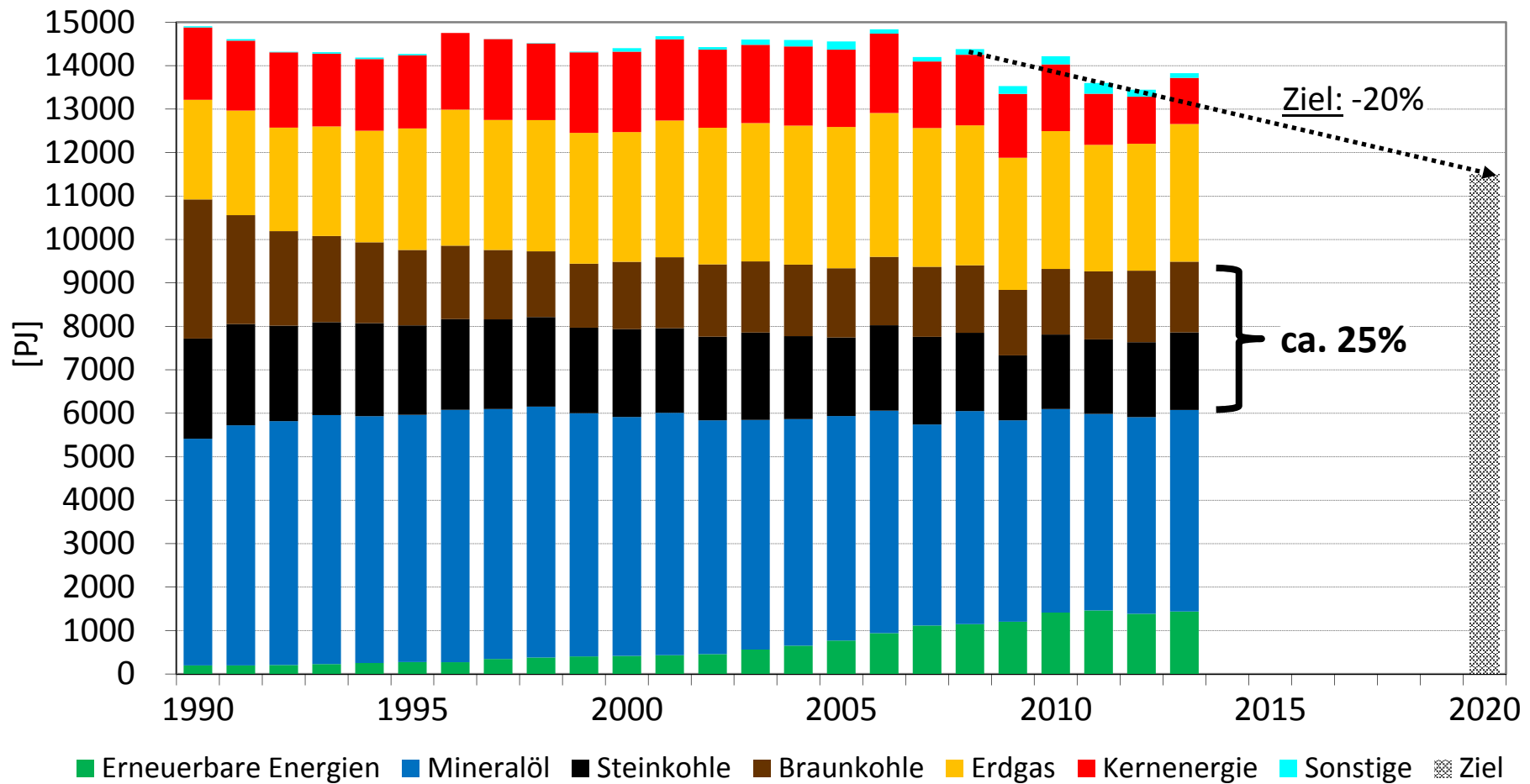
# Ende des Kohlezeitalters? Mögliche Szenarien für Deutschland

20. Oktober 2016 | Dr.-Ing. Heidi U. Heinrichs  
Herbstsitzung des Arbeitskreis Energie in der DPG, Bad Honnef

# Ende des Kohlezeitalters in Deutschland? ...

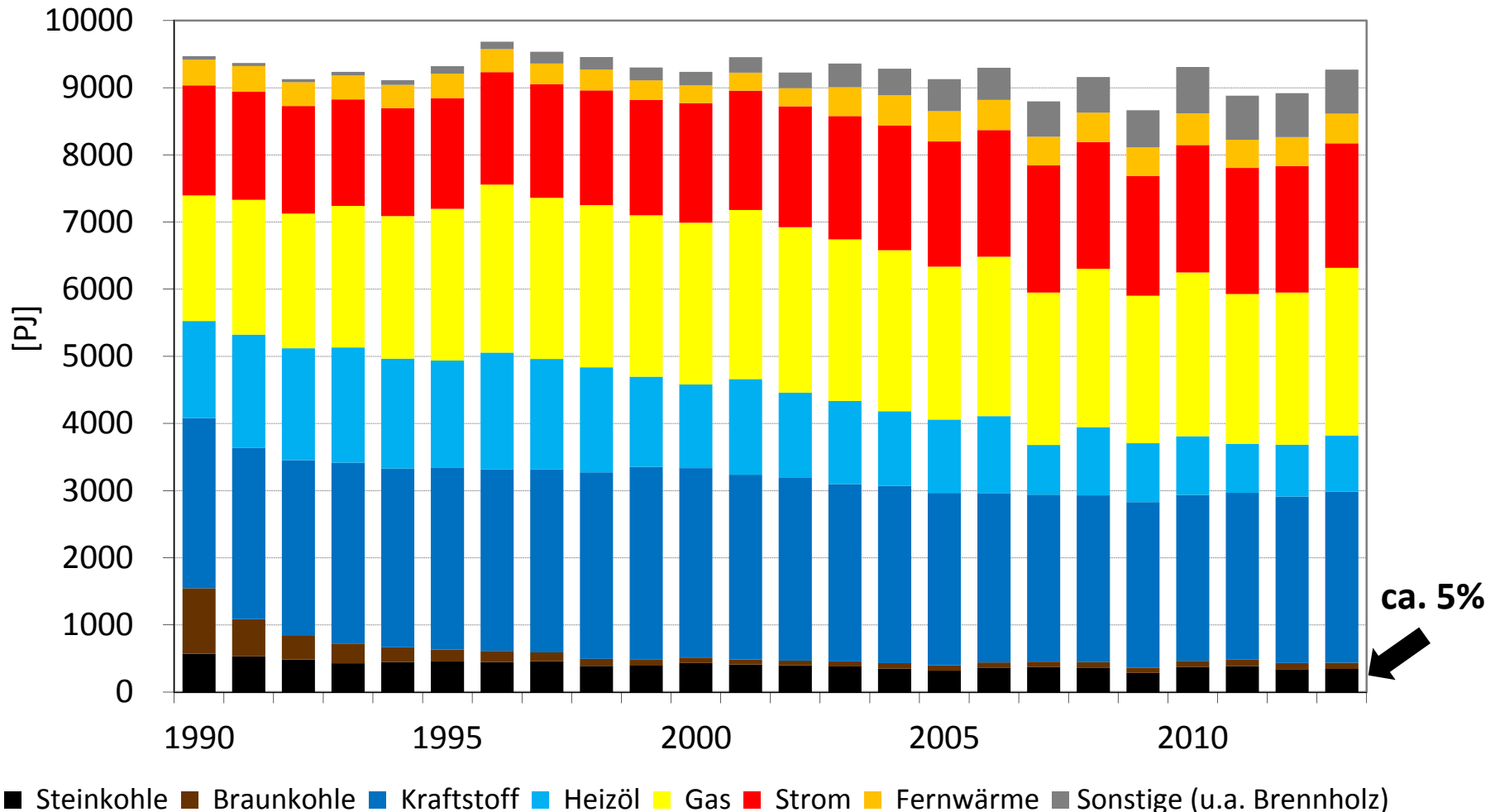
- Heute und wie wir dahin kamen...
  - Status quo der Kohlenutzung
  - Motivation eines Kohleausstiegs
  - Status quo Kohlekraftwerke und Kohleausstieg
- Ausblick mit Hilfe von Szenarien...
  - Überblick existierender Szenarien
  - Eigene Szenarien eines Kohleausstiegs
- Fazit & Ausblick

# Status quo der Kohlenutzung in DE – Primärenergieverbrauch



[BMWi Monitoringbericht 2014 & 2015]

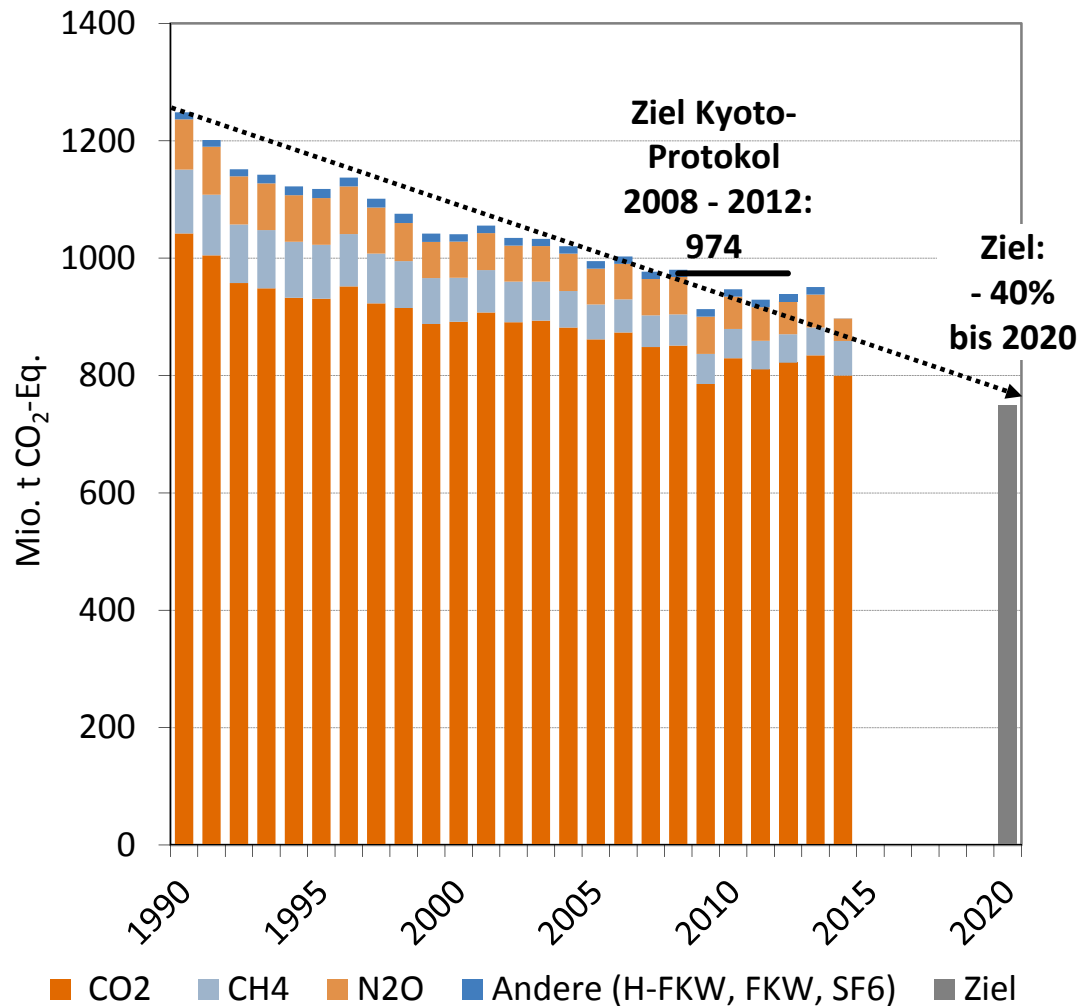
# Status quo der Kohlenutzung in DE – Endenergieverbrauch



Steinkohle
  Braunkohle
  Kraftstoff
  Heizöl
  Gas
  Strom
  Fernwärme
  Sonstige (u.a. Brennholz)

[BMWi Monitoringbericht 2014 & 2015]

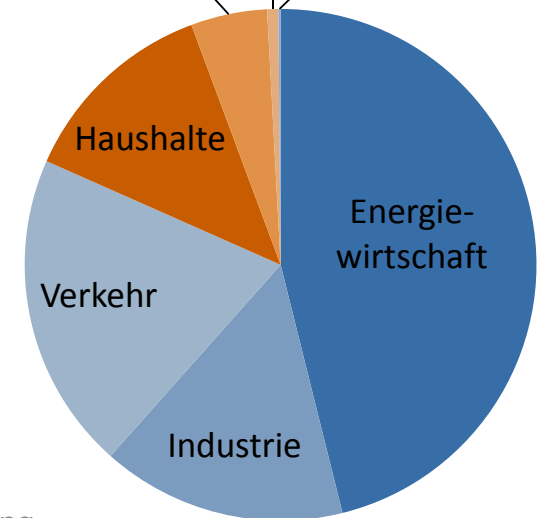
# Motivation eines Kohleausstiegs – Die deutschen THG-Ziele I



...davon ca. 75% energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen...

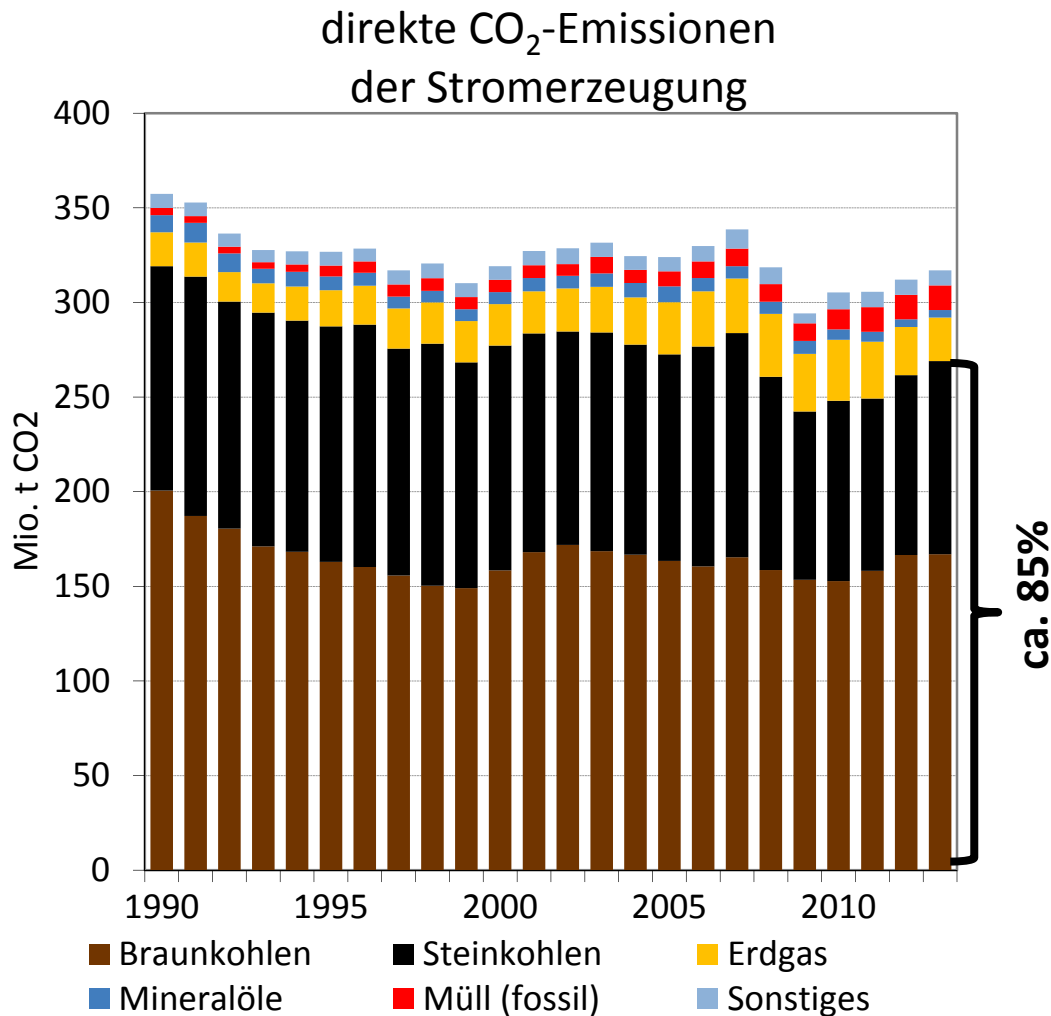
...davon ca. 46% in der Energiewirtschaft...

Gewerbe, Handel, Dienstleistungen    Landwirtschaft    übrige Emissionen



[BMW i Monitoringbericht 2014 & 2015]

# Motivation eines Kohleausstiegs – Die deutschen THG-Ziele II



- Kohlekraftwerke für ca. 28% der deutschen THG-Emissionen verantwortlich
- relativ günstige CO<sub>2</sub>-Grenzvermeidungskosten
- Ausbauziele für erneuerbare Energien im Energiekonzept

**→ Diskussion um einen Kohleausstieg...**

[BMWi Monitoringbericht 2014 & 2015]

20. Oktober 2016

Institut für Energie- und Klimaforschung  
Systemforschung und Technologische Entwicklung (IEK-STE)

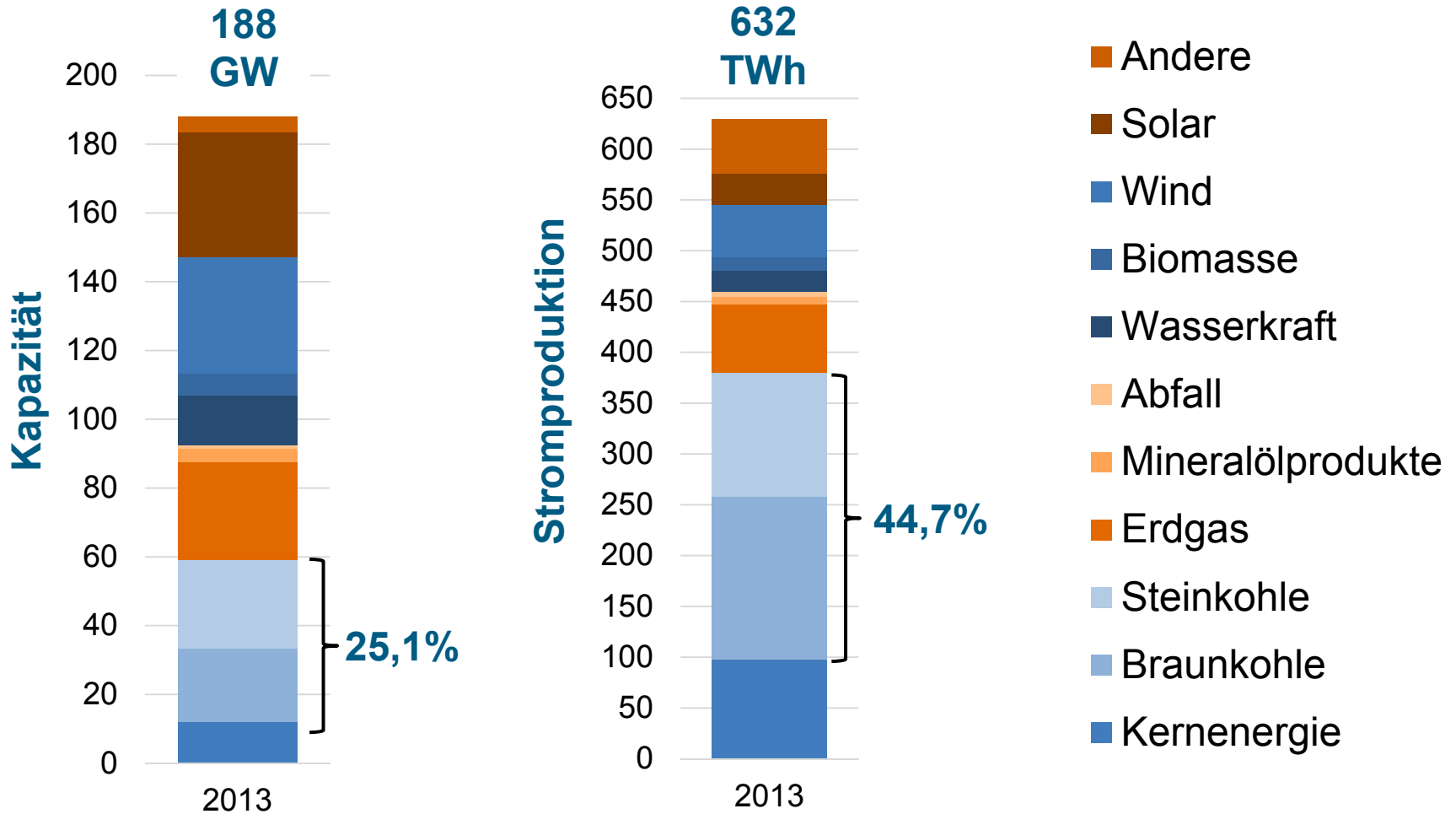
# Der Begriff Kohleausstieg

Mit „Kohleausstieg“ verbinde ich, dass	Ja	Nein
bestehende Kohlekraftwerke nach einem festgelegten Zeitplan systematisch abgeschaltet werden.	91,1 %	8,9 %
neue Kohlekraftwerke oder neue Braunkohletagebaue nicht mehr genehmigt werden.	88,5 %	11,5 %
für die Stromerzeugung in Deutschland keine Kohle mehr genutzt wird.	79,6 %	20,4 %
keine öffentlichen Mittel mehr für die Förderung des Baus von Kohlekraftwerken in anderen Ländern verwendet werden.	74,2 %	25,8 %
energieintensive Branchen wie Stahl- oder Chemieindustrie künftig keinen Strom aus Kohle mehr nutzen.	62,4 %	37,6 %
kein Strom mehr aus anderen Ländern importiert wird, der aus Kohle erzeugt wurde.	51,1 %	48,9 %

[Schumann et al., 2016]

**→ Kohleausstieg = keine Kohle zur Stromerzeugung**

# Status quo Kohlekraftwerke und Kohleausstieg



[BMWi Monitoringbericht 2014 & 2015]



# Faktisches Wissen über die Kohlenutzung in Deutschland

Aussage	Trifft zu	Trifft nicht zu	Ich weiß nicht
Der größte Anteil des Stroms in Deutschland wird aus Kohle hergestellt.	31,8 %	36,7 %	31,5 %
In Deutschland ist die Stromerzeugung aus Kohle in den letzten drei Jahren deutlich gesunken.	<b>54,0 %</b>	18,3 %	27,7 %
Mehr als 70 Prozent der in Deutschland genutzten Steinkohle wird aus anderen Ländern importiert.	29,9 %	17,4 %	<b>52,7 %</b>
Mehr als ein Viertel der in Deutschland genutzten Braunkohle wird aus anderen Ländern importiert.	25,8 %	20,9 %	<b>53,3 %</b>
Aus Kohle können Chemikalien oder Kunststoffe hergestellt werden.	45,4 %	13,3 %	41,5 %
Eine wirtschaftliche Stahlerzeugung ist auf den Einsatz von Kohle angewiesen.	36,5 %	17,4 %	46,1 %

[Schumann et al., 2016]

➔ **Geringes Wissen über Bedeutung der Kohle in Deutschland**

# Status quo Kohlekraftwerke und Kohleausstieg

- anhaltende Diskussion um einen vorzeitigen Kohleausstieg
- beschlossener „Braunkohlekompromiss“
  - Stilllegung von 2,7 GW Braunkohlekraftwerken (s. Tab.)
  - Vorhaltung dieser Kapazitäten für 4 Jahre als Reserve

Zeitpunkt	Name	Bundesland
1. Okt. 2016	Buschhaus	NI
1. Okt. 2017	Block P + Q Frimmersdorf	NRW
1. Okt. 2018	Block E + F Niederaußem Block F Jänschwalde	NRW BB
1. Okt. 2019	Block C Neurath Block E Jänschwalde	NRW BB

## Ausblick mit Hilfe von Szenarien...

- Szenarien sind...

„...eine plausible und häufig vereinfachte Beschreibung davon, wie die Zukunft sich gestalten könnte, basierend auf einer kohärenten und in sich konsistenten Reihe von Annahmen über die treibenden Kräfte und wichtigsten Zusammenhänge. Szenarien können von Projektionen abgeleitet sein, beruhen aber oft auf zusätzlichen Informationen aus anderen Quellen, manchmal kombiniert mit einer Modellgeschichte.“ [UBA gemäß [IPCC](#) (2007)]

# Überblick existierender Szenarien...

The collage features several key documents:

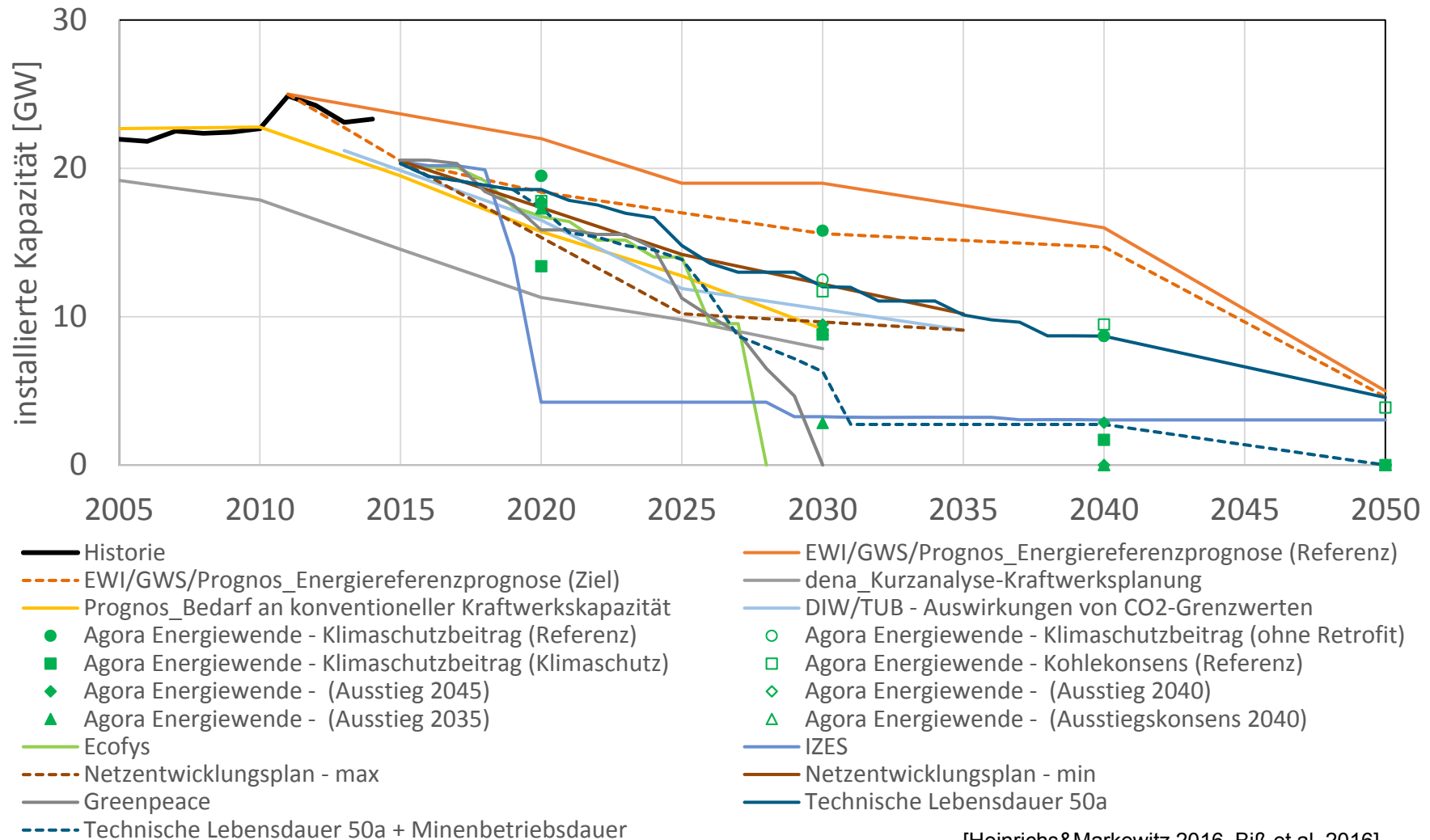
- Energiekonzept 2050**: A vision for a sustainable energy concept based on energy efficiency and 100% renewable energy. Published by Fraunhofer IWES, IZES, ZAE Bayern, and ZSW.
- Klimaschutzszenario 2050**: A study for climate protection, published by Oiko-Institut e.V. and Fraunhofer.
- Energy Roadmap 2050**: An impact assessment and scenario analysis published by the International Energy Agency (IEA).
- EU energy trends to 2030**: A report by the European Commission showing energy trends from 2010 to 2030.
- 2050 100%**: A document from the German government stating the goal of 100% electricity from renewable sources by 2050.
- Langfristszenarien und Strategien für den Ausbaue der erneuerbaren Energien in Deutschland**: Long-term scenarios and strategies for the expansion of renewable energy in Germany.
- Politik Szenarien bis 2030**: Policy scenarios for Germany up to 2030.
- Climate Engineering Solutions**: A report on climate engineering solutions.
- Energieprognose**: Energy forecast document.
- Prognosis 2030**: A forecast document from gws and prognos.
- 2030**: A document from the German government.
- Joint report**: A joint report from the Institute for Energy and Climate System Research.

Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft

# Überblick existierender Szenarien

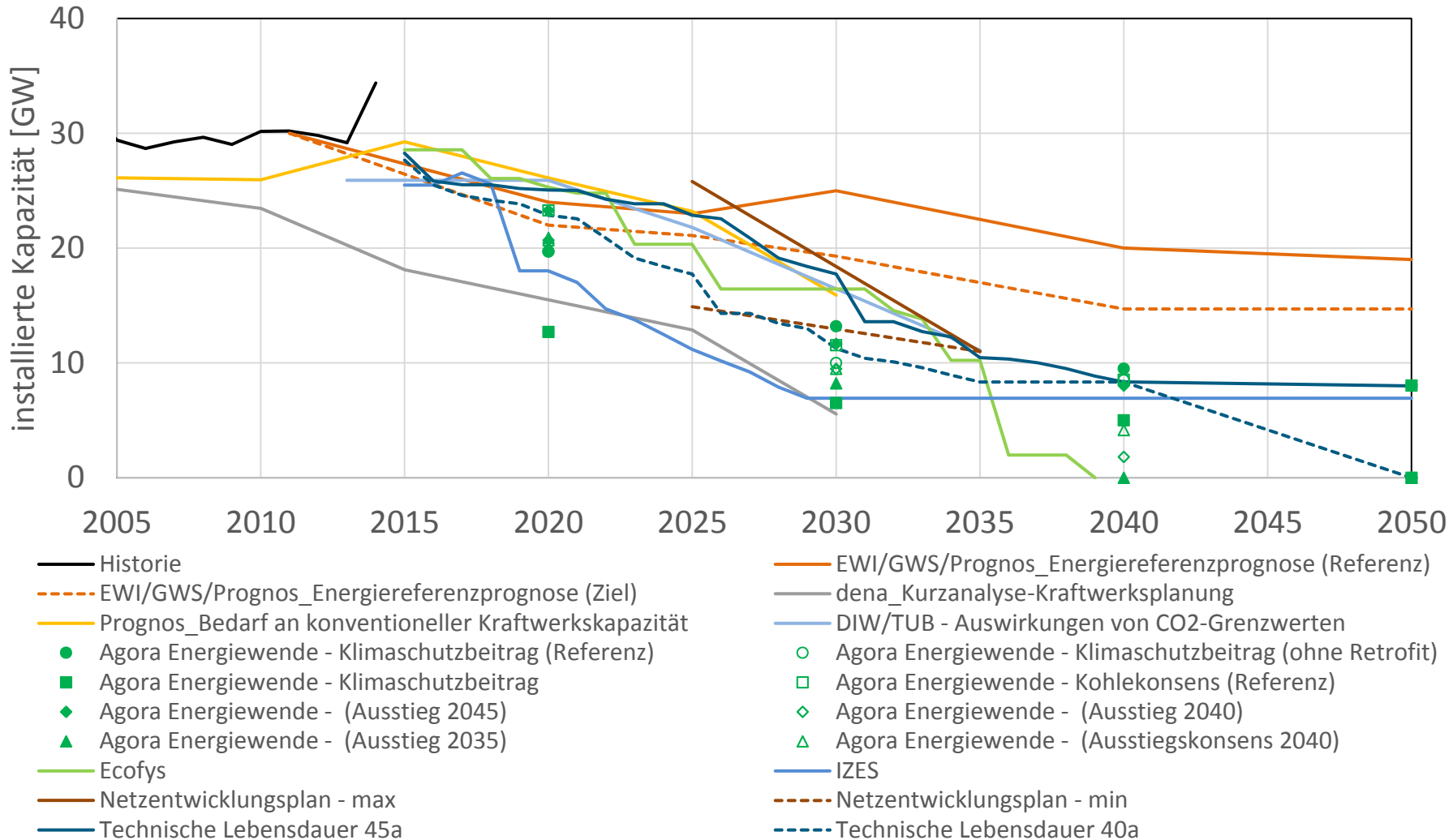
- Unterschiedliche Zielstellungen, Auftraggeber, Schwerpunkte, Methoden, Zeithorizont, etc.
- Häufige Szenarientypen
  - Referenzszenarien z.B. Business-as-usual (explorativ)
  - Zielszenarien z.B. Energiekonzept/ Klimaschutz (normativ)
  - Maßnahmenszenarien z.B. Kohleausstieg (explorativ)
  - ...
- Übersicht Sterbekurven Kohlekraftwerke →

# Beispielhafte Szenarien: Braunkohlekraftwerke



[Heinrichs&Markewitz 2016, Biß et al. 2016]

# Beispielhafte Szenarien: Steinkohlekraftwerke



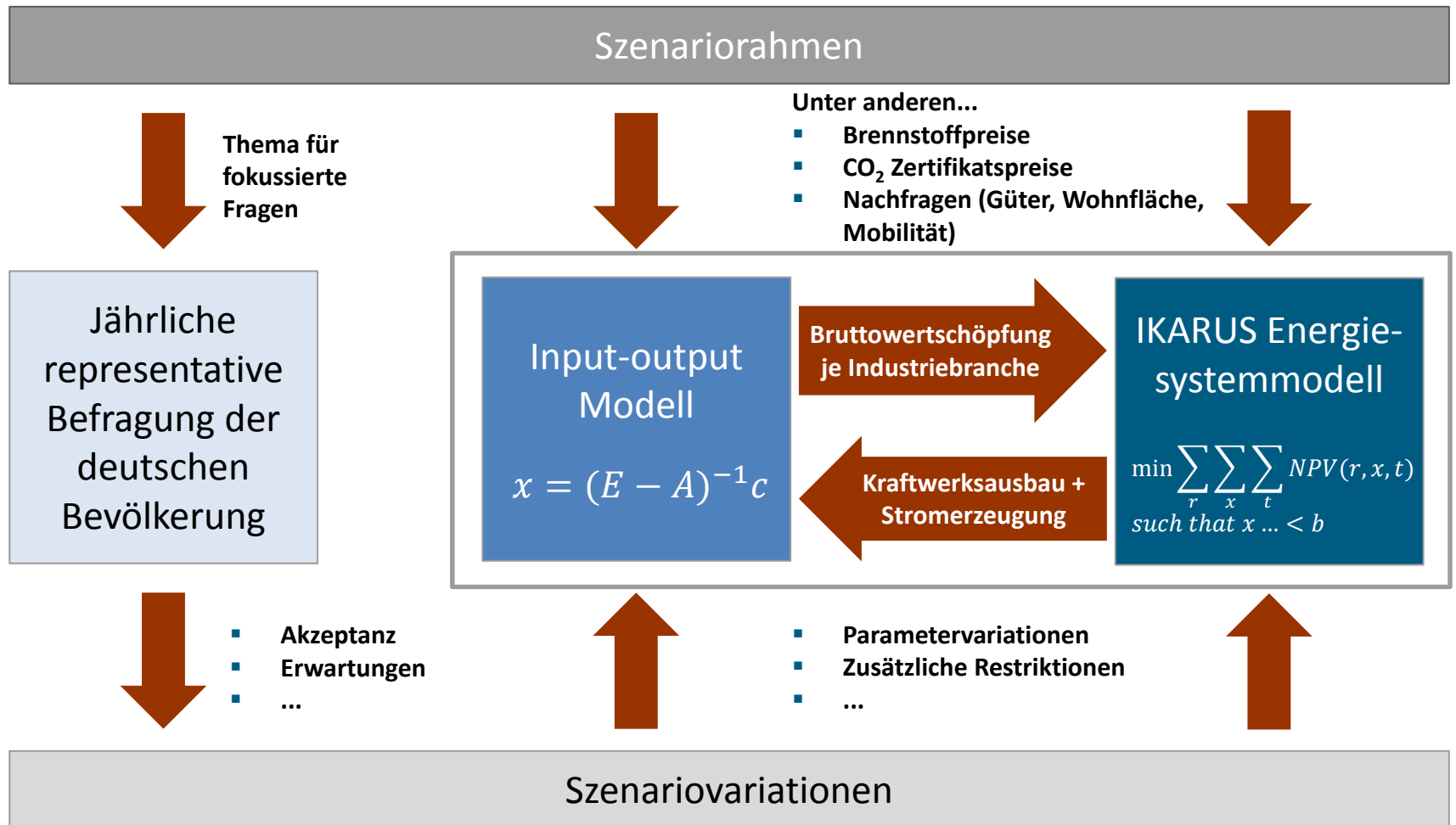
[Heinrichs&Markewitz 2016, Biß et al. 2016]

## Beispielhafte Szenarien:

- in allen Szenarien Rückgang der Kapazitäten von Kohlekraftwerken
- unterschiedliche Geschwindigkeiten und Begründungen für beobachteten Rückgang in Abhängigkeit vom Szenarientyp
- meistens schnellerer Rückgang von Braunkohlekapazitäten im Vergleich zu Steinkohlekapazitäten



# Szenarien eines Kohleausstiegs – Unser Ansatz

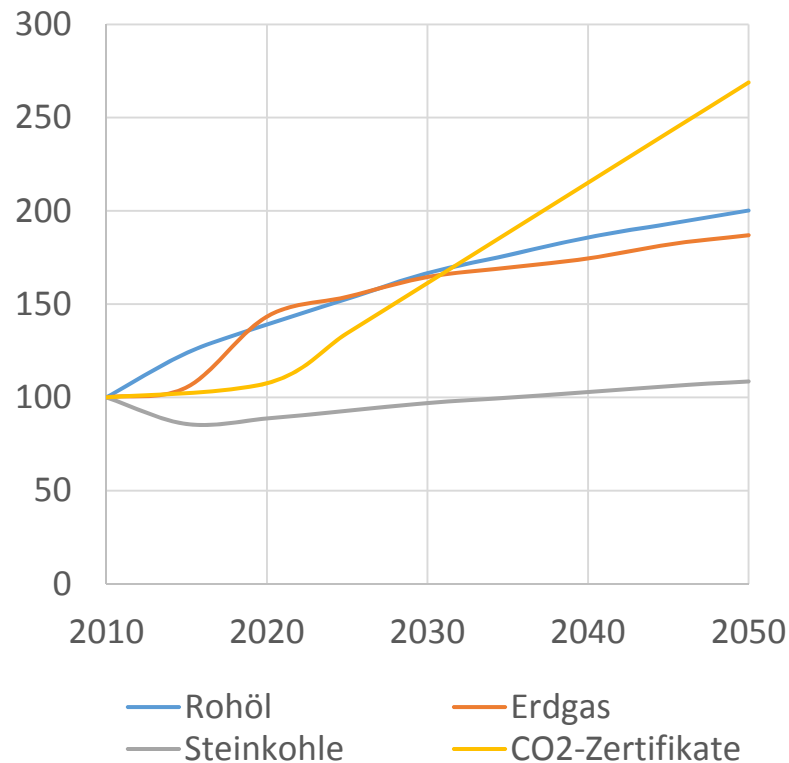


[Heinrichs et al. 2016]

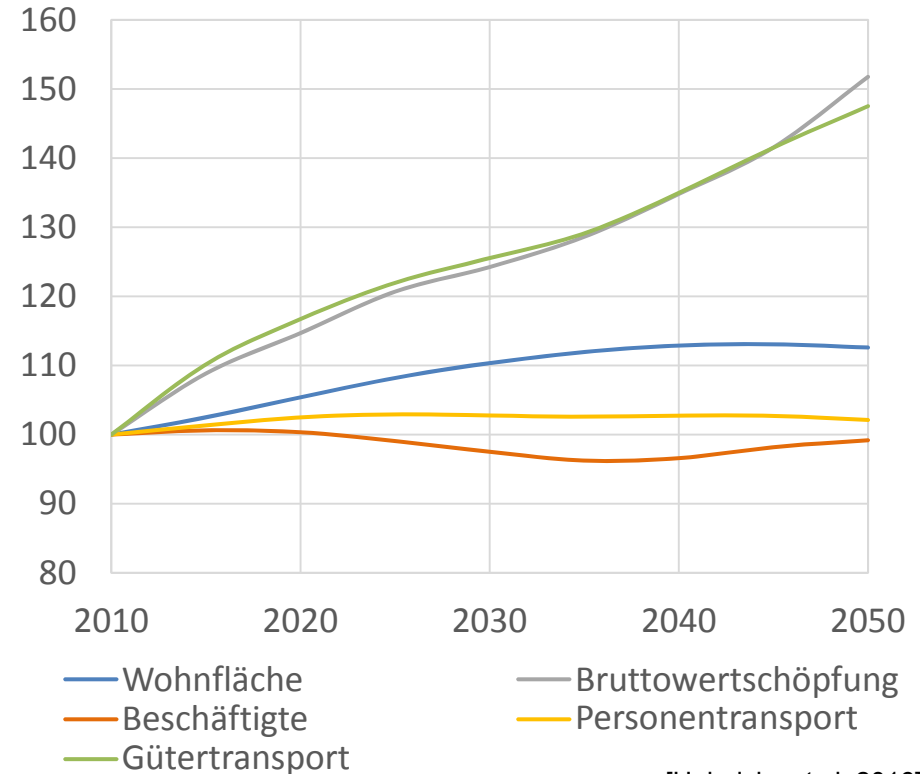
# Wesentliche Rahmenannahmen

- Bevölkerung: Rückgang von 80,8 Mio<sub>2013</sub> auf 73,6 Mio<sub>2050</sub>

### Brennstoff- und Zertifikatspreise (normiert)



### Nachfragevektor (normiert)



[Heinrichs et al. 2016]

# Untersuchte Ausstiegsstrategien

## Definition:

Kohleaustieg begrenzt auf Stromerzeugung auf Basis von Kohle

## BAU:

Lebensdauer

BK=50a, SK=45a

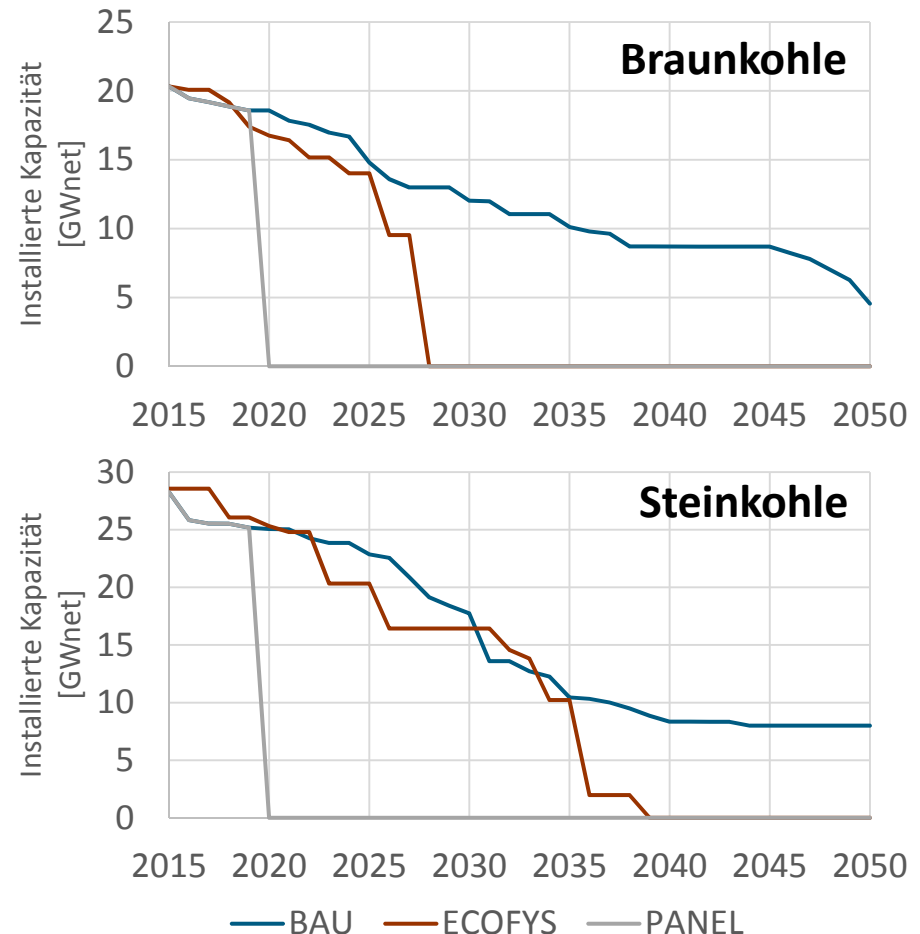
## ECOFYS:

Schneller Ausstieg

## PANEL:

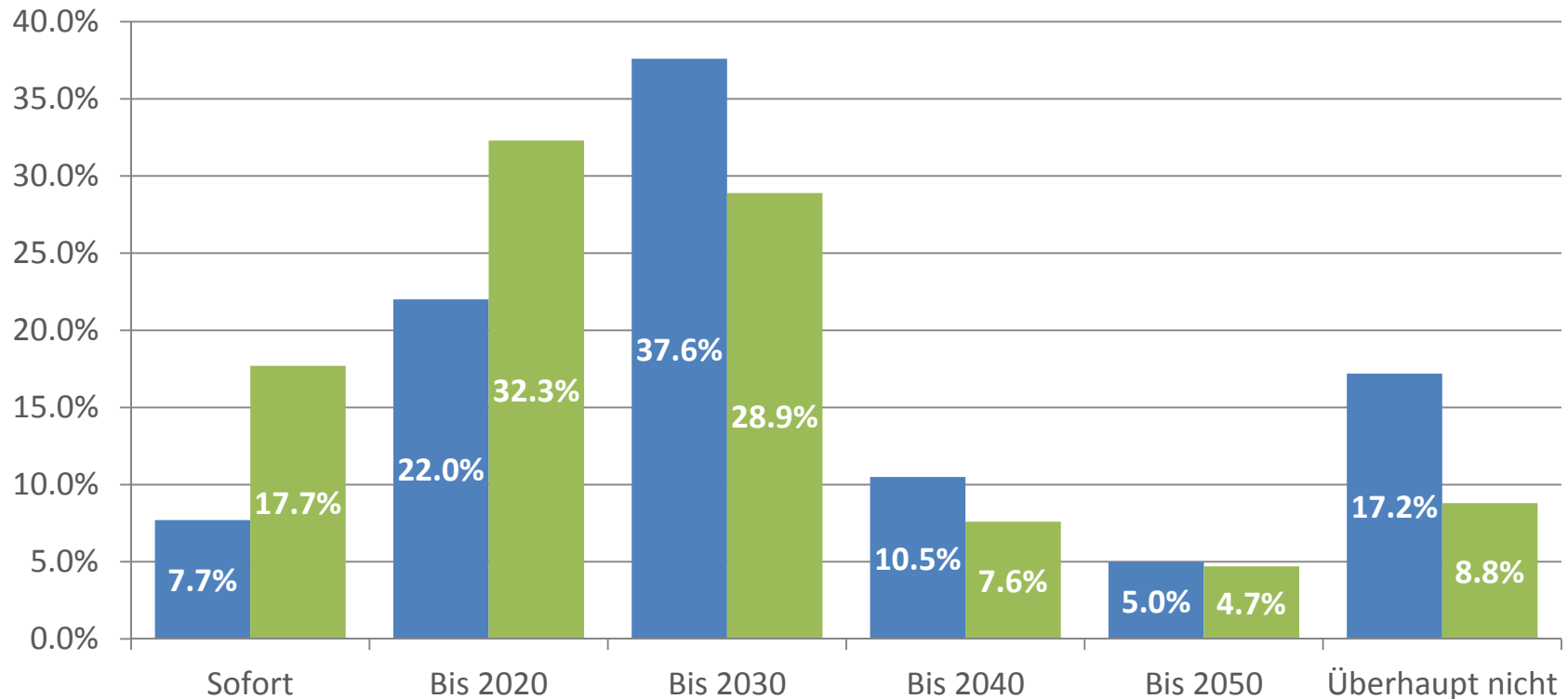
Extrem schneller Ausstieg

## Angenommene Sterbekurven



[Heinrichs et al. 2016]

# Beispielhafte Ergebnisse: Zeiträume bis zum Kohleausstieg



- Zeitpunkt, bis zu dem Deutschland ohne Probleme auf Kohlekraftwerke verzichten kann
- Zeitpunkt, bis zu dem sich die Befragten einen Ausstieg Deutschlands aus der Kohleverstromung wünschen

[Schumann et al., 2016]

# Beispielhafte Ergebnisse: Zusätzliche CO<sub>2</sub>-Reduktion

- Zusätzliche CO<sub>2</sub>-Reduktion im Vergleich zu BAU **aber** nicht genug für das deutsche CO<sub>2</sub>-Ziel
- Ein extrem schneller Ausstieg (PANEL) reduziert weniger CO<sub>2</sub> und benötigt unrealistisch viele neue Gaskraftwerke bis 2020 (=Lock-in Effekt)
- Ø Kosten der zusätzlichen CO<sub>2</sub> Reduktion 2015-2050:
  - ECOFYS ~43€<sub>2015</sub>/t<sub>CO2</sub>,
  - PANEL ~29€<sub>2015</sub>/t<sub>CO2</sub>

[Heinrichs et al. 2016]

# Beispielhafte Ergebnisse:

## Makroökonomische Gesamtleistung

- Geringere Kosten für CO<sub>2</sub>-Zertifikate und importierte Steinkohle + höhere Kosten für Gasimporte
- Kurzfristig: positive Effekte aufgrund von Investitionen in Gaskraftwerke
- Langfristig: Windkraftausbau kompensiert Effekte des Gasimports
- Sehr sensitiv in Bezug auf CO<sub>2</sub>-Zertifikatspreise

[Heinrichs et al. 2016]

## Integrierte Ergebnisse

- Deutschland profitiert von einem Kohleausstieg nur bei steigenden CO<sub>2</sub>-Zertifikatspreisen (PANEL: ~50€/t<sub>CO2</sub> in 2050, ECOFYS: ~70€/t<sub>CO2</sub> in 2050).
- Der von der Bevölkerung präferierte Ausstiegszeitpunkt ist technisch und ökonomisch nicht möglich.
- Ein Kohleausstieg reicht zur CO<sub>2</sub>-Zielerreichung nicht aus (insbesondere ein sehr schneller Ausstieg nicht)

...unter den getroffenen Annahmen.

## Fazit & Ausblick

- Die Bedeutung der Kohle in Deutschland wird von der Bevölkerung unterschätzt
- Die Ziele der Energiewende erfordern langfristig auch einen Kohleausstieg im Stromsektor
- Eine Analyse möglicher Transformationspfade im Rahmen der Energiewende muss technische, ökonomische und soziale Aspekte umfassen
  
- Die Integration von sozialen Aspekten in die Energiesystemanalyse weiterentwickeln und vertiefen
- Neben Einstellungen sollte auch Verhalten berücksichtigt werden



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

**Kontakt:**

**[h.heinrichs@fz-juelich.de](mailto:h.heinrichs@fz-juelich.de)**

- Biß, K., Gotzens, F., Markewitz, P., Heinrichs, H.: Übersicht der Entwicklung von Braun- und Steinkohlekraftwerken in verschiedenen Szenarien. 2016.
- BMWi, *Zweiter Monitoring-Bericht "Energie der Zukunft"*. 2014, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): Berlin.
- BMWi, *Fourth "Energy Transition" Monitoring - Summary*. 2015, Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi), November 2015.
- Heinrichs, H., Markewitz, P. (2016) Long-term impacts of a coal-phase-out in Germany as part of a greenhouse gas mitigation strategy, *Applied Energy* (in review).
- Heinrichs, H., Schumann, D., Vögele, S., Biß, K., Shamon, H., Markewitz, P., Többen, J., Gillessen, B., Gotzens, F., Ernst, A. (2016) Integrated assessment of a phase-out of coal-fired power plants in Germany, *Energy* (submitted).
- Schumann, D., Fische, W. & Hake, J.-F. (2016) Kohlenutzung und Kohleausstieg aus Sicht der Bevölkerung. *Energiewirtschaftliche Tagesfragen*, 66:6, 18-22.