

Herausforderungen der Energiewende: Vom Kohleausstieg zur Energiepreisreform

Prof. Dr. Andreas Löschel

Lehrstuhl für Mikroökonomik, insb. Energie- und Ressourcenökonomik

Westfälische Wilhelms-Universität Münster

Mail loeschel@uni-muenster.de

Twitter [@andreasloeschel](https://twitter.com/andreasloeschel)



Monitoring-Prozess „Energie der Zukunft“

Im Juni: Stellungnahme zum 2. Fortschrittsbericht der Bundesregierung für Berichtsjahr 2017
(<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/monitoring-prozess.html>)



Stellungnahme zum 6. Monitoring-Bericht

Dimension	Indikator	
Klimaschutz	Reduktion der Treibhausgasemissionen (Leitindikator bzw. Oberziel)	●
	Kernenergieausstieg	●
Erneuerbare Energien	Erhöhung des Anteils Erneuerbarer am Bruttoendenergieverbrauch (Leitindikator)	●
	Erhöhung des Anteils Erneuerbarer am Bruttostromverbrauch	●
	Erhöhung des Anteils Erneuerbarer am Wärmeverbrauch	●
	Erhöhung des Anteils Erneuerbarer im Verkehr	●
Energieeffizienz	Reduktion des Primärenergieverbrauchs (Leitindikator)	●
	Endenergieproduktivität	●
	Reduktion des Wärmebedarfs im Gebäudesektor	●
	Reduktion des Endenergieverbrauchs im Verkehr	●
Zielerfüllung: ● wahrscheinlich ● nicht sichergestellt ● unwahrscheinlich		

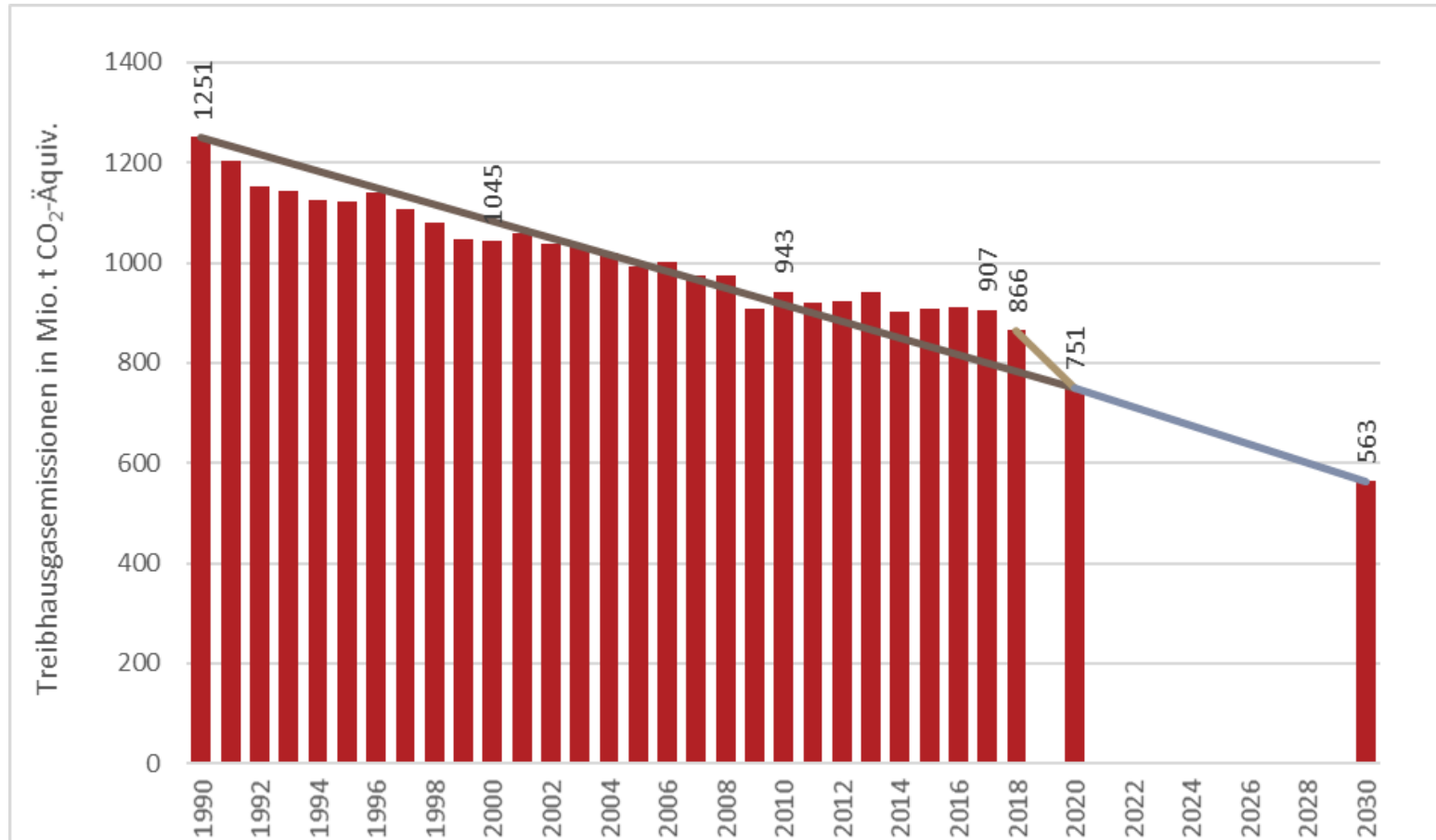
Siehe auch <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/monitoring-prozess.html>

Stellungnahme zum 6. Monitoring-Bericht

Dimension	Indikator	
Versorgungssicherheit	Ausbau der Übertragungsnetze (Leitindikator)	●
	Redispatchmaßnahmen	●
	System Average Interruption Duration Index – SAIDI Strom und SAIDI Gas	●
Preiswürdigkeit	Letztverbraucherausgaben für Elektrizität am Bruttoinlandsprodukt (Leitindikator)	●
	Letztverbraucherausgaben für Wärmedienstleistungen	●
	Letztverbraucherausgaben im Straßenverkehr	●
	Elektrizitätsstückkosten der Industrie im internationalen Vergleich	●
	Energiekostenbelastung der Haushalte	●
Akzeptanz	Generelle Zustimmung zu den Zielen der Energiewende (Leitindikator)	●
	Zustimmung hinsichtlich der Umsetzung der Energiewende	●
	Zustimmung auf Grundlage persönlicher Betroffenheit	●
Zielerfüllung: ● wahrscheinlich ● nicht sichergestellt ● unwahrscheinlich		

Siehe auch <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/monitoring-prozess.html>

Entwicklung der Treibhausgasemissionen



Quelle: BMWi und BMU, 2010; EEA, 2019

Klimaschutzplan 2050

Handlungsfeld	1990 (in Mio. Tonnen CO ₂ -Äq.)	2014 (in Mio. Tonnen CO ₂ -Äq.)	2030 (in Mio. Tonnen CO ₂ -Äq.)	2030 (Minderung in % gegenüber 1990)
Energiewirtschaft	466	358	175 – 183	62 – 61 %
Gebäude	209	119	70 – 72	67 – 66 %
Verkehr	163	160	95 – 98	42 – 40 %
Industrie	283	181	140 – 143	51 – 49 %
Landwirtschaft	88	72	58 – 61	34 – 31 %
Teilsumme	1.209	890	538 – 557	56 – 54 %
Sonstige	39	12	5	87 %
Gesamtsumme	1.248	902	543 – 562	56 – 55 %

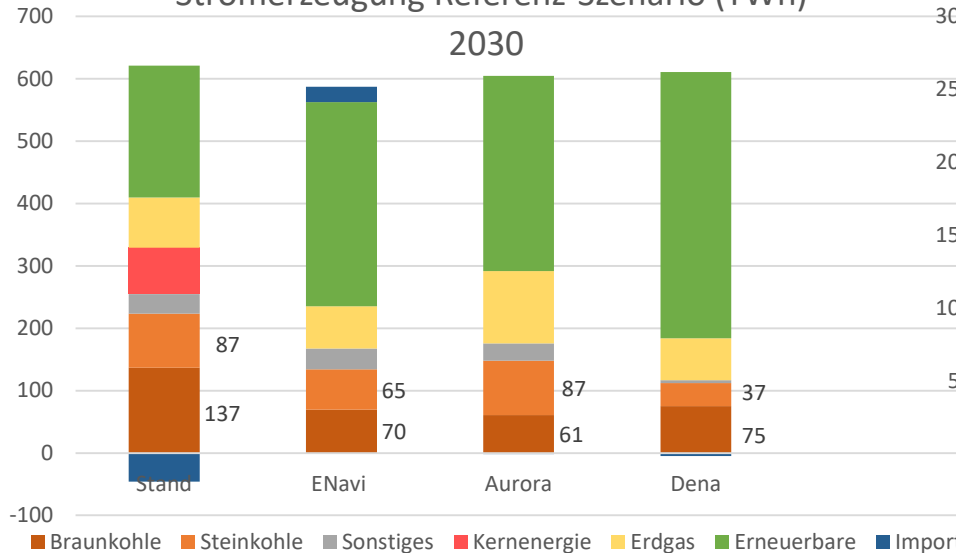
Quelle: Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung

Kohleausstieg

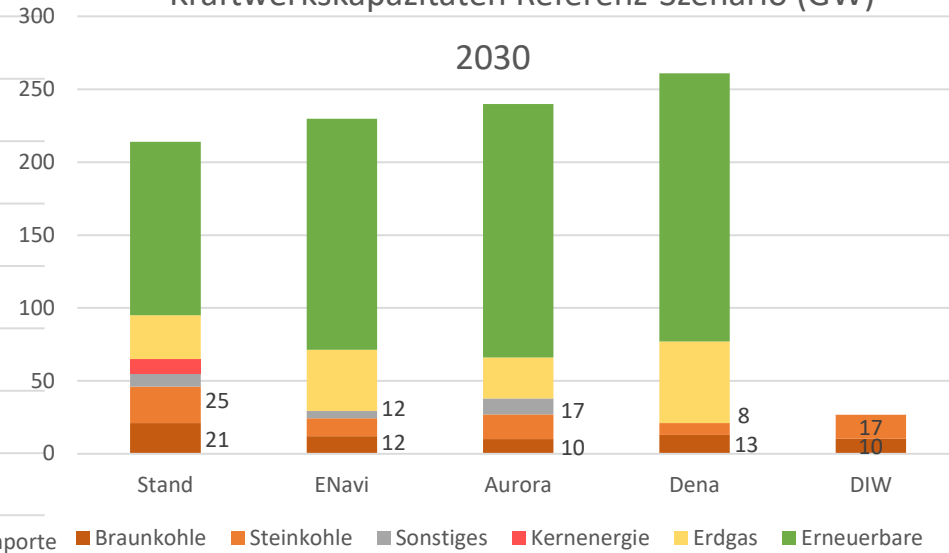
- verschiedene Studien zu Auswirkungen der Klimaziele auf Kohleverstromung und Stromerzeugung (z.B. Agora 2016, Aurora 2018, BDI 2018, BUND 2018, DENA 2018, DIW 2018, Enavi 2018, Öko-Institut 2017/2018)
 - Erreichung des Sektorziels Energiewirtschaft hängt von Rahmenbedingungen ab:
 - Erneuerbarenausbau: stärkerer Ausbau EE Kapazitäten +
 - CO₂-Preise: höhere nationale bzw. ETS-Preise +
 - Brennstoffpreise: höherer Kohlepreis/niedrigerer Gaspreis +
 - Stromverbrauch/Effizienz: höherer Stromverbrauch -
 - europäische Einbettung (Ziele, Instrumente), Wechselwirkungen, Saldo - / +
- bestimmen Entwicklung der Kohlekapazitäten ohne weitere Interventionen mit ökonomisch getriebenen Schließungs- und Modernisierungsentscheidungen und bildet Rahmen für Untersuchung verschiedener Kohleausstiegsszenarien

Unterschiedliche Referenzentwicklung

Stromerzeugung Referenz-Szenario (TWh)



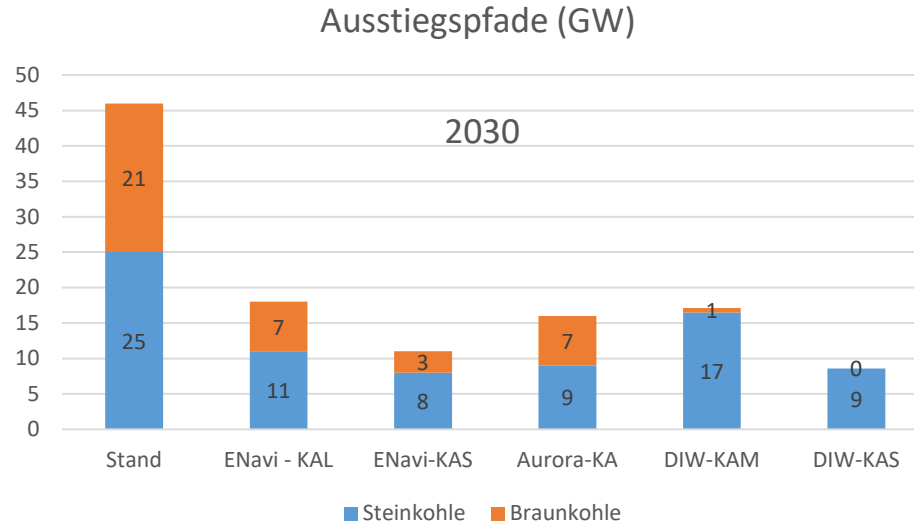
Kraftwerkskapazitäten Referenz-Szenario (GW)



Quelle: BDEW (2018), Enavi (2018), Aurora (2018), DENA (2018), DIW (2018)

- Sektorziel wird im Referenzfall nicht erreicht (Lücke 65 Mio t nach Aurora)
- auch ohne regulatorische Intervention werden Kohlekraftwerksleistungen aus ökonomischen Gründen stillgelegt (15 GW Aurora, 20 GW DIW, 22 GW ENavi, 25 GW Dena)
- Erneuerbarenausbau wichtig: in der Referenz (vor KOAV) werden Erneuerbare schwächer ausgebaut (52% nach Aurora) (nicht bei DENA, aber Bottleneck-Szenario)
- stärkerer Erneuerbarenausbau (65%) schließt Lücke teilweise (15 Mio t nach Aurora)

Unterschiedliche Kohleausstiegspfade



- Studien zum Kohleausstieg mit verschiedenen Pfaden:
 - ENavi-KAL (-6 GW): Ausstieg 2050 und Sektorziel 2030 erreicht
 - ENavi-KAS (-13 GW): ambitionierter Ausstieg 2035 (Agora Energiewende, 2016)
 - Aurora-KA (-11 GW): Ausstieg 2040 und Schließung von 2 GW pro Jahr nach Alter
 - DIW-KAM (-10 GW): 3 GW bis 2020, v.a. Braunkohle, Steinkohle nach 2030
 - DIW-KAS (-18 GW): 7 GW bis 2020, Stein- und Braunkohle bis 2030
- in allen Szenarien Zielerreichung 2030 (bei Aurora-KA nur bei 65% EE-Ausbau)

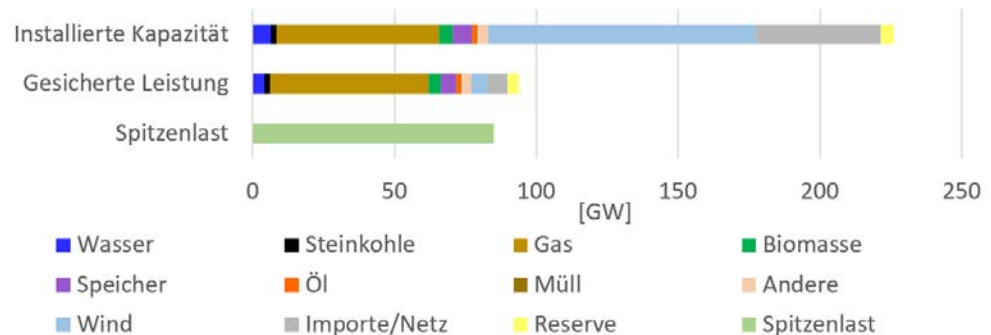
Auswirkungen auf Stromkosten und Kraftwerksbetreiber

- Strompreise steigen von 40 EUR/MWh in allen Szenarien wegen Atomausstieg und Abbau Überkapazitäten D/EU, CO₂-Preisen, Energieträgerpreisen v.a. Erdgaspreis an (ENavi 60 EUR/MWh, Aurora 57 EUR/MWh)
- höheres Erneuerbarenziel führt zu geringeren Börsenstrompreisen (vs. Endkundenpreis)
- Kohleausstieg erhöht Strompreis ggü. Referenz leicht (Kohlepreis -, Erdgaspreis +, CO₂-Preis -) (ENavi 2 EUR/MWh, Aurora 4 EUR/MWh)
- Deckungsbeiträge der Kraftwerksbetreiber verändern sich durch Ausstieg:
 - i) Auslastung der Kraftwerke steigt + ,
 - ii) niedriger CO₂-Preis senkt variable Kosten + ,
 - iii) Ausstieg erhöht Strompreis + ,
 - iv) Abschaltung verkürzt Lebensdauer –
 - je länger ein Kraftwerk im Markt bleibt, umso mehr profitiert es vom Kohleausstieg (besonders moderne Kohlekraftwerke und Gaskraftwerke)
 - CO₂-Preise können diesen Effekt eines administrierten Ausstiegs mindern
- undiskontierte kumulierte Mehrkosten des schnellen Kohleausstiegs (ohne mögliche Kompensationszahlungen) betragen im Energiesystem über 30 Jahre 41-106 Mrd. EUR (ENavi)

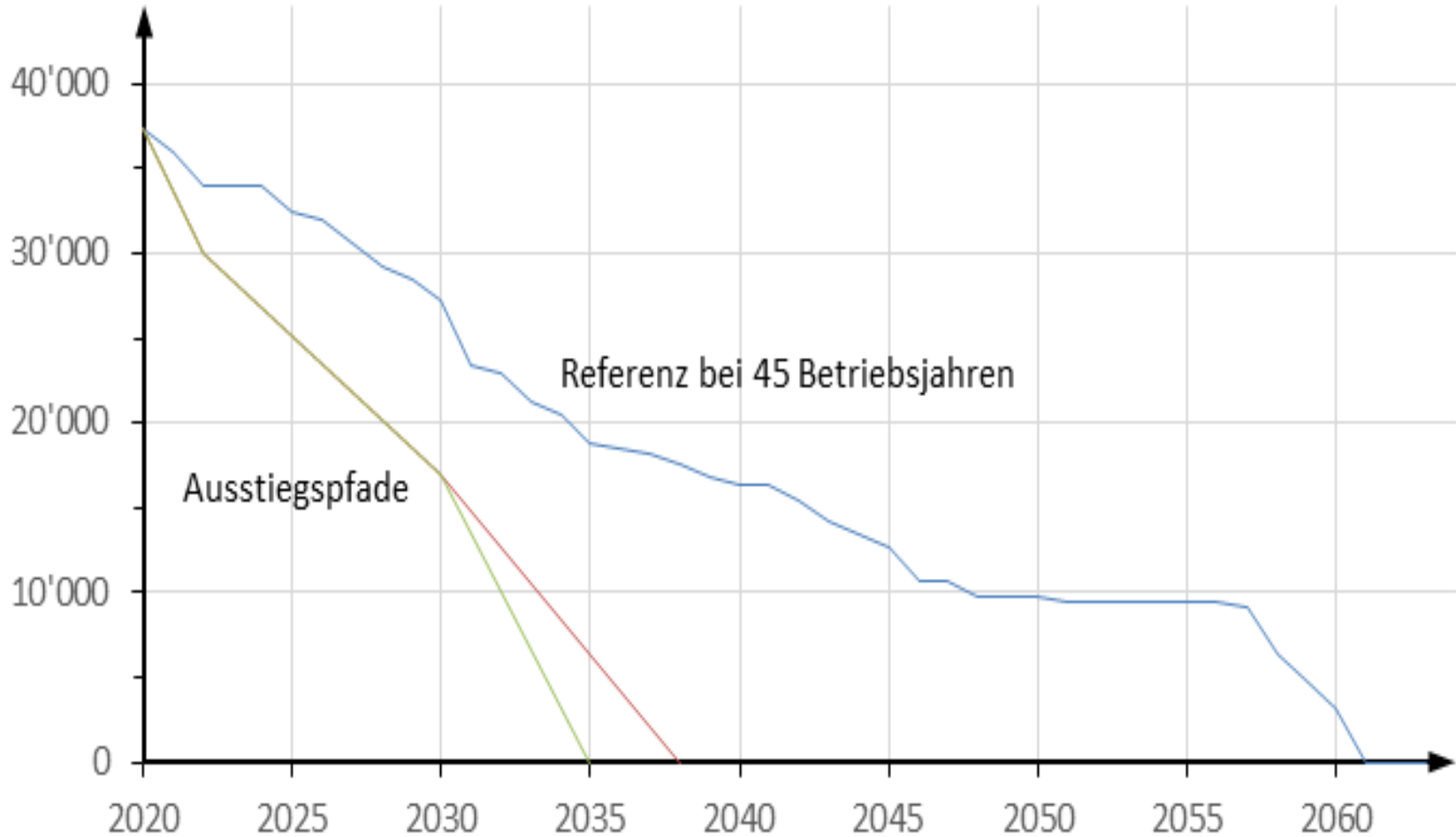
Versorgungssicherheit

- Abbau der Stromexporte und Übergang zu Netto-Stromimporten spätestens 2030 in allen Szenarien von ENavi → in welchem Umfang tolerierbar (stochastische Ausgleichseffekte, systemtechnische Möglichkeiten, politische Vereinbarungen)?
- Versorgungssicherheit durch Jahreshöchstlast und Dunkelflaute (14 Tage) bestimmt: Jahreshöchstlast steigt durch verstärkte Elektrifizierung an (Dena 94-160 GW) und damit Bedarf an gesicherter Leistung, zur Deckung der Dunkelflaute weniger Optionen
- Ersatz wegfallender Kohle und Kernenergie durch Erneuerbare und insb. Gas: bis 2050 mindestens Verdopplung der installierten Kapazitäten notwendig (ENavi bis 2050 46-67 GW, DENA bis 2050 55-117 GW), Stromerzeugung aus Gaskraftwerken steigt (ENavi 53-136 TWh, Dena 69-250 TWh inkl. klimaneutraler Gase)
- Beispiel: Systemstabilität

ENavi – KAS 2035



Vorschlag zum Kohleausstieg

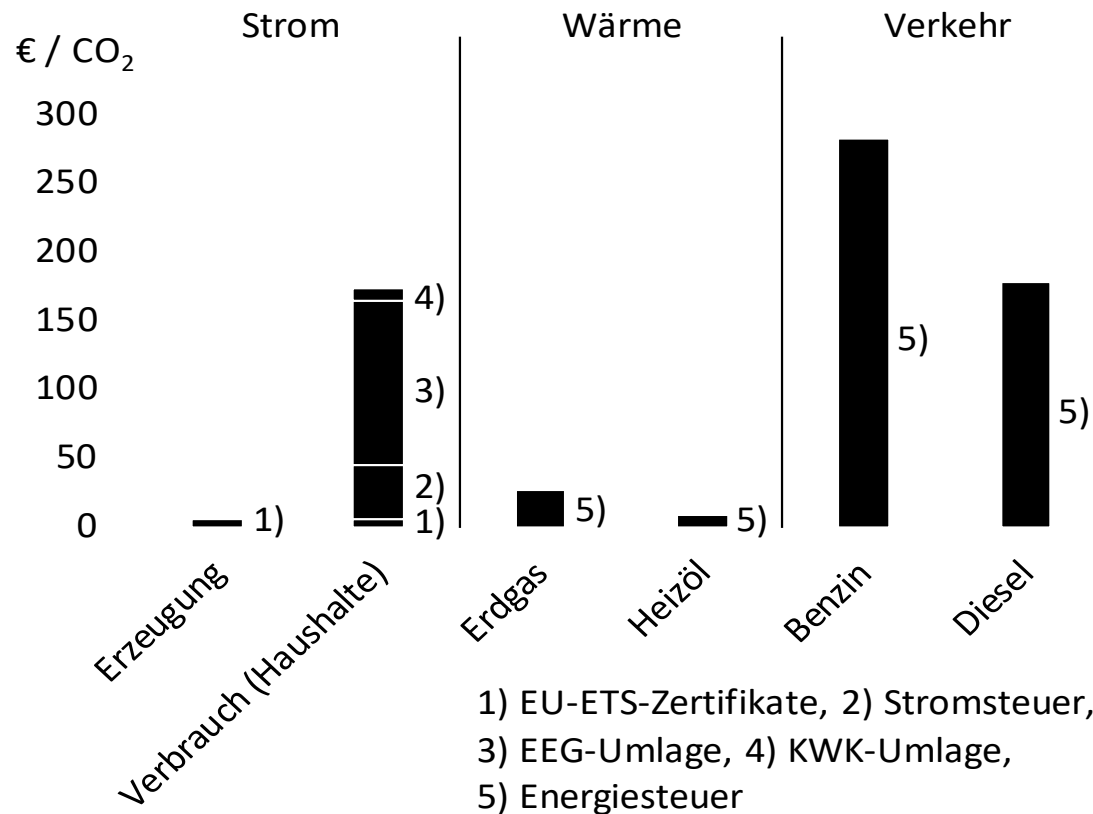


Implementierung bestimmt Auswirkungen

- Klimaschutzwirkung hängt von kumulierten Emissionen ab: wichtig weniger Endpunkt des Kohleausstiegs, sondern Stilllegungen in der nächsten Dekade (z.B. 50% mehr Emissionen mit 33 GW 2025 / Ausstieg 2035 als 18 GW 2025 / Ausstieg 2050)
 - Budget festlegen, optimaler Verlauf nicht-linear (ENavi: frühe und starke Kohlestromreduktion wirtschaftlich vorteilhaft gegenüber Reduktion nach 2030)
- CO₂-Bepreisung ökonomisch sinnvollster Ansatz zur Erreichung der Klimaschutzziele: marktbasierter Ausstieg via Energiesteuer minimiert Systemkosten
- ordnungsrechtlicher Kohleausstieg ohne flankierende Maßnahmen problematisch
 - Neu-/Zubau von Gaskraftwerken und höhere Emissionen aus Gasnutzung
 - Auslastung verbliebener Kohlekraftwerke steigt (Kohle-Rebound; Aurora: kann bei Schließung von Steinkohle vor Braunkohle sogar zu höheren Emissionen führen)
 - Emissionen im Ausland steigen (EU-Wasserbett: Aurora 40% der dt. Minderung)
 - Mindestpreis im EU-ETS oder nationaler CO₂-Preis
 - Zertifikatslöschung und Marktstabilisierungsreserve (ENavi 1300 Mt CO₂)

CO₂-Bepreisung

Totale CO₂-Preise in Deutschland



Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf Agora Energiewende (2017)

Energiesteuerreform

CO₂-Preises von 30 Euro/t CO₂ bei gleichzeitiger Entlastung Strompreis (% Energiekosten)

Strom	Verkehr		Wärme					
			Gasheizung			Ölheizung		
			Niedriger Wärmebedarf	Durchschnitts-Haushalt	Hoher Wärmebedarf	Niedriger Wärmebedarf	Durchschnitts-Haushalt	Hoher Wärmebedarf
3 und mehr-Personen-Haushalt	Pkw Benzin	Wenig-Fahrer	-9,0	-7,5	-4,1	-8,1	-7,0	-2,9
		Durchschnitts-Fahrer	-6,4	-5,3	-2,7	-5,6	-4,8	-1,6
		Viel-Fahrer	-1,0	-0,6	0,5	-0,5	-0,2	1,4
	Pkw Diesel	Wenig-Fahrer	-9,6	-8,0	-4,3	-8,6	-7,4	-3,0
		Durchschnitts-Fahrer	-7,0	-5,7	-2,8	-6,1	-5,2	-1,6
		Viel-Fahrer	-1,1	-0,6	0,8	-0,5	-0,1	1,7
Durchschnitts-Haushalt	Pkw Benzin	Wenig-Fahrer	-5,3	-3,8	-0,6	-4,0	-2,9	1,2
		Durchschnitts-Fahrer	-2,9	-1,9	0,4	-1,9	-1,1	2,0
		Viel-Fahrer	1,3	1,7	2,7	1,8	2,2	3,6
	Pkw Diesel	Wenig-Fahrer	-5,7	-4,0	-0,6	-4,3	-3,1	1,3
		Durchschnitts-Fahrer	-3,2	-2,0	0,6	-2,1	-1,1	2,3
		Viel-Fahrer	1,7	2,1	3,2	2,4	2,8	4,4
1-Personen-Haushalt	Pkw Benzin	Wenig-Fahrer	-1,8	-0,5	2,3	-0,3	0,9	4,6
		Durchschnitts-Fahrer	0,0	0,9	2,9	1,2	2,0	4,9
		Viel-Fahrer	3,0	3,3	4,2	3,6	3,9	5,3
	Pkw Diesel	Wenig-Fahrer	-1,9	-0,4	2,5	-0,2	1,0	5,1
		Durchschnitts-Fahrer	0,2	1,2	3,3	1,5	2,4	5,5
		Viel-Fahrer	3,8	4,2	5,1	4,6	5,0	6,5

durchschnittlichen Haushalt
ca - 60 €/a (bei 30 €/tCO₂)
ca. + 90 €/a (bei 50 €/tCO₂)

bei Energiekosten von
ca. 3150 €/a (-1.9%/+2,8 %)
bzw.
Haushalts-Nettoeinkommen
ca. 41 t € (-0.1%/+0,2 %)

Energiesteuerreform

CO₂-Preises von 30 Euro/t CO₂ bei gleichzeitiger Entlastung Strompreis (% Energiekosten)

