

Auswirkungen von CO₂-Preisen auf den Gebäude-, Verkehrs- und Energiesektor

Im Auftrag der E.ON SE

Kurzstudie, Oktober 2019



E.ON Energy Research Center



FCN | Institute for Future Energy Consumer Needs and Behavior
Chair of Energy Economics and Management | Prof. Dr. Reinhard Madlener



Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln gGmbH (EWI)

Alte Wagenfabrik
Vogelsanger Straße 321a
50827 Köln

Tel.: +49 (0)221 277 29-100

Fax: +49 (0)221 277 29-400

www.ewi.uni-koeln.de

Lehrstuhl für Wirtschaftswissenschaften, insb. Energieökonomik
Institute for Future Energy Consumer Needs and Behavior (FCN)

E.ON Energy Research Center (E.ON ERC)
RWTH Aachen University

Mathieustrasse 10
52074 Aachen

Tel.: +49 (0)241 80-49820

Fax.: +49 (0)241 80-49829

www.fcn.eonerc.rwth-aachen.de

AUTOREN EWI

Dr. Johannes Wagner

Oliver Hennes

Jonas Zinke

Samir Jeddi

AUTOREN FCN

Prof. Dr. Reinhard Madlener

Hendrik Schmitz

Stefanie Wolff

FRAGESTELLUNG & MOTIVATION

Die deutsche Bundesregierung hat im Energiekonzept 2010 sowie im Klimaschutzplan 2050 umfassende Ziele im Hinblick auf die Reduktion der nationalen Treibhausgasemissionen formuliert. Bis 2030 wird eine Reduktion von 55% gegenüber dem Referenzjahr 1990 angestrebt, bis 2050 sollen die Emissionen um 80% bis 95% im Vergleich zu 1990 reduziert werden. Darüber hinaus sind spezifische Minderungsziele für die Sektoren Energiewirtschaft, Gebäude, Verkehr, Industrie und Landwirtschaft für das Jahr 2030 definiert worden. Eine Erreichung der Ziele erfordert weitreichende Änderungen in der Struktur sowie in der Bereitstellung des Endenergieverbrauchs.

Vor dem beschriebenen Hintergrund wird in Deutschland eine sektorenübergreifende Bepreisung von Treibhausgasemissionen als Koordinationsinstrument diskutiert. Verschiedene Ansätze zur Bepreisung von Emissionen, insbesondere in den nicht vom europäischen Emissionshandel erfassten Sektoren Gebäude und Verkehr, wurden in den vergangenen Monaten untersucht.¹ Zudem wurde in den Eckpunkten für das Klimaschutzprogramm 2030 der Einstieg in die nationale Bepreisung von Treibhausgasemissionen im Verkehrs- und Gebäudesektor beschlossen. Unklar bleibt in den bisherigen Untersuchungen allerdings die reale Wirkung eines Preises für Treibhausgasemissionen, da die Kosten für die Vermeidung von Emissionen nicht direkt beobachtbar sind. Die Lenkungswirkung einer CO₂ Bepreisung ist daher mit hoher Unsicherheit behaftet.

Die vorliegende Studie knüpft an diese offene Fragestellung an. Zunächst wird die Wirkung eines CO₂ Preises auf das Investitions- und Verbrauchsverhalten von Haushalten im Verkehrs- und Gebäudesektor untersucht. Weiterhin wird der Einfluss eines nationalen CO₂-Mindestpreises im Energiesektor betrachtet. Dazu wird die Lenkungswirkung von Preissignalen auf das Verhalten von Haushalten mittels ökonomischer Modelle abgeschätzt. Darauf aufbauend werden Rückwirkungen des Verbrauchsverhaltens sowie die Auswirkungen des Mindestpreises auf das Gesamtenergiesystem mithilfe eines Energiesystemmodells abgeleitet.

Die Studie wurde vom Institute for Future Energy Consumer Needs and Behavior (FCN) der RWTH Aachen und dem Energiewirtschaftlichen Institut an der Universität zu Köln (EWI) durchgeführt. Das FCN war verantwortlich für die Quantifizierung des Investitions- und Nutzerverhaltens privater Haushalte. Die Gesamtsystemmodellierung wurde basierend auf den Ergebnissen des FCN vom EWI durchgeführt.

¹ Vgl. u.a. DIW (2019). „Für eine sozialverträgliche CO₂-Bepreisung“. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung. Berlin. | SVR (2019). „Aufbruch zu einer neuen Klimapolitik“. Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung. | RWI (2019). „CO₂-Bepreisung in den nicht in den Emissionshandel integrierten Sektoren: Optionen für eine sozial ausgewogene Ausgestaltung“. Studie im Auftrag des BDEW Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. RWI consult GmbH. Essen. | EWI, FiFo (2019) CO₂-Bepreisung im Gebäudesektor und notwendige Zusatzinstrumente. Köln.

METHODIK

Die beschriebene Fragestellung wird anhand eines iterativen Verfahrens untersucht. Auf Basis von durch das EWI ermittelten Endverbraucherpreisen bestimmt das FCN mittels ökonomischer Modelle das Investitions- und Nutzerverhalten privater Haushalte. Die resultierende Energienachfrage geht als Inputparameter in die Energiesystemmodellierung des EWI ein. Da Veränderungen in der Energienachfrage zu veränderten Kosten der Energiebereitstellung führen, werden anschließend die Endverbraucherpreise neu ermittelt und die ökonomischen Modelle zur Berechnung des Energieverbrauchs entsprechend aktualisiert. Der iterative Prozess wird wiederholt bis sich die Ergebnisse der Energieverbrauchs- und Energiesystemmodellierung nicht mehr verändern (vgl. Abbildung 1). Im Folgenden werden Modelle und Methoden genauer beschrieben.

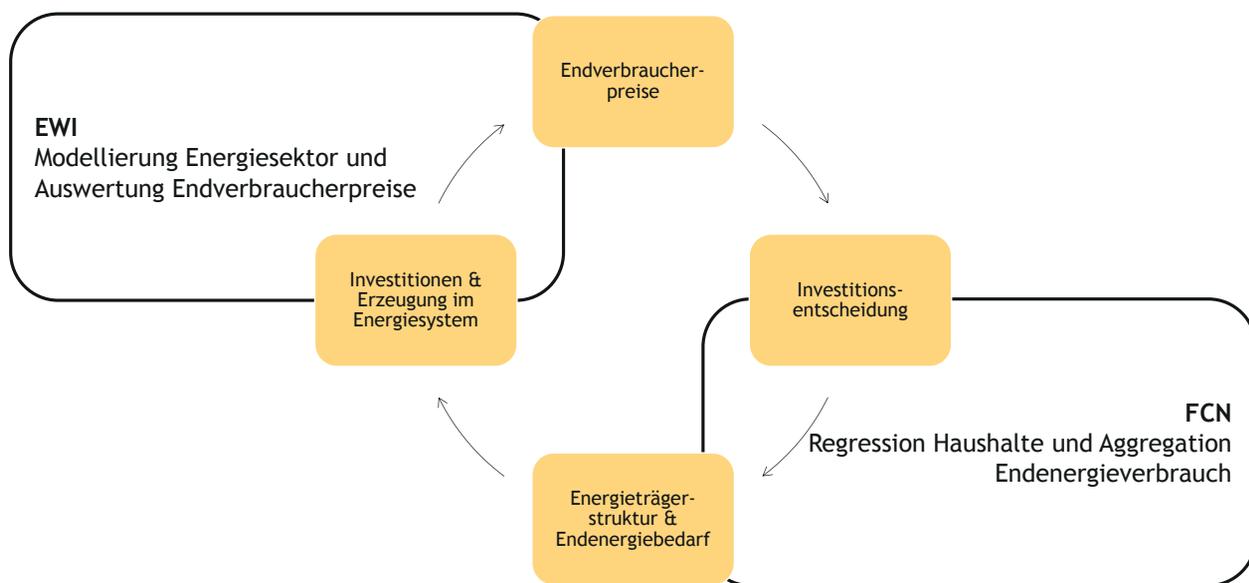


ABBILDUNG 1: METHODIK

FCN

Das FCN simuliert in einem zweistufigen Modell die Endenergieverbräuche für die Sektoren Wohngebäude und PKW-Verkehr, aufgeteilt nach Technologien (vgl. Abbildung 11 und Abbildung 12 im Anhang). Im ersten Schritt werden die Anteile der jeweiligen Technologien für Neuzulassungen bzw. Neubauten auf Basis realer Daten für 2006-2019 (Verkehr) bzw. 2002-2018 (Gebäude) in Abhängigkeit verschiedener Einflussfaktoren simuliert. Im Verkehrsbereich werden dabei die konventionellen Technologien Benzin, Diesel, Autogas sowie Hybrid-, Plug-In Hybrid- und Elektro-PKW berücksichtigt. Im Gebäudebereich werden die Technologien Gas-Brennwert, Öl-Brennwert, Strom Nachtspeicherheizung, Fernwärme und elektrische Wärmepumpen, jeweils für die Bereiche Heizung und Warmwasser, betrachtet. Die Betrachtungsebene ist dabei die Anzahl der neu zugelassenen PKW bzw. die Anzahl der neu gebauten Wohnungen. Sanierungen im Gebäudebereich werden dabei anhand einer angenommenen Neubau- und Sanierungsrate mit einbezogen. Im Modell werden sowohl die Investitionskosten als auch die Energiepreise der einzelnen Technologien berücksichtigt. Im Verkehrsbereich werden bei den Elektro-, Hybrid- und Plug-In-Hybridantrieben zusätzlich eine zeitliche Trendvariable und der Zubau an öffentlichen

Ladesäulen berücksichtigt. Es wird angenommen, dass der CO₂-Preispfad für die Verbraucher im Vorhinein bekannt ist und mit in die Kaufentscheidung einbezogen wird.

Im zweiten Schritt des Modells wird der individuelle Verbrauch der jeweils gewählten Technologie simuliert. Dadurch ergeben sich durch die Einführung einer CO₂-Bepreisung zwei Wirkungsmechanismen: erstens durch eine Verschiebung der Technologiewahl und zweitens durch eine Anpassung des individuellen Verbrauchs. Die Hochrechnung aus Technologieanteil und individuellen Verbrauch ergibt die gesamten Endenergieverbräuche nach Energieträgern.

EWI

Das EWI simuliert die Erzeugung und Bereitstellung der vom FCN ermittelten Energiebedarfe durch das Gesamtenergiesystemmodell DIMENSION.² Dieses minimiert sektorenübergreifend die kurz- und langfristigen Bereitstellungskosten aller Energieträger im europäischen Energiesystem unter Berücksichtigung der Wirkung einer CO₂-Bepreisung auf die Stromerzeugung sowie der Bereitstellung biogener und synthetischer Energieträger. Auf Basis des projizierten Kraftwerkseinsatzes werden Großhandelspreis und EEG-Umlage ermittelt. Durch nachgelagerte Ermittlung von Infrastrukturkosten wird zudem die Entwicklung von Netzentgelten abgeschätzt. Durch exogene Annahmen zu weiteren Kostenkomponenten (z.B. Energiesteuer, Konzessionsabgabe) wird die Entwicklung der Endverbraucherpreise privater Haushalte konsistent abgebildet. Diese gehen als Eingangsparameter in die Untersuchung des FCN ein.

Neben dem Energieverbrauch der Haushalte wird ebenso der Energieverbrauch der Sektoren Gewerbe, Handel, Dienstleistung (GHD) und Industrie berücksichtigt. Der Energiebedarf dieser Sektoren richtet sich nach dem Szenario „TM80“ der vom EWI als wissenschaftlicher Hauptgutachter betreuten „dena-Leitstudie Integrierte Energiewende“ (2018). Die Entwicklung des Güterstraßenverkehrs ist zudem Ergebnis eines kostenoptimalen Einsatzes im Gesamtsystem. Durch die Abbildung des Endenergiebedarfs dieser Sektoren im Gesamtsystem können Aussagen über die Entwicklung der deutschen Treibhausgasemissionen getroffen werden (vgl. Abbildung 13 im Anhang).

² Vgl. dena (2018). „dena-Leitstudie Integrierte Energiewende“. Deutsche Energie-Agentur GmbH. Berlin.

SZENARIEN

In der vorliegenden Studie werden zwei CO₂-Preisszenarien und ein Referenzszenario untersucht. Szenarioübergreifend wird für den Energiesektor unter anderem von einer Minderung der Emissionsrechte im europäischen Emissionshandel (EU ETS), dem Erreichen des deutschen 65%-Erneuerbare Energien-Ziels bis 2030 sowie der Umsetzung des deutschen Kohleausstiegs gemäß den Beschlüssen der Kommission "Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung" (WSB) ausgegangen.

Referenzszenario [REF]: Das Szenario dient als Referenz für die Analyse des CO₂-Preises. In diesem Szenario wird kein Preis auf den CO₂-Gehalt fossiler Energieträger erhoben. Eine Besteuerung von Kohlendioxid findet lediglich im EU ETS statt. Der Zertifikatspreis steigt von heute etwa 25 Euro/t CO₂äq auf 33 Euro/t CO₂äq im Jahr 2030 und 155 Euro/t CO₂äq im Jahr 2050 an.

CO₂-Preisszenarien [COP1 | COP2]: Diese Szenarien beinhalten je einen exogen bestimmten CO₂-Preispfad über den Betrachtungszeitraum (vgl. Tabelle 1). Der CO₂-Preis gilt in den nicht-EU ETS-Sektoren als Preiszuschlag auf den Verbrauch fossiler Energieträger gemäß ihres CO₂-Gehalts. In den deutschen EU ETS-Sektoren wird der CO₂-Preis als nationaler Mindestpreis festgelegt. Für die energieintensive Industrie wird jedoch unterstellt, dass diese für die verbundene Kostensteigerung kompensiert wird. Es wird außerdem angenommen, dass sämtliche Mehrminderungen in den EU ETS-Sektoren Energiewirtschaft und Industrie durch eine Löschung der entsprechenden Menge an CO₂-Zertifikaten begleitet werden, sodass ein sogenannter „Wasserbetteffekt“ verhindert wird.³

TABELLE 1: CO₂-PREISPADE IN COP1 UND COP2

| [Euro/t CO ₂ äq] | 2020 | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2050 |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| COP1 | 30 | 55 | 80 | 105 | 130 | 155 | 180 |
| COP2 | 30 | 55 | 96 | 137 | 178 | 219 | 260 |

Die Einnahmen aus der CO₂-Steuer werden dazu verwendet die EEG-Umlage zu senken. Des Weiteren wird die auf ihren CO₂-Gehalt bezogene steuerliche Privilegierung von Heizöl und Diesel bis 2025 aufgehoben. Tabelle 2 stellt die Entwicklung der Endverbraucherpreise je Energieträger und Szenario dar, welche das Ergebnis der Energiesystemmodellierung des EWI sind. Eine detaillierte Betrachtung ausgewählter Energieträger erfolgt auf Seite 10. Die geringe Differenz im Strompreis in 2050 ist dabei darauf zurückzuführen, dass bereits im REF-Szenario die EEG-Umlage - aufgrund steigender Brennstoffpreise, EU ETS Zertifikatspreise sowie dem Auslaufen der Förderung von Altanlagen - bis 2050 gegen Null tendiert.

TABELLE 2: ENDVERBRAUCHPREISE JE ENERGIETRÄGER UND SZENARIO

| | 2017 | 2030 | | | 2050 | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | REF | COP1 | COP2 | REF | COP1 | COP2 |
| Strom [Cent/kWh] | 29,8 | 28,8 | 24,3 | 24,3 | 25,7 | 25,1 | 25,2 |
| Erdgas [Cent/kWh] | 6,6 | 8,7 | 10,8 | 11,2 | 9,4 | 14,7 | 16,6 |
| Heizöl [Euro/l] | 0,6 | 0,9 | 1,1 | 1,2 | 0,9 | 1,5 | 1,8 |
| Benzin [Euro/l] | 1,6 | 1,8 | 2,1 | 2,1 | 1,9 | 2,4 | 2,7 |
| Diesel [Euro/l] | 1,3 | 1,5 | 2,2 | 2,2 | 1,6 | 2,6 | 2,8 |

³ Vgl. Amtsblatt der Europäischen Union (2018). Richtlinie (EU) 2018/410, März 2018.

ERGEBNISSE INVESTITIONS- UND VERBRAUCHERVERHALTEN PRIVATER HAUSHALTE (FCN)

PKW

Eine CO₂-Bepreisung im Verkehrssektor verschiebt die Zusammensetzung der Fahrzeugflotte. Der Dieselanteil in den Neuzulassungen (und dann auch verzögert im Bestand) geht durch eine CO₂-Bepreisung signifikant zurück. Ohne CO₂-Bepreisung beträgt der Anteil der Dieselfahrzeuge an den gesamten Neuzulassungen in 2030 ca. 24%. In den beiden CO₂-Preisszenarien COP1 und COP2 sinkt der Dieselanteil in den Neuzulassungen auf jeweils 8%. Im REF sinkt der Dieselanteil bis 2050 auf ca. 17% und in den CO₂-Preisszenarien COP1 und COP2 auf 9% bzw. 10%. Nutznießer dieser Entwicklung sind vor allem Elektro- und Hybridfahrzeuge, deren Marktanteile durch den CO₂-Preis signifikant ansteigen werden, unter der Annahme, dass die Gesamtgröße der PKW-Flotte in beiden Szenarien konstant bleibt.⁴

Benzinfahrzeuge verlieren im COP1/2 Marktanteile durch den CO₂-Preis, kompensieren dies aber teilweise durch den Rückgang von Marktanteilen des Dieselantriebs. Der Marktanteil von Benzinfahrzeugen sinkt in allen Szenarien von 58% in 2019 auf 26% bis 28% in 2050. Benzinfahrzeuge werden zwar durch den CO₂-Preis unattraktiver, profitieren jedoch davon, dass der Dieseldieselfahrzeuge teurer wird: im COP1/2 Szenario gibt es einen höheren Anteil an Benzinern durch einen starken Dieselerückgang (unter der Annahme einer fixen Gesamtanzahl an PKW). Die Nachfrage nach Dieselfahrzeugen reagiert somit sensitiver auf Änderungen der Kraftstoffpreise als Benzinern. Hier wird die Annahme bestätigt, dass Diesel- und Benzin-PKW Substitute sind, da auch die Kraftstoffpreise der jeweils anderen Technologie einen statistisch signifikanten Einfluss auf die Neuzulassungen der einen Technologie hat.

Die Entwicklung von Elektro-, Hybrid- und Plug-In-Hybridfahrzeugen ist nicht allein durch Investitions- und Kraftstoffkosten zu erklären, sondern folgt ebenso einer zeitlichen Trendvariable. Elektrofahrzeuge profitieren zusätzlich von sinkenden Investitionskosten und von einem Zubau an öffentlichen Ladesäulen.

Abgebildete hybridelektrische Fahrzeuge (HEVs) nutzen als Kraftstoff per Annahme Benzin, dies jedoch effizienter als reine Benzinern. Bei einem Preisanstieg von Benzin wird ein Substitutionseffekt beobachtet: Höhere Benzinpreise führen aufgrund einer Effizienzsteigerung der Antriebstechnologien im Zeitverlauf zu einer Substitution von reinen Benzinern durch HEV. Außerdem besteht ein positiver Zeittrend, der die HEV-Neuzulassungen mit fortschreitender Zeit ansteigen lässt.

Plug-In-Hybridfahrzeuge (PHEVs) werden im COP1/2 pro km relativ zu Benzin- und Dieselfahrzeugen günstiger. Auch hier kann ein Substitutionseffekt beobachtet werden: Die Zahl der Neuzulassungen steigt wegen des Zeittrends sowie dadurch, dass die schnell abnehmende Anzahl an Dieselfahrzeugen substituiert werden muss.

⁴ Der PKW-Bestand beträgt 44,8 Mio. in 2020 und sinkt auf 42,5 Mio. in 2050, vgl. dena (2018).

Die Zulassungszahlen von batterieelektrischen Fahrzeugen (BEVs) hängen sowohl vom Strompreis als auch von der Anzahl der öffentlichen Ladestationen ab. Der Zubau an öffentlichen Ladestationen führt zu einem Anstieg an BEVs. Auch hier herrscht zudem ein positiver Zeittrend, sodass bereits 2030 ein Bestand von 6-7 Mio. BEVs in den Szenarien REF und COP1/2 erreicht wird. Darüber hinaus gibt es einen deutlichen Preiseffekt zwischen REF und COP1/2. Dass der Unterschied zwischen den beiden Szenarien COP1 und COP2 trotz der unterschiedlichen CO₂-Preise so gering ausfällt, liegt in erster Linie an den sehr ähnlichen Strompreisen und am im Modell abgebildeten gleichen Anstieg der öffentlichen Ladesäulen.

Gasbetriebene PKW verlieren aufgrund eines starken Anstieges des Gaspreises weiter an Bedeutung und spielen je nach Szenario ab 2020 bzw. 2025 keine signifikante Rolle mehr. Die Neuzulassungen sinken auf 0. Ein Restbestand bleibt aufgrund der angenommenen Lebensdauer mittelfristig erhalten.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass für alle Antriebe ein CO₂-Preiseffekt erkennbar ist und dass der antizipierte CO₂-Preis trotz geringer Preiselastizität der Nachfrage wirkt. Die beiden Szenarien COP1 und COP2 kommen zu sehr ähnlichen Ergebnissen, da der Preisunterschied bei allen Kraftstoffen zwischen COP1 und COP2 geringer ist als zwischen COP1 und REF, insbesondere vor 2035. So beträgt der Dieselpreis in 2030 im REF 1,50 Euro pro Liter und in COP1 und COP2 jeweils 2,20 Euro pro Liter (vgl. Tabelle 2). Bis 2050 steigt der Dieselpreis auf 1,60 Euro (REF), 2,60 Euro (COP1), bzw. 2,80 Euro pro Liter (COP2). Der Strompreis ist in COP1 und COP2 nahezu identisch, so dass über den Strompreis im COP2 im Vergleich zu COP1 kein zusätzlicher Anreiz zur Adoption von Elektrofahrzeugen entstehen kann. Der geringe Preisunterschied in allen Kraftstoffen wird zusätzlich dadurch verringert, dass im Zeitablauf eine Effizienzsteigerung der Antriebstechnologien angenommen wird.

Aus den Neuzulassungen ergibt sich der in Abbildung 2 gezeigte Bestand, welcher in Kombination mit dem individuellen Durchschnittsverbrauch pro PKW den Endenergieverbrauch je Energieträger in Abbildung 3 ergibt.

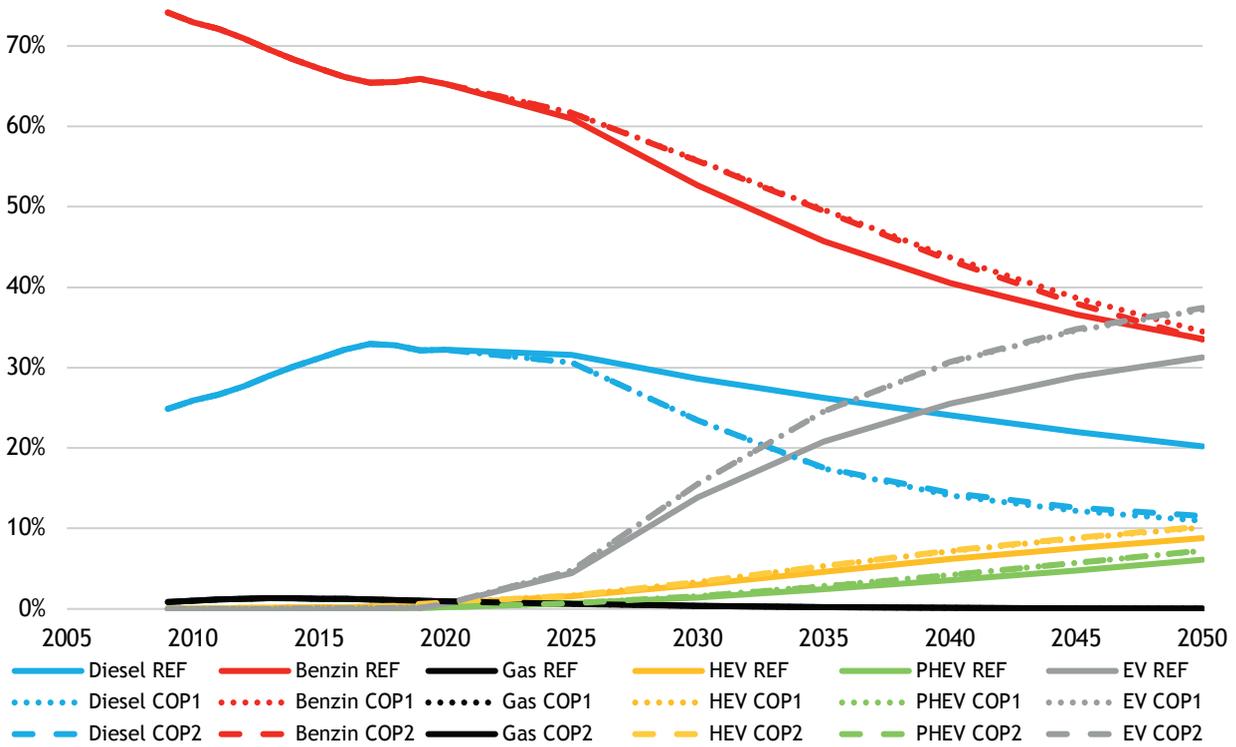


ABBILDUNG 2: ANTEILE JE ANTRIEBSTECHNOLOGIE IM BESTAND

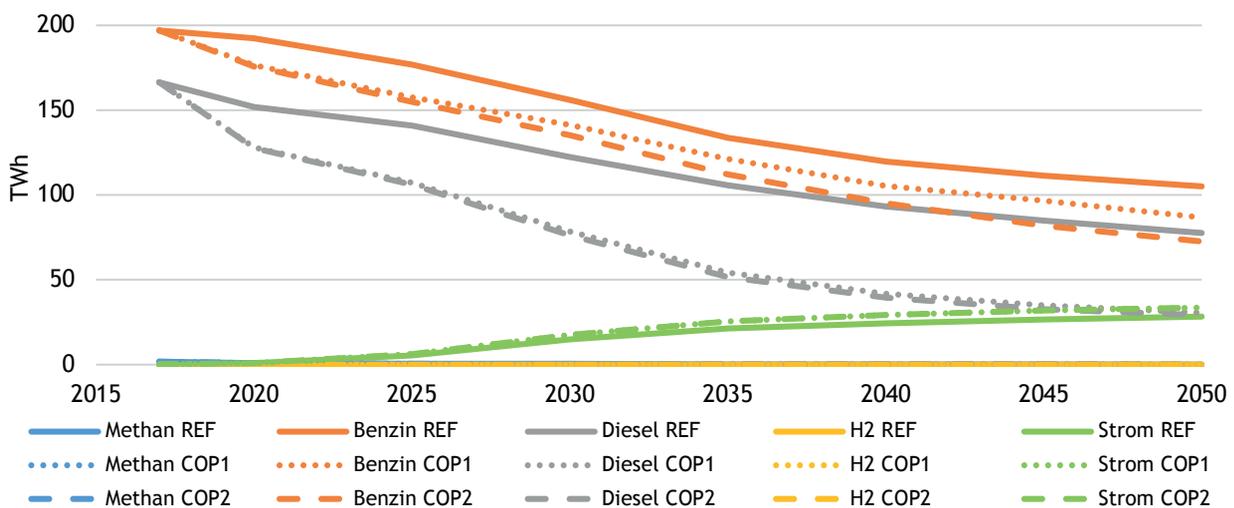


ABBILDUNG 3: ENDENERGIEVERBRAUCH JE ENERGIE TRÄGER PKW

Wohngebäude

Im Gebäudesektor ist ein signifikanter CO₂-Preiseffekt erkennbar, der hauptsächlich Gasheizungen betrifft. Die CO₂-Bepreisung beschleunigt den bereits seit 2006 anhaltenden Rückgang an Gasheizungen im Neubau und führt im Szenario COP1 dazu, dass bereits ab 2025 keine Gasheizungen mehr im Neubau verwendet werden. Im Referenzszenario ohne CO₂-Preis ist dies erst 2040 der Fall. Eine höhere Bepreisung im Rahmen des COP2-Szenarios hat hier keinen zusätzlichen Effekt, da sich der CO₂-Preis zwischen COP1 und COP2 erst ab 2030 unterscheidet.

Elektrische Wärmepumpen werden durch die Senkung der EEG-Umlage attraktiver. Zudem ist bis 2050 mit einer kontinuierlichen Senkung der Investitionskosten zu rechnen, welche die Attraktivität zusätzlich erhöht. Langfristig ergibt sich in allen Szenarien ein Gleichgewicht aus ca. 60% Wärmepumpen und ca. 40% Fernwärme im Neubau.

Der Anteil an Ölheizungen liegt in Neubauten bereits seit 2012 unter 1%. Diese Entwicklung setzt sich im Modell in allen Szenarien fort, unabhängig von der CO₂-Bepreisung. Daher hat der CO₂-Preis bei Ölheizungen keinen zusätzlichen Einfluss auf die Investitionsentscheidung, verringert jedoch den Verbrauch der noch existierenden Ölheizungen im Altbestand.

Wie schnell sich diese Entwicklung auf den Gesamtbestand an Wohnungen auswirkt, hängt von der Sanierungs- und Neubaurate ab. Für sanierte Gebäude der gleiche Entscheidungsprozess angenommen wie für Neubauten. Bei einer fixen Entwicklung an Neubauten und einer angenommenen Sanierungsrate von 1 % (REF) bzw. 1,4 % (COP1 und COP2) pro Jahr ergibt sich in 2050 ein Anteil an Gasheizungen im Gesamtbestand von ca. 33 % im Referenzszenario und ca. 23 % in den Szenarien COP1 und COP2. Der Anteil an Wärmepumpen im Gesamtbestand erhöht sich von 2 % in 2017 auf ca. 27 % (REF) bzw. ca. 37 % (COP1 und COP2). Somit steigt die Anzahl der von Wärmepumpen versorgten Wohnungen von 0,8 Mio. in 2017 auf 5,0 Mio. (REF) bzw. 7,7 Mio. (COP1 und COP2) in 2030 sowie auf 12,2 Mio. (REF) bzw. 17,0 Mio. (COP1 und COP2) in 2050. Neben der Veränderung des Technologiemixes bei Neubauten und Sanierungen wirkt der CO₂-Preis auch auf den durchschnittlichen Verbrauch an Heizenergie pro Haushalt. Dies macht sich insbesondere bei Gas- und Ölheizungen bemerkbar, da diese durch die CO₂-Bepreisung am stärksten verteuert werden. Die Hochrechnung des Durchschnittsverbrauchs auf den geschätzten Bestand ergibt den Endenergieverbrauch für die einzelnen Energieträger (vgl. Abbildung 5).

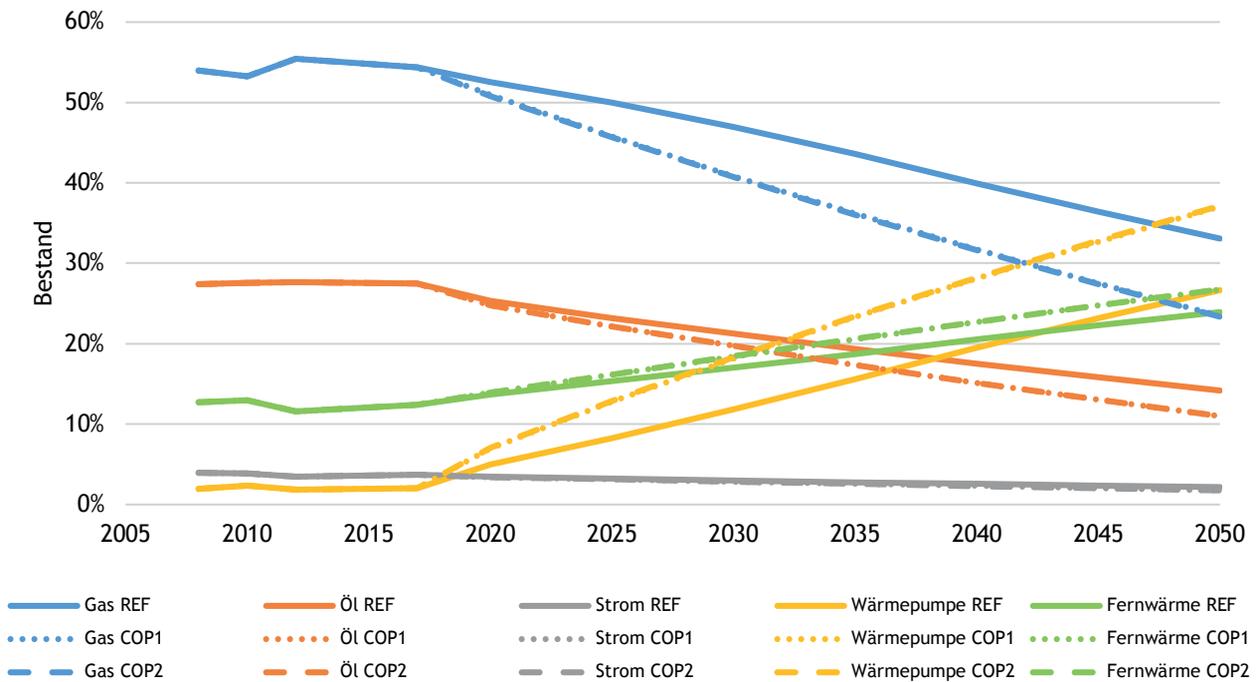


ABBILDUNG 4: ANTEILE JE HEIZUNGSTECHNOLOGIEN IM BESTAND

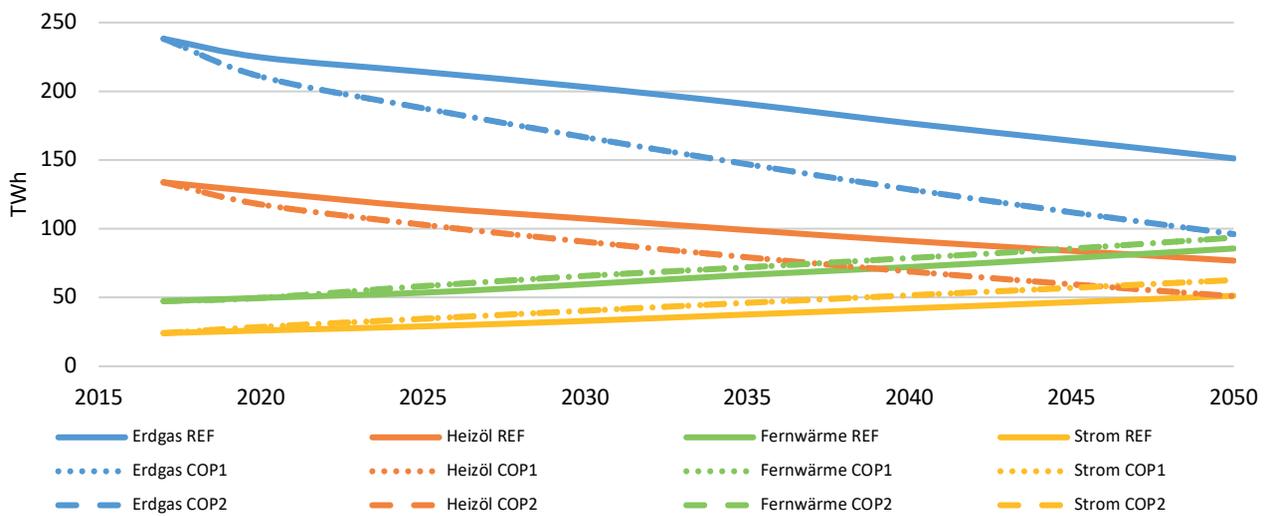


ABBILDUNG 5: ENDENERGIEVERBRAUCH JE ENERGETRÄGER WOHNGEBÄUDE

ERGEBNISSE ENERGIESYSTEMANALYSE (EWI)

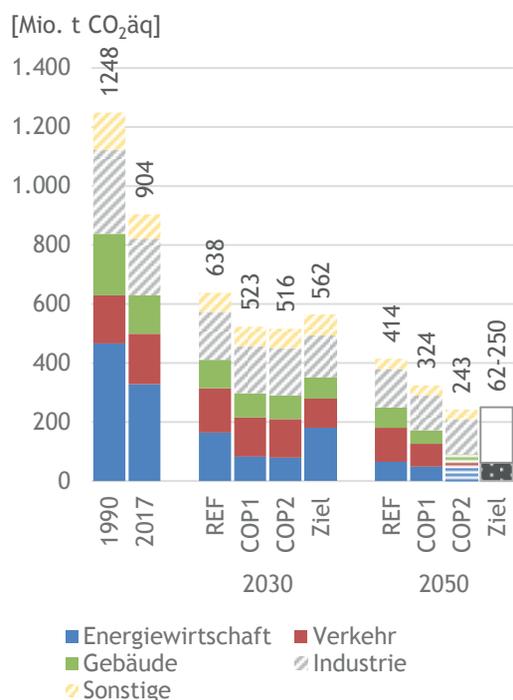


ABBILDUNG 6: TREIBHAUSGASEMISSIONEN IN DEUTSCHLAND

Tonnen, der Verkehrssektor um mindestens 33 Millionen Tonnen. Dennoch wird das nationale Minderungsziel von 55 % in COP1 und COP2 durch erhöhte Treibhausgasreduktion im Energiesektor erreicht. In 2050 werden die Klimaziele dagegen sowohl in REF als auch in COP1 verfehlt.

In COP2 wird dagegen das Mindestziel einer Treibhausgasreduktion von 80 % gegenüber 1990 erreicht. Diese findet jedoch, basierend auf den Ergebnissen des FCN, nicht durch verstärkte Transformation in Gebäuden und Verkehr statt, sondern erfolgt vielmehr über die Bereitstellung importierter CO₂-neutraler Energieträger, welche sich im Jahr 2050 bei einem CO₂-Preis von 260 Euro/t CO₂äq durchsetzen.

Für eine Treibhausgasreduktion über 80 % muss die Industrie zudem einen höheren Beitrag zur Treibhausgasreduktion, als im angenommenen exogenen Szenario, leisten. Dies kann bspw. durch verstärkte Prozessumstellungen oder ebenso den Bezug von CO₂-neutralen synthetischen Brennstoffen erfolgen.

Treibhausgasemissionen

In Folge steigender EU ETS-Zertifikatspreise sowie der hinterlegten Szenarien im GHD- und Industriesektor sinken die CO₂-Emissionen in REF kontinuierlich. Dennoch werden die deutschen Klimaziele deutlich verfehlt (vgl. Abbildung 6). Lediglich der Energiesektor erreicht sein sektorales Ziel in 2030 aufgrund des Kohleausstiegs und des 65 % Ziels für erneuerbare Energien. In COP1 und COP2 trägt der Energiesektor durch den Mindestpreis darüber hinaus überproportional zur Treibhausgasreduktion bei. Im Gebäude- und Verkehrssektor reichen die Investitionsanreize in allen Szenarien nicht aus, um die Treibhausgasemissionen bis 2030 für die Sektorzielerreichung ausreichend zu mindern. Deutsche nicht-EU ETS Sektoren mindern die Emissionen bis 2030 ggü. 2005 um etwa 32 % und verfehlen das in der Europäischen Kommission gesetzte Minderungsziel von 38 % deutlich. Der Gebäudesektor verfehlt das 2030er-Ziel um mindestens 8 Millionen

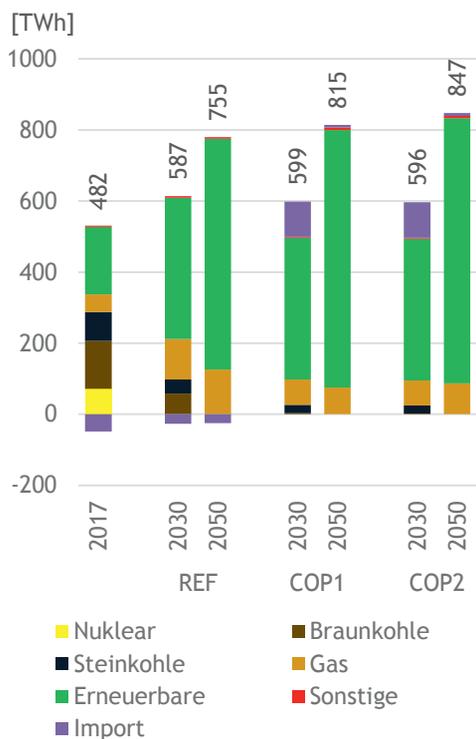


ABBILDUNG 7: NETTOSTROMERZEUGUNG IN DEUTSCHLAND

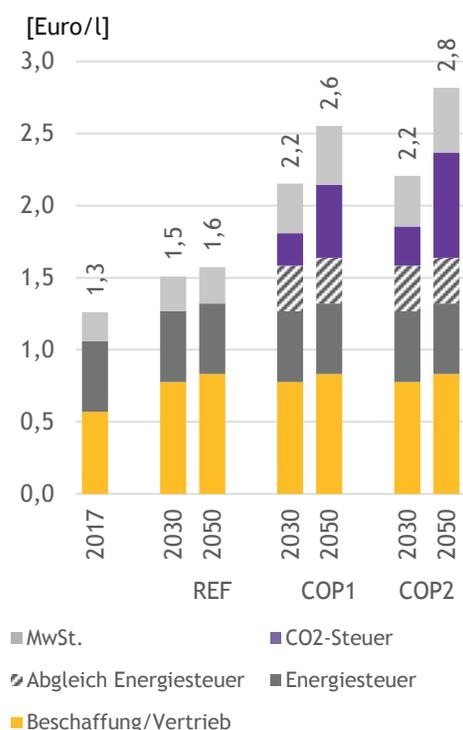


ABBILDUNG 8: DIESELPREISENTWICKLUNG IN DEUTSCHLAND

Stromerzeugung

Der deutsche Energiesektor wandelt sich in allen Szenarien grundlegend (vgl. Abbildung 7). Die Kohleverstromung halbiert sich in REF bis 2030. Zentrale Treiber sind der unterstellte Kohleausstieg und das 65 %-EE Ausbauziel bis 2030. Der Wegfall der Kohleverstromung wird zu Teilen durch Gas kompensiert. In COP1 und COP2 wird Kohle durch die Einführung des CO₂-Mindestpreises bereits bis 2030 beinahe vollkommen aus der Stromerzeugung verdrängt. Der Anstieg der gasbasierten Stromerzeugung fällt im Vergleich zu REF deutlich geringer aus. Stattdessen bewirkt der CO₂-Mindestpreis in Deutschland einen verstärkten Ausbau von Erneuerbaren Energien sowie einen erhöhten Strombezug aus dem Ausland. Während Deutschland in REF Nettostromexporteur bleibt, kehrt sich dies in COP1 und COP2 ab 2030 in Nettostromimporte von bis zu 100 TWh um. Auf lange Sicht nähern sich der deutsche CO₂-Mindestpreis und der EU ETS-Zertifikatspreis an, sodass sich die Strombilanz bis 2050 ausgleicht.

Der CO₂-Mindestpreis führt langfristig außerdem in COP1/2 zu EE-Anteilen bis 90 % in 2050 (ggü. 83 % in REF). Auch bei einem CO₂-Preis von bis zu 260 Euro/t CO₂äq werden flexibel einsetzbare konventionelle Kraftwerke in Zeiten positiver residualer Last notwendig sein. Aufgrund der vorhandenen Gasinfrastruktur und damit einhergehenden Speicherpotenzialen für CO₂-neutrale synthetische Energieträger ist Gas hier die kostengünstigste Option.

Endverbraucherpreise

Die Einführung des CO₂-Preises bewirkt für Endverbraucher einen Preisanstieg konventioneller Brennstoffe. Darüber hinaus bewirkt die Angleichung der Energiesteuersätze für Heizöl und Diesel einen weiteren Preisaufschlag. Zusammen mit steigenden Welthandelspreisen ergibt sich in COP1 bis 2030 (2050) gegenüber 2017 ein Preisanstieg von 62 % (121 %) für Erdgas, 87 % (151 %) für Heizöl, 29 % (51 %) für Benzin und 71 % (100 %) für Diesel (vgl. Tabelle 2 sowie für Diesel Abb.8).

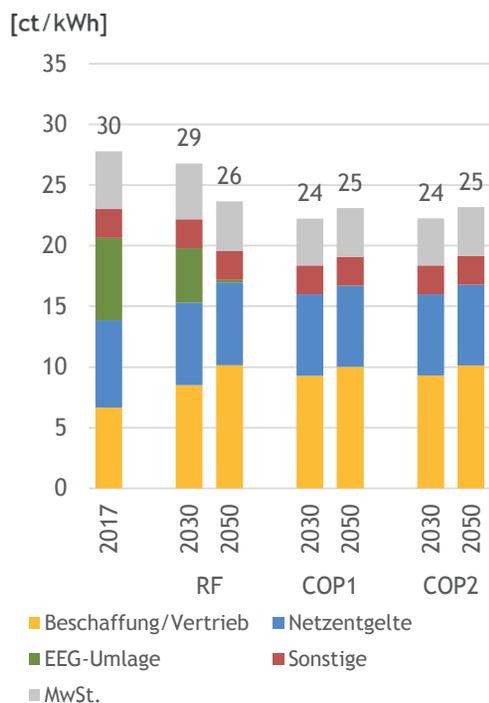


ABBILDUNG 9: STROMPREISENTWICKLUNG IN DEUTSCHLAND

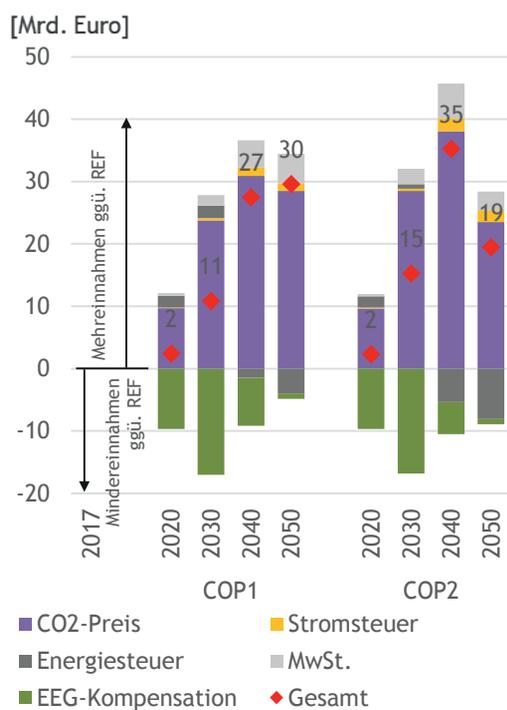


ABBILDUNG 10: JÄHRLICHE BUNDESEINNAHMEN UND -AUSGABEN IM VERGLEICH ZU REF

Der Strompreis (vgl. Abbildung 9) sinkt dagegen in allen Szenarien trotz steigender Beschaffungskosten und Netzentgelte. Ursache hierfür ist ein Rückgang der EEG-Umlage. Dies basiert sowohl auf einer höheren Refinanzierung von EE-Anlagen am Großhandel (REF) als auch durch die Kompensation der EEG-Umlage aus Einnahmen des CO₂-Preises (COP1/2). In COP1/2 sinkt der Strompreis bis 2030 um knapp 5 ct/kWh gegenüber 2017 (1 ct/kWh in REF). Die Strompreise gleichen sich für alle Szenarien bis 2050 auf ein Niveau zwischen 25 und 26 ct/kWh an, da die EEG-Umlage auf lange Sicht wegfällt und sich Großhandelspreise annähern.

Bedeutung für den Bundeshaushalt

Die Einführung des CO₂-Preises, die Angleichung der Energiesteuersätze sowie die Kompensation der EEG-Umlage beeinflussen zusammen mit veränderten Endenergieverbräuchen den Bundeshaushalt (vgl. Abbildung 10). Insgesamt kann der Staat in COP2 mit jährlich bis zu maximal 35 Mrd. Euro Mehreinnahmen rechnen (ggü. 30 Mrd. Euro in COP1). Grundlegende Basis bildet hierfür der CO₂-Preis, dessen Einnahmen bereits in 2030 die zu kompensierende EEG-Umlage übersteigen. Die Einnahmen wachsen bis 2040 aufgrund des steigenden CO₂-Preises kontinuierlich. Danach überwiegt in beiden Szenarien der Nachfragerückgang nach fossilen Brennstoffen, wodurch die Steuereinnahmen etwas sinken.

Zusätzlich zum CO₂-Preis kann der Staat bis 2030 mit erhöhten Einnahmen aufgrund der Anpassung des Energiesteuersatzes für Heizöl und Diesel rechnen. Aufgrund einer niedrigen Preissensitivität der Endverbraucher übersteigen die Mehreinnahmen den Nachfragerückgang bis zu diesem Zeitpunkt. Ab 2040 kehrt sich dieser Effekt jedoch um und es entstehen jährliche Mindereinnahmen von bis zu ca. 8 Mrd. Euro, die allerdings durch die Mehreinnahmen aus der CO₂-Bepreisung deutlich überkompensiert werden.

Zusätzliche Einnahmen durch die Stromsteuer betragen bis zu 2 Mrd. Euro jährlich. Die Mehrwertsteuer erhöht die jährlichen Einnahmen zusätzlich.

METHODISCHER ANHANG

A.1 FCN

Historische Daten

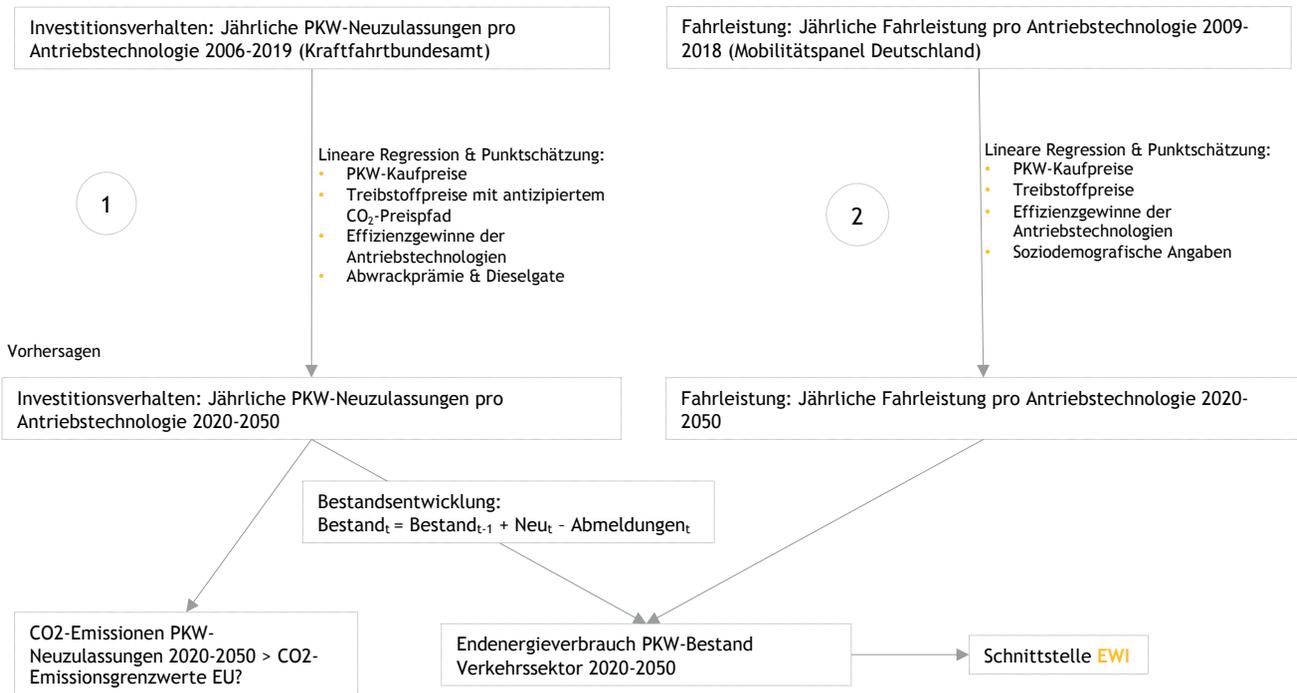


ABBILDUNG 11: ZWEISTUFIGES MODELL - INVESTITIONSVERHALTEN VS. VERBRAUCHSVERHALTEN IM VERKEHR

Historische Daten

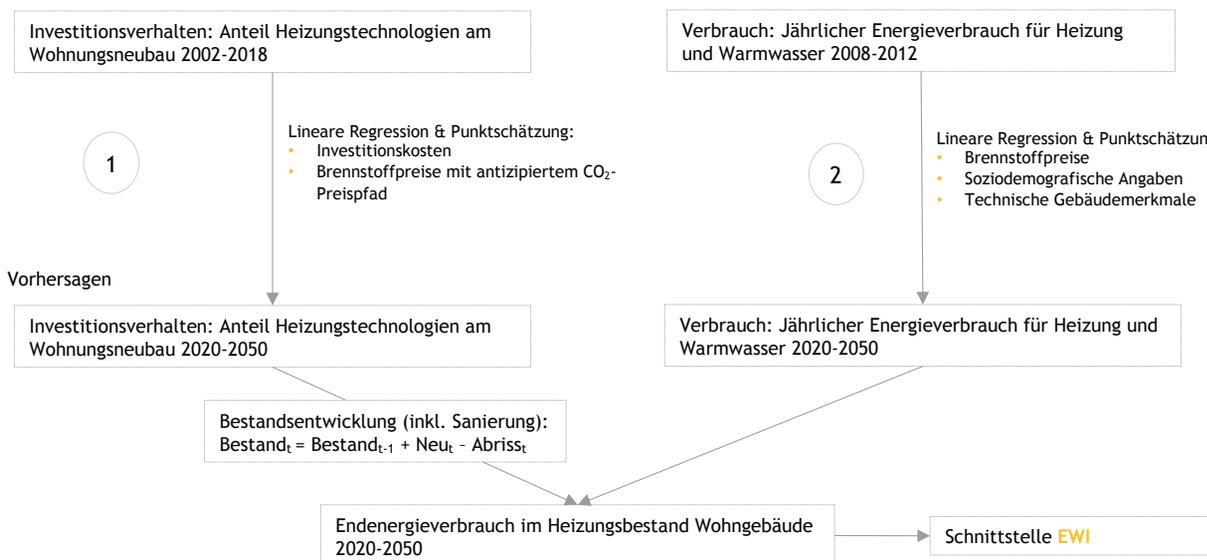
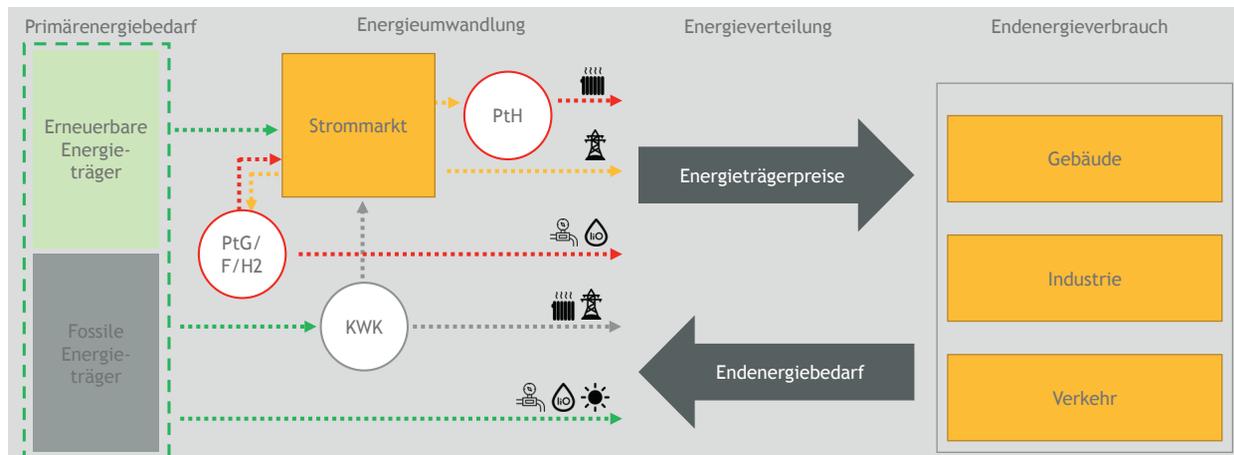


ABBILDUNG 12: ZWEISTUFIGES MODELL - INVESTITIONSVERHALTEN VS. VERBRAUCHSVERHALTEN IM VERKEHR IN GEBÄUDEN

A.2 EWI

DIMENSION



© Icons made by Freepik from www.flaticon.com

ABBILDUNG 13: DIMENSION

DIMENSION ist ein technologiereiches Simulationsmodell für das europäische Energiesystem. Die zu simulierenden Jahre und die zeitliche Auflösung sind frei wählbar. Das Modell umfasst 28 Länder, die mit der EU28 zusammenfallen. Die einzelnen Kraftwerke und Speicherkapazitäten dieser Länder werden in der regelmäßig aktualisierten internen Datenbank erfasst.

Das Strommarktmodell optimiert die zukünftige Entwicklung von Kraftwerken und Speicherkapazitäten unter den Zielen der Emissionsreduzierung. Dabei schätzt das Modell die kostenminimierende Einsatz und Kapazitätserweiterungen sowie den Rückbau verschiedener Technologien. Insbesondere der Einsatz erneuerbarer Energiequellen wird unter Berücksichtigung der politischen Rahmenbedingungen im Rahmen einer Kostenminimierung betrachtet.

Die Endenergieverbraucher Industrie, Gebäude und Verkehr sind modular integriert, mit der Möglichkeit der endogenen Optimierung oder der exogenen Definition von Transformationspfaden. Die Abbildung von Power-to-X-Technologien ermöglicht die gekoppelte Analyse der Bereiche Strom, Wärme und Verkehr.

DIMENSION berechnet die Gesamtsystemkosten (Kapitalstock, Erzeugung, Umwandlung und Verteilung), die zeitnahe Entwicklung der Energieströme und -preise, die Kapazitäten des europäischen Strommarktes, den Erzeugungsmix und die CO₂-Emissionen der Wärme- und Stromversorgung nach Sektoren, Energieimporte und PtX sowie viele weitere wichtige Entscheidungsparameter.



E.ON Energy Research Center



FCN | Institute for Future Energy Consumer Needs and Behavior
Chair of Energy Economics and Management | Prof. Dr. Reinhard Madlener

