

TEXTE

48/2022

Teilbericht

Abschätzung von THG-Einsparungen von Maßnahmen und Instrumenten zu nachhaltigem Konsum

von:

Corinna Fischer, Florian Antony, Ruth Blanck, Sibylle Braungardt, Veit Bürger, Michael Jakob, Tanja Kenkmann, Benjamin Köhler, Konstantin Kreye, Kevin Stuber-Rousselle
Öko-Institut e.V., Freiburg

Herausgeber:

Umweltbundesamt

TEXTE 48/2022

Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3717 16 311 0
FB000689

Teilbericht

Abschätzung von THG-Einsparungen von Maßnahmen und Instrumenten zu nachhaltigem Konsum

von

Corinna Fischer, Florian Antony, Ruth Blanck, Sibylle
Braungardt, Veit Bürger, Michael Jakob, Tanja Kenkmann,
Benjamin Köhler, Konstantin Kreye, Kevin Stuber-
Rousselle
Öko-Institut e.V., Freiburg

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

[f/umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)

[t/umweltbundesamt](https://twitter.com/umweltbundesamt)

Durchführung der Studie:

Öko-Institut e.V.
Merzhauser Straße 173
79100 Freiburg

Abschlussdatum:

Juni 2021

Redaktion:

Fachgebiet III 1.1 – Übergreifende Aspekte des Produktbezogenen Umweltschutzes,
Nachhaltige Konsumstrukturen, Innovationsprogramm
Dr. Michael Bilharz

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Mai 2022

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung: Abschätzung von THG-Einsparungen von Maßnahmen und Instrumenten zu nachhaltigem Konsum

Der vorliegende Bericht steht im Zusammenhang mit der Weiterentwicklung des Nationalen Programms für Nachhaltigen Konsum (NPNK). Im UBA-Forschungsprojekt „Nachhaltigen Konsum weiterdenken: Evaluation und Weiterentwicklung von Maßnahmen und Instrumenten“ (FKZ 3717 16 311 0) hat ein Konsortium aus Öko-Institut, ConPolicy, der Technischen Universität Berlin sowie der Zeppelin-Universität Empfehlungen zur Weiterentwicklung des Programms gegeben. Vorgeschlagen wurden unter anderem prioritäre Maßnahmen und Politikinstrumente in verschiedenen Handlungsbereichen. Mit dem vorliegenden Bericht schätzt das Öko-Institut im Auftrag des UBA die Treibhausgas-Einsparpotenziale für einige der vorgeschlagenen sowie für weitere durch den Auftraggeber ausgewählte Maßnahmen und Instrumente grob ab. Die Maßnahmen umfassen: im Bereich Ernährung die Reduktion fleischhaltiger Gerichte in der Gemeinschaftsverpflegung; im Bereich Mobilität die Besteuerung des innerdeutschen Flugverkehrs, Höchstgeschwindigkeiten auf Land- und Bundesstraßen sowie innerorts, ein verpflichtendes Mobilitätsmanagement in großen Unternehmen und Bundesbehörden sowie die Pkw-Reduktion durch Carsharing; im Bereich Wohnen das energie- und flächeneffiziente Wohnen im Bestand, eine verbesserte Energieberatung zur Sanierung von Wohngebäuden, eine Energieberatung zur Heizung im Wohneigentum, die Verbesserung der Mindestausstattung mit Zählern und Sensorik und den Phase-Out fossiler Heizkessel; im Bereich Produkte die anspruchsvolle Ausgestaltung von Ökodesign und Energiekennzeichnung. Insgesamt können durch die Maßnahmen (ohne Berücksichtigung von Überschneidungen) bis 2030 rund 12,5 bis rund 20,1 Mio. t CO₂e eingespart werden, wobei besonders hohe Potenziale in den Vorschlägen Mobilitätsmanagement, Pkw-Reduktion, Phase-Out fossiler Heizkessel einschließlich Gaskessel sowie Ökodesign liegen.

Abstract: Estimation of GHG savings of measures and instruments for sustainable consumption

This report is related to the further development of the National Programme for Sustainable Consumption (NPNK). In the Federal Environmental Agency's research project "Rethinking sustainable consumption: Evaluation and further development of measures and instruments" (FKZ 3717 16 311 0), a consortium of Öko-Institut, ConPolicy, the Technical University of Berlin and Zeppelin University made recommendations for the further development of the programme. Among other things, priority measures and policy instruments in various areas of action were proposed. In this report, the Öko-Institut, commissioned by the Federal Environmental Agency, roughly estimates the greenhouse gas savings potential for some of the proposed measures and instruments, as well as for other measures and instruments selected by the client. The measures include: In the area of nutrition, the reduction of meat-containing dishes in communal catering. In the area of mobility, taxation of domestic air traffic, maximum speeds on rural and federal roads as well as in built-up areas, mandatory mobility management in large companies and federal authorities, and finally, car reduction through car sharing. In the area of housing, energy- and space-efficient housing in existing buildings, improved energy advice on the renovation of residential buildings, energy advice on heating in owner-occupied housing, the improvement of minimum equipment with meters and sensors and the phase-out of fossil boilers. In the area of products, the ambitious design of EU Ecodesign and Energy Labelling. Overall and without taking overlaps into account, the measures can save around 12.5 to 20.1 million tonnes of CO₂e by 2030, with particularly high potentials in mobility management, car reduction, phase-out of fossil boilers including gas boilers, and EU Ecodesign.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	8
Tabellenverzeichnis	8
Abkürzungsverzeichnis	10
Zusammenfassung.....	12
Summary.....	15
1 Hintergrund und Fragestellung	18
2 Rahmenfestlegungen.....	20
3 Reduktion fleischhaltiger Gerichte in der Gemeinschaftsverpflegung	21
3.1 Kurzbeschreibung der Maßnahme oder des Instruments	21
3.2 Abschätzungsmethodik.....	21
3.2.1 Scope.....	21
3.2.2 Quellen und Vorgehen.....	22
3.3 Erwartete THG-Einsparungen	25
3.4 Einordnung der Ergebnisse	27
4 Besteuerung des innerdeutschen Flugverkehrs.....	28
4.1 Kurzbeschreibung der Maßnahme oder des Instruments	28
4.2 Annahmen.....	28
4.3 Abschätzungsmethodik.....	29
4.4 Erwartete THG-Einsparungen	29
4.5 Einordnung der Ergebnisse	30
5 Höchstgeschwindigkeiten auf Land- und Bundesstraßen sowie innerorts	31
5.1 Kurzbeschreibung der Maßnahme oder des Instruments	31
5.2 Annahmen.....	31
5.3 Abschätzungsmethodik.....	32
5.4 Erwartete THG-Einsparungen	34
5.5 Einordnung der Ergebnisse	35
6 Verpflichtendes Mobilitätsmanagement	36
6.1 Kurzbeschreibung der Maßnahme oder des Instruments	36
6.2 Annahmen.....	36
6.3 Abschätzungsmethodik.....	37
6.4 Erwartete THG-Einsparungen und Einordnung der Ergebnisse.....	39
7 Pkw-Reduktion durch Carsharing.....	41
7.1 Kurzbeschreibung der Maßnahme oder des Instruments	41

7.2	Annahmen.....	41
7.3	Abschätzungsmethodik.....	43
7.4	Erwartete THG-Einsparungen	44
7.5	Einordnung der Ergebnisse	45
8	Energie- und flächeneffizientes Wohnen im Bestand	46
8.1	Kurzbeschreibung der Maßnahme oder des Instruments	46
8.2	Annahmen und Abschätzungsmethodik	46
8.3	Erwartete THG-Einsparungen und Einordnung der Ergebnisse	48
9	Verbesserte Energieberatung zur Sanierung von Wohngebäuden.....	50
9.1	Kurzbeschreibung der Maßnahme oder des Instruments	50
9.2	Annahmen und Abschätzungsmethodik	51
9.3	Erwartete THG-Einsparungen und Einordnung der Ergebnisse	52
10	Energieberatung zur Heizung im Wohneigentum.....	53
10.1	Kurzbeschreibung der Maßnahme oder des Instruments	53
10.2	Annahmen und Abschätzungsmethodik	53
10.3	Erwartete THG-Einsparungen und Einordnung der Ergebnisse	55
11	Verbesserung der Mindestausstattung mit Zählern und Sensorik.....	56
11.1	Kurzbeschreibung der Maßnahme oder des Instruments	56
11.2	Kurzbeschreibung der Maßnahme oder des Instruments	56
11.3	Annahmen und Abschätzungsmethodik	56
11.4	Erwartete THG-Einsparungen und Einordnung der Ergebnisse	57
12	Phase-Out fossiler Heizkessel.....	58
12.1	Annahmen und Abschätzungsmethodik	58
12.2	Erwartete THG-Einsparungen und Einordnung der Ergebnisse	59
13	Anspruchsvolle Ausgestaltung von Ökodesign und Energiekennzeichnung	60
13.1	Kurzbeschreibung der Maßnahme oder des Instruments	60
13.2	Abschätzungsmethodik.....	60
13.2.1	Scope.....	60
13.2.2	Quellen und Vorgehen	65
13.3	Erwartete THG-Einsparungen	66
13.4	Einordnung der Ergebnisse	71
14	Literaturverzeichnis.....	72

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Verlagerungspotenzial bei bisheriger Pkw-Nutzung im Rahmen des Aktionsprogramms „effizient mobil“	37
Abbildung 2:	Modal-Split (Wege) differenziert nach Regionen	42

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Geschätzte THG-Einsparungen ausgewählter Maßnahmen u. Instrumente	12
Tabelle 2:	Maßnahmen und Instrumente, für die eine Grobabschätzung von THG-Einsparpotenzialen vorgenommen wurde	18
Tabelle 3:	Verwendete Emissionsfaktoren.....	20
Tabelle 4:	Abschätzung ausgegebener Mahlzeiten in Einrichtungen der öffentlichen Gemeinschaftsverpflegung	22
Tabelle 5:	Untersuchte Fleisch-, Fisch- und vegetarische Menüs	24
Tabelle 6:	Untersuchte Fleisch-, Fisch- und vegetarische Menüs	25
Tabelle 7:	Untersuchte fleischreduzierte Menüs	25
Tabelle 8:	Abschätzung der Anzahl der fleischbasierten Mahlzeiten	26
Tabelle 9:	Ergebnisse und Sensitivitätsanalysen	26
Tabelle 10:	Pkw-CO ₂ -Emissionen nach Verkehrstyp	32
Tabelle 11:	Emissionsfaktoren von Pkw in g CO ₂ /km für Tempolimits 80 (links) und 100 (rechts) für Fernstraßen, Hauptverkehrsstraßen sowie kurvige Hauptverkehrsstraßen nach Steigung differenziert.	32
Tabelle 12:	CO ₂ -Emissionsminderung von Pkw bei Tempolimit 80 gegenüber Tempolimit 100 auf Landstraßen.	34
Tabelle 13:	Modal-Split auf Arbeitswegen nach Personenkilometern	38
Tabelle 14:	Verkehrsnachfrage in Millionen Personenkilometern pro Tag	39
Tabelle 15:	Verkehrsnachfrage und Anpassung in Millionen Personenkilometern pro Tag von großen Unternehmen.....	39
Tabelle 16:	Verkehrsnachfrage und Anpassung in Millionen Personenkilometern pro Tag von obersten Bundesbehörden und deren Geschäftsbehörden	40
Tabelle 17:	Veränderung der Gesamtverkehrsnachfrage in Millionen Personenkilometern pro Tag nach Einführung des Mobilitätsmanagements.....	40
Tabelle 18:	CO ₂ Minderungspotential der Maßnahme Mobilitätsmanagement in Mio. t, jährliche Angabe, obere Grenze der Bandbreite	40
Tabelle 19:	Modal-Split nach Personenkilometern für Personen mit und ohne Carsharing-Mitgliedschaft sowie ohne eigenen Pkw im Haushalt (MiD 2017).....	43

Tabelle 20:	Veränderung der täglichen Verkehrsnachfrage in Millionen Personenkilometer pro Tag nach Einführung der Maßnahme Carsharing	44
Tabelle 21:	CO ₂ -Minderungspotential durch nicht produzierte Pkw in Millionen Tonnen	44
Tabelle 22:	CO ₂ -Minderungspotential der Maßnahme Carsharing in Millionen Tonnen, jährliche Angabe	45
Tabelle 23:	Einsparungen aus effizienter Wohnraumnutzung.....	48
Tabelle 24:	Berücksichtigte Produktgruppen	62
Tabelle 25:	Nicht berücksichtigte Produktgruppen	64
Tabelle 26:	Gewichtete Emissionsfaktoren für Ökodesign-Produkte	65
Tabelle 27:	Erwartete THG-Einsparungen für Deutschland	67

Abkürzungsverzeichnis

AB	Autobahn
AK OGA	Arbeitskreis der oberen Gutachterausschüsse
AO	außerorts
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BAU	Business as Usual
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BDH	Bundesverband der deutschen Heizungsindustrie
BfEE	Bundesstelle für Energieeffizienz
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BReg	Bundesregierung
ct/l	Eurocent pro Liter
CO₂	Kohlenstoffdioxid
CO₂e	Kohlenstoffdioxid-Äquivalent
bspw.	beispielsweise
DEHSt	Deutsche Emissionshandelsstelle
EIA	Ecodesign Impact Accounting
EPBD	Environmental Performance of Buildings Directive
EU	Europäische Union
EnergieStG	Energiesteuergesetz
g	Gramm
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GEMIS	Globales Emissions-Modell integrierter Systeme
GV	Gemeinschaftsverpflegung
GWh	Gigawattstunden
GWP	Global Warming Potential
HBEFA	Handbuch Emissionsfaktoren
IHK	Industrie- und Handelskammer
IO	innerorts
iSFP	gebäudeindividueller Sanierungsfahrplan
kg	Kilogramm
km/h	Kilometer pro Stunde
KSPr	Klimaschutzprogramm
kWh	Kilowattstunden
m³/h	Kubikmeter pro Stunde
MFH	Mehrfamilienhaus
MiD	Mobilität in Deutschland (Studie)
Mio.	Millionen
MIV	Motorisierter Individualverkehr
Mrd.	Milliarden

Mt	Megatonnen
MWh	Megawattstunden
NPNK	Nationales Programm für Nachhaltigen Konsum
ÖPNV	Öffentlicher Personen-Nachverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PG	Produktgruppe
Pkw	Personenkraftwagen
PV	Photovoltaik
TEMPS	Transport Emissions and Policy Scenarios (Modell)
THG	Treibhausgase
TREMODO	Transport Emission Model
TWh	Terawattstunden
UBA	Umweltbundesamt
VA	Voluntary Agreement
vzbv	Verbraucherzentrale Bundesverband

Zusammenfassung

Mit dem vorliegenden Bericht schätzt das Öko-Institut im Auftrag des Umweltbundesamtes die jährlichen bundesweiten Treibhausgas-Einsparpotenziale im Jahr 2030 für einige vorgeschlagene Maßnahmen und Instrumente zur Weiterentwicklung des Nationalen Programms für Nachhaltigen Konsum (NPNK) ab. Die Ergebnisse der Schätzungen sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Geschätzte THG-Einsparungen ausgewählter Maßnahmen u. Instrumente

Thema	Definition Maßnahme oder Instrument	Emissionsminderung (Mt CO ₂ e/a 2030), gerundet		Erläuterungen
		min.	max.	
Reduktion fleischhaltiger Gerichte in der Gemeinschaftsverpflegung	Ersatz von 50 % der fleischbasierten Mahlzeiten in öffentlichen Einrichtungen durch jeweils eine vegetarische oder vegane Mahlzeit	0,2	0,9	Die Bandbreite ergibt sich aus drei Faktoren: Unterschiedliche Annahmen über die Anzahl der insgesamt pro Tag konsumierten Mahlzeiten. Unterschiedliche Annahmen über die heutige Verteilung fleischbasierter und vegetarischer / veganer Mahlzeiten. Unterschiedliche Annahmen über die THG-Einsparung pro Mahlzeit. Da nicht alle Typen öffentlicher Einrichtungen berücksichtigt werden konnten, handelt es sich um eine untere Grenze.
Besteuerung des innerdeutschen Flugverkehrs	Luftverkehrssteuer wird beibehalten und zusätzlich eine Energiesteuer von 65 ct/l für Inlandsflüge erhoben. Varianten: (1) konstante Steuer (2) Anpassung an die Inflation	0,3	0,6	Die Bandbreite ergibt sich aus unterschiedlichen Annahmen über zukünftige Kerosinpreise sowie den Ausgestaltungsvarianten.
Höchstgeschwindigkeiten auf Land- und Bundesstraßen sowie innerorts	Flächendeckende Geschwindigkeitsbeschränkung von 80 km/h für Land- und Bundesstraßen (aber nicht Autobahnen) und 30 km/h innerorts	0,5	0,7	Direkte Effekte ergeben sich nur auf Land- und Bundesstraßen. Die Bandbreite resultiert aus unterschiedlichen Annahmen über den Anteil der Straßen, die von dem Tempolimit neu betroffen wären (d.h. wo nicht bereits ein Tempolimit existiert).
Verpflichtendes Mobilitätsmanagement	Einführung eines verpflichtenden Mobilitätsmanagements in	1,2	1,7	Die angegebene Bandbreite resultiert aus der Unsicherheit der Annahme

Thema	Definition Maßnahme oder Instrument	Emissionsminderung (Mt CO ₂ e/a 2030), gerundet		Erläuterungen
	allen obersten Bundesbehörden und deren Geschäftsbereichen sowie in (privaten und kommunalen) Unternehmen ab 250 Mitarbeitenden			über die Bereitschaft der betroffenen Unternehmen und Behörden, das Mobilitätsmanagement konsequent umzusetzen.
Pkw-Reduktion durch Carsharing	Der Pkw-Bestand in privaten Haushalten wird durch Carsharing-Mitgliedschaften um 10 % reduziert.	3,9	6,7	2,3 bis 5,1 Mt THG-Einsparungen ergeben sich aus der Veränderung des Modal-Split, weitere 1,6 Mt aus der Ressourceneinsparung für die Produktion und Entsorgung der Fahrzeuge. Die Bandbreite ergibt sich aus unterschiedlichen Annahmen über den Modal-Split der Personen, die ihren Pkw abgeschafft haben.
Energie- und flächeneffizientes Wohnen im Bestand	Unterstützung von Senior*innen mit großen Wohnflächen im Eigenheim beim Verkleinern der Wohnungen	0,3	0,7	Die Bandbreite ergibt sich aus unterschiedlichen Annahmen über die Umsetzungsraten (0,5 % vs. 1 % der in Frage kommenden Haushalte).
	Reduktion von Leerstand bei Einliegerwohnungen in Eigenheimen	0,1	0,2	Die Bandbreite ergibt sich aus unterschiedlichen Annahmen über die Anzahl leerstehender Wohnungen, die einer Nutzung zugeführt werden (1,25 % vs. 2,5 %).
Verbesserte Energieberatung zur Sanierung von Wohngebäuden	Einführung einer verpflichtenden Vor-Ort-Beratung zum individuellen Sanierungsfahrplan (1) bei Eigentumsübertrag und (2) bei Neuvermietung besonders ineffizienter Wohngebäude	0,6	0,7	Die Bandbreite ergibt sich aus den beiden Ausgestaltungsvarianten. Es ist mit Überschneidungen mit den Einsparungen durch die Förderprogramme für energetische Gebäudesanierung zu rechnen.
Energieberatung zur Heizung im Wohneigentum	Energieberatung zur Heizung für Eigentümer*innen im Rahmen des Heizungseignungschecks gemäß Effizienzstrategie 2050; Maßnahme Nr. 17, Variante (1) mit Eigenbeteiligung, Variante (2) kostenlos	0,018	0,024	Die Bandbreite ergibt sich aus den Ausgestaltungsvarianten und aus unterschiedlichen Annahmen über die zu erwartende Steigerung der Beratungszahlen durch die Vollfinanzierung.

Thema	Definition Maßnahme oder Instrument	Emissionsminderung (Mt CO ₂ e/a 2030), gerundet		Erläuterungen
				Die Einsparung könnte durch andere Verbreitungswege der Beratung um mind. Faktor 10 gesteigert werden.
Verbesserung der Mindestausstattung mit Zählern und Sensorik	Neue Heizungen sowie neue raumluftechnische Anlagen mit einem Nennvolumenstrom von über 3.000 m ³ /h werden mit Sensorik und Zählern ausgestattet.	0,7	1,0	Die Bandbreite ergibt sich aus unterschiedlichen Annahmen über den erwarteten Technologiemarkt (Anteil fossiler Kessel). Somit besteht eine Interaktion mit der Maßnahme „Phase-Out fossiler Heizkessel“: je geringer der fossile Anteil, desto geringer die zusätzlichen Einsparungen durch Zähler und Sensorik.
Phase-Out fossiler Heizkessel	Variante (1): Im Gebäudeenergiegesetz (GEG) § 72 (4) festgelegte Beschränkungen für den Einbau monovalenter Ölkessel ab 2026 Variante (2): Ausweitung der Bestimmungen des GEG auf Gaskessel	0,2	0,5	Die Bandbreite ergibt sich aus unterschiedlichen Annahmen über den Technologiemarkt der Ersatztechnologien für die ersetzten Heizkessel.
		2,2	2,3	Die Bandbreite ergibt sich aus unterschiedlichen Annahmen über den Technologiemarkt der Ersatztechnologien für die ersetzten Heizkessel.
Anspruchsvolle Ausgestaltung von Ökodesign und Energiekennzeichnung	Die Bundesregierung setzt sich für eine ambitionierte Ausgestaltung von Durchführungsmaßnahmen unter der Ökodesign- und Energiekennzeichnungs-Richtlinien ein. Hierdurch werden für die einzelnen Produktgruppen jeweils Einsparungen am oberen Rand der bisher angenommenen Spanne erzielt.	2,3	4,1	Überschneidungen mit Phase-Out fossiler Heizkessel wurden herausgerechnet. Die Bandbreite ergibt sich aus unterschiedlichen Annahmen darüber, bei welchen Produktgruppen eine ambitionierte Regulierung politisch durchsetzbar ist.

Summary

In this report, Oeko-Institut, on behalf of the Federal Environment Agency, estimates the annual national greenhouse gas savings potentials in 2030 for some proposed measures and instruments for the further development of the National Programme for Sustainable Consumption (NPNK). The results of the estimates are summarised in Table 1.

Table 1: GHG emission reductions for selected measures and instruments

Subject area	Definition of measure or instrument	Emission reduction (Mt CO ₂ e/a 2030), rounded		Explanations
		min.	max.	
Reduction of meat-containing dishes in communal catering	Replace 50 % of meat-based meals in public institutions with vegetarian or vegan ones	0,2	0,9	The range results from three factors: Different assumptions about the total number of meals consumed per day; different assumptions about the current distribution of meat-based and vegetarian/vegan meals; different assumptions about GHG savings per meal. As not all types of public facilities could be considered, this is a lower estimate.
Taxation of domestic air traffic	Air traffic tax is retained and an additional energy tax of 65 ct/l is levied for domestic flights. Variants: (1) constant tax (2) adjustment for inflation	0,3	0,6	The range results from different assumptions about future fuel prices as well as the design variants.
Maximum speeds on rural and federal roads and in built-up areas	General speed limit of 80 km/h for rural and national roads (but not motorways) and 30 km/h in built-up areas	0,5	0,7	Direct effects only arise on rural and federal roads. The range results from different assumptions about the proportion of roads that would be newly affected by the speed limit (i.e. where a speed limit does not already exist).
Mandatory mobility management	Introduction of mandatory mobility management in all supreme federal authorities and their business units as well as in (private and municipal) companies with 250 or more employees	1,2	1,7	The indicated range results from the uncertainty of the assumption about the willingness of the companies and authorities concerned to consistently implement mobility management.
Car reduction by car sharing	The number of cars in private households is reduced by 10 % through car-sharing memberships.	3,9	6,7	2.3 to 5.1 Mt of GHG savings result from the change in modal split, another 1.6 Mt from the resource savings for the

Subject area	Definition of measure or instrument	Emission reduction (Mt CO ₂ e/a 2030), rounded		Explanations
				production and disposal of the vehicles. The range results from different assumptions about the modal split of people who have abolished their car.
Energy- and space-efficient living in existing buildings	Supporting senior homeowners with large living spaces to downsize their flats	0,3	0,7	The range results from different assumptions about implementation rates (0.5% vs. 1% of eligible households).
Improved energy advice for the renovation of residential buildings	Reduction of vacancies in granny flats in owner-occupied homes	0,1	0,2	The range results from different assumptions about the number of vacant flats that will be put to use (1.25 % vs. 2.5 %).
Energy advice on heating in residential properties	Introduction of mandatory on-site advice on the individual refurbishment roadmap (1) in case of transfer of ownership and (2) in case of new leases of particularly inefficient residential buildings.	0,6	0,7	The range results from the two design variants. Overlaps with the savings from the funding programmes for energy-efficient building refurbishment are to be expected.
Energy advice on heating in residential properties	Energy advice on heating for owners as part of the heating efficiency check in accordance with the Efficiency Strategy 2050; measure no. 17. Variant (1) is with financial contribution of the owners, variant (2) free of charge.	0,018	0,024	The bandwidth results from the design variants and from different assumptions about the expected increase in the number of counselling sessions through full funding. The savings could be increased by at least a factor of 10 through other dissemination channels.
Improving the minimum equipment with meters and sensors	New heating systems as well as new air-conditioning systems with a nominal volume flow of more than 3,000 m ³ /h are equipped with sensors and meters.	0,7	1,0	The range results from different assumptions about the expected technology mix in the heating market (share of fossil boilers). Thus, there is an interaction with the measure "phase-out of fossil boilers": the lower the fossil share, the lower the additional savings through meters and sensor technology.
Phase-Out of fossil fuel boilers	Variant (1): Restrictions on the installation of monovalent oil-fired boilers from 2026, as set out in the Building Energy Act (GEG) § 72 (4).	0,2	0,5	The range results from different assumptions about the technology mix of the replacement technologies for the replaced boilers.

Subject area	Definition of measure or instrument	Emission reduction (Mt CO ₂ e/a 2030), rounded		Explanations
	Variant (2): Extension of the provisions of the GEG to gas boilers	2,2	2,3	The range results from different assumptions about the technology mix of the replacement technologies for the replaced boilers.
Ambitious design of EU Eco-design and Energy labelling	The Federal Government advocates an ambitious design of implementing measures under the Ecodesign and Energy Labelling Directives. This will achieve savings at the upper end of the previously assumed range for the individual product groups in each case.	2,3	4,1	Overlaps with phase-out of fossil boilers have been excluded. The range results from different assumptions about the product groups for which ambitious regulation is politically feasible.

1 Hintergrund und Fragestellung

Der vorliegende Bericht steht im Zusammenhang mit der Weiterentwicklung des Nationalen Programms für Nachhaltigen Konsum (NPNK). Im UBA-Forschungsprojekt „Nachhaltigen Konsum weiterdenken: Evaluation und Weiterentwicklung von Maßnahmen und Instrumenten“ (FKZ 3717 16 311 0) hat ein Konsortium aus Öko-Institut, ConPolicy, der Technischen Universität Berlin sowie der Zeppelin-Universität Empfehlungen zur Weiterentwicklung des Programms gegeben. Vorgeschlagen wurden unter anderem prioritäre Maßnahmen und Politikinstrumente in verschiedenen Handlungsbereichen (Wolff et al. 2020). Mit dem vorliegenden Bericht schätzt das Öko-Institut im Auftrag des UBA die Treibhausgas-Einsparpotenziale für einige der vorgeschlagenen Maßnahmen und Instrumente sowie für weitere durch den Auftraggeber ausgewählte Maßnahmen und Instrumente grob ab. Die betrachteten Maßnahmen und Instrumente sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Maßnahmen und Instrumente, für die eine Grobabschätzung von THG-Einsparpotenzialen vorgenommen wurde

Handlungsfeld	Maßnahme	Spezifizierung und ggf. Variation
Ernährung	Reduktion fleischhaltiger Gerichte in der Gemeinschaftsverpflegung	Ersatz von 50 % der fleischbasierten Mahlzeiten in öffentlichen Einrichtungen durch jeweils eine vegetarische oder vegane Mahlzeit
Mobilität	Besteuerung des innerdeutschen Flugverkehrs	Die Luftverkehrssteuer wird beibehalten und zusätzlich eine Energiesteuer von 65 ct/l für Inlandsflüge erhoben. Varianten: (1) konstante Steuer (2) Anpassung an die Inflation
	Höchstgeschwindigkeiten auf Land- und Bundesstraßen sowie innerorts	Flächendeckende Geschwindigkeitsbeschränkung von 80 km/h für Land- und Bundesstraßen (aber nicht Autobahnen) und 30 km/h innerorts.
	Verpflichtendes Mobilitätsmanagement	Einführung eines verpflichtenden Mobilitätsmanagements in allen obersten Bundesbehörden und deren Geschäftsbereichen sowie in (privaten und kommunalen) Unternehmen ab 250 Mitarbeitenden
	Pkw-Reduktion durch Carsharing	Der Pkw-Bestand in privaten Haushalten wird durch Carsharing-Mitgliedschaften um 10 % reduziert.
Wohnen	Energie- und flächeneffizientes Wohnen im Bestand	Teilmaßnahme (1): Unterstützung von Senior*innen mit großen Wohnflächen im Eigenheim beim Verkleinern der Wohnungen Teilmaßnahme (2): Reduktion von Leerstand bei Einliegerwohnungen in Eigenheimen
	Verbesserte Energieberatung zur Sanierung von Wohngebäuden	Einführung einer verpflichtenden Vor-Ort-Beratung zum individuellen Sanierungsfahrplan (1) bei Eigentumsübertrag und (2) bei Neuvermietung besonders ineffizienter Wohngebäude
	Energieberatung zur Heizung im Wohneigentum	Energieberatung zur Heizung für Eigentümer*innen im Rahmen des Heizungseignungschecks gemäß Effizienzstrategie 2050; Maßnahme Nr. 17, Variante (1) mit Eigenbeteiligung, Variante (2) kostenlos

Handlungsfeld	Maßnahme	Spezifizierung und ggf. Variation
	Verbesserung der Mindestausstattung mit Zählern und Sensorik	Neue Heizungen sowie neue raumluftechnische Anlagen mit einem Nennvolumenstrom von über 3.000 m ³ /h werden gemäß der Effizienzstrategie 2050; Maßnahme Nr. 14 mit Sensorik und Zählern ausgestattet.
	Phase-Out fossiler Heizkessel	Variante (1): Im Gebäudeenergiegesetz (GEG) § 72 (4) festgelegte Beschränkungen für den Einbau monovalenter Ölkessel ab 2026 Variante (2): Ausweitung der Bestimmungen des GEG auf Gaskessel
Produkte	Anspruchsvolle Ausgestaltung von Ökodesign und Energiekennzeichnung	Die Bundesregierung setzt sich für eine ambitionierte Ausgestaltung von Durchführungsmaßnahmen unter der Ökodesign- und Energiekennzeichnungs-Richtlinie ein. Hierdurch werden für die einzelnen Produktgruppen jeweils Einsparungen am oberen Rand der bisher angenommenen Spanne erzielt.

2 Rahmenfestlegungen

Die folgenden Rahmenfestlegungen werden für alle Abschätzungen getroffen. Sachlich notwendige Abweichungen und Ergänzungen bei einzelnen Maßnahmen werden separat ausgewiesen.

Die Einsparungen werden im Vergleich zu einem Business-as-Usual-Szenario (BAU) (mit bestehenden Maßnahmen) angegeben. Das verwendete BAU-Szenario wird jeweils für die einzelnen Maßnahmen bzw. Maßnahmengruppen kurz skizziert und die Auswahl begründet.

Die Einsparungen werden in Mt CO₂e/a für das Jahr 2030 angegeben.

Die Treibhausgas-Emissionsfaktoren und die jeweiligen Quellen sind in Tabelle 3 dargestellt. Im Verkehrssektor wurden die CO₂-Minderungen auf Basis der Gesamtemissionsmengen der Referenz (KSPR 2020) differenziert nach den adressierten Verkehrsträgern berechnet. So ist es möglich, die bereits in der Referenzentwicklung im Jahr 2030 abgebildeten Veränderungen hinsichtlich Verkehrsnachfrage, oder aber auch Flottenzusammensetzung (Anteil E-Pkw) zu berücksichtigen.

Tabelle 3: Verwendete Emissionsfaktoren

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Quelle
	kg CO₂e/MWh											
Strom	440	427	414	400	387	373	354	335	317	298	280	KSPR 2020 ¹
Erdgas	202	202	202	202	202	202	202	202	202	202	202	
Flüssiggas	234	234	234	234	234	234	234	234	234	234	234	
Heizöl leicht	267	267	267	267	267	267	267	267	267	267	267	
Nah-/Fernwärme	229	229	229	228	228	228	227	227	226	226	225	
Braunkohlenbrikett	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	DEHSt 2006
Steinkohlenbrikett	334	334	334	334	334	334	334	334	334	334	334	
Holz (allgemein)	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	GEMIS 5.0
Holzpellets	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	

Bei Maßnahmen bzw. Instrumenten mit hoher Unsicherheit wird jeweils eine Sensitivitätsrechnung durchgeführt.

¹ Bewertung des Klimaschutzprogramms 2030 durch das Öko-Institut, Stand Januar 2020

3 Reduktion fleischhaltiger Gerichte in der Gemeinschaftsverpflegung

3.1 Kurzbeschreibung der Maßnahme oder des Instruments

Wie zahlreiche Studien zeigen, trägt die Ernährung erheblich zu den Umweltbelastungen des privaten Konsums bei (z.B. Jungbluth et al. 2012; Dewulf et al. 2014; Sanders und Heß 2019; Teufel 2018, Antony et al. 2020). Für die ökologische Relevanz eines Lebensmittels sind sowohl die spezifische Umweltbelastung pro Kilogramm verzehrtem Lebensmittel als auch die jährlich verzehrte Menge des Lebensmittels (Pro-Kopf-Verbrauch) relevant. In mehreren Studien wurde gezeigt, dass insbesondere tierische Produkte (Fleisch, Käse, Frischmilcherzeugnisse etc.) eine große Umweltauswirkung aufweisen (Noleppa 2012; Weidema et al. 2008; Tukker et al. 2006; Foster et al. 2006).

Während die Bereitstellung von tierischen Produkten (v.a. Fleisch, Butter und Käse) mit einer hohen Umweltintensität und entsprechend hohen Treibhausgasemissionen einhergeht, sind vegetarische und insbesondere pflanzenbasierte Lebensmittel aus Umweltsicht vorteilhaft. Entsprechend wird einer Reduktion des Konsums tierischer Produkte in der Gemeinschaftsverpflegung ein Potenzial zur Einsparung ernährungsbedingter Treibhausgasemissionen zugeschrieben.

Im Folgenden soll der Versuch unternommen werden, mögliche Einsparungen an THG-Emissionen in der Gemeinschaftsverpflegung durch einen reduzierten Konsum tierischer Produkte abzuschätzen. Aus methodischen Gründen fokussiert die Abschätzung auf die Reduktion von Fleisch.

3.2 Abschätzungsmethodik

Interessant wäre, den Effekt einer Reduktion der konsumierten Fleischmengen um einen bestimmten Prozentwert (z.B. 50 %) zu berechnen. Eine solche Abschätzung ist jedoch auf Basis der verfügbaren Informationen nicht ohne weiteres durchführbar. Hierzu wäre es u.a. erforderlich, die absoluten Mengen an tierischen Produkten in der Gemeinschaftsverpflegung zu kennen und diese in die Abschätzung einzubeziehen. Entsprechende Erhebungen liegen jedoch zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht vor. Letztlich muss sich die hier vorgesehene Potenzialabschätzung mit der Abschätzung der THG-Minderung für einen konkreten Fall, nämlich den Ersatz eines fleischbasierten Gerichts durch ein vegetarisches oder veganes Gericht, behelfen. Mit Hilfe von Annahmen, wie viele Gerichte substituiert werden, wird das Minderungspotenzial auf die jeden Tag bzw. innerhalb eines Jahres insgesamt in der Gemeinschaftsverpflegung ausgegebenen Mahlzeiten hochgerechnet.

Konkret wurde für die Abschätzung des THG-Minderungspotenzials die Anzahl an in öffentlichen Einrichtungen (Mensen und Kantinen von Schulen, Universitäten, Altersheimen etc.) ausgegebenen Mahlzeiten überschlägig abgeschätzt. In einem zweiten Schritt wurde der Effekt geschätzt, wenn 50 % der fleischbasierten Mahlzeiten durch eine vegetarische oder vegane Mahlzeit ersetzt würden.

3.2.1 Scope

Der Untersuchungsrahmen beinhaltet die Anzahl an öffentlich ausgegebenen Mahlzeiten an deutschen öffentlichen Einrichtungen. Als öffentliche Einrichtung, die Mahlzeiten ausgibt, wurden Krankenhäuser, Kitas, Schulen mit Nachmittagsbetreuung und Mittagsverpflegung, Universitäten, Pflegeheime sowie Vorsorge- und Reha-Häuser berücksichtigt. Als ausgegebene Mahlzeit wurde das Mittagessen angenommen, da dieses in öffentlichen Einrichtungen am häufigsten warm serviert wird.

3.2.2 Quellen und Vorgehen

Für die überschlägige Abschätzung der insgesamt in Einrichtungen der öffentlichen Gemeinschaftsverpflegung in Deutschland ausgegebenen Mahlzeiten wurden je nach Einrichtungstyp spezifische Annahmen getroffen.

So wurde zum Beispiel für die Bildungseinrichtungen die vereinfachte Annahme getroffen, dass an 200 Tagen im Jahr Mahlzeiten bereitgestellt werden. Regionale Unterschiede, Unterschiede zwischen den jeweiligen Bildungseinrichtungen bzw. Unterschiede zwischen den einzelnen Bundesländern wurden nicht berücksichtigt. In Tabelle 4 werden die Anzahl der potenziellen Essensteilnehmer*innen sowie die ausgegebenen Essen von öffentlichen Einrichtungen pro Jahr überschlägig abgeschätzt.

Tabelle 4: Abschätzung ausgegebener Mahlzeiten in Einrichtungen der öffentlichen Gemeinschaftsverpflegung

Bedarf: GV-Einrichtungen	Insgesamt	Anteil an Mittagsverpflegung / Auslastung	Anzahl potenzieller Essensteilnehmer*innen	Betriebstage pro Jahr	Ausgegebene Mahlzeiten öffentlicher Einrichtungen in Dtld. pro Tag ²
Einheit	Anzahl	%	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Kindergarten und Kitas (Kinder im Alter von 0-7, mit Mittagsverpflegung)	2.369.263	100	2.369.263	200	1.298.226
Schüler*innen	10.900.000	19	2.027.400	200	1.110.904
Studierende	2.891.049	48	1.387.704	200	760.385
Krankenhausbetten in öffentlicher Hand	235.767	79	186.256	365	186.256
Vorsorge- und Rehaeinrichtungen (Anzahl Betten)	163.336	85	138.672	365	138.672
Menschen in Pflegeeinrichtungen	731.000	100	731.000	365	731.000
Summe	14.921.152		6.840.295		4.225.444

Quelle: (Destatis 2020a; 2020b; 2021a; 2021b; NQZ 2017a;2017b; Bock 2021)

Die Zahlen in der Tabelle ermitteln sich wie folgt:

Kindergärten und Kitas: Laut dem Nationalem Qualitätszentrum für Ernährung in Kitas und Schulen wurde in Kitas und Kindergärten an die Altersgruppen von 0-7 Jahren 2.369.000 Mahlzeiten pro Schultag ausgegeben (NQZ 2017a).

² Entspricht: Essen an Verpflegungstagen pro Jahr / 365

Schüler*innen: Laut dem Statistischen Bundesamt gab es 2019 in Deutschland 10,9 Mio. Schüler*innen (Destatis 2020a). Etwa 43 % der Schüler*innen nahm das Angebot einer Mittagsverpflegung in der Schule mindestens ein Mal und 25 % mindestens drei Mal die Woche war (NQZ 2017b). Daraus ergeben sich mindestens 2,03 Mio. Mahlzeiten pro Schultag in deutschen Schulen.

- ▶ Studierende: Es gibt in Deutschland laut dem Statistischen Bundesamtes im Sommersemester 2020 2,9 Mio. Studierende (Destatis 2020b). Laut dem Referat Hochschulgastronomie nutzen 4 von 5 Studierenden 3 Mal die Woche die Mensa, was sich auf ca. 1,39 Mio. Mahlzeiten pro Werktag summiert (Bock 2021).
- ▶ Krankenhäuser: Die Anzahl an ausgegebenen Mahlzeiten in öffentlichen Krankenhäusern, welche sich auf 186.000 Mahlzeiten pro Tag beläuft, wurde anhand der Anzahl an Betten in öffentlichen deutschen Krankenhäusern (236.000) und ihrer Auslastung (79 %) errechnet (Destatis 2021a).
- ▶ Vorsorge- und Rehaeinrichtungen: Es gibt in Deutschland laut dem Statistischen Bundesamt 163.000 Betten in Vorsorge- und Rehaeinrichtungen mit einer Auslastung von 84,9 %. Daraus ergeben sich 137.000 Mahlzeiten pro Tag (Destatis 2021b).
- ▶ Pflegeeinrichtungen: Es gibt laut dem Ärzteblatt 731.000 Menschen in Pflegeeinrichtungen, bei denen davon ausgegangen wird, dass alle eine Mahlzeit pro Tag bekommen (Ärzteblatt 2020).

Hinweis: Bei der Abschätzung konnten nur Einrichtungen bzw. Einrichtungstypen berücksichtigt werden, für die auch entsprechende Informationen verfügbar sind. Die in Tabelle 4 aufgelisteten Einrichtungen decken einen Großteil der öffentlichen Gemeinschaftsverpflegung ab, enthalten jedoch nicht alle Einrichtungen bzw. Einrichtungstypen. So fehlen in der Abschätzung beispielsweise die GV-Einrichtungen der öffentlichen Verwaltung (des Bundes, der Länder und Kommunen) und beispielsweise auch die Einrichtungen der Bundeswehr und der Justizvollzugsanstalten. Bei den in Tabelle 4 ausgewiesenen Werten handelt es sich daher um eine untere Abschätzung der täglich in Deutschland in Einrichtungen der öffentlichen Gemeinschaftsverpflegung ausgegebenen Mahlzeiten. Damit soll eine Überschätzung der Minderungspotenziale vermieden werden.

Insgesamt wurde die Zahl der in der öffentlichen Gemeinschaftsverpflegung in Deutschland pro Tag ausgegebenen Mittagsmahlzeiten auf ca. 4,2 Mio. Mahlzeiten geschätzt. Die Abschätzung der täglich ausgegebenen Mahlzeiten ist, wie oben bereits erwähnt, mit einiger Unsicherheit behaftet. Um Unsicherheiten bei der Berechnung zu berücksichtigen, wurde eine Sensitivitätsanalyse (Sensitivität 1) durchgeführt, bei der mit 25 % mehr bzw. 25 % weniger Mahlzeiten pro Tag gerechnet wurde.

Zahlen zur mengenmäßigen Verteilung fleischbasierter, vegetarischer und / oder veganer Mahlzeiten konnten für die vorliegende Untersuchung ebenfalls nicht erhoben werden. Im Basisszenario dieser Studie wird von einer anteiligen Verteilung von 63 % fleischhaltigen und 37 % vegetarischen / veganen Mahlzeiten ausgegangen. Grundlage hierfür ist die Erhebung eines Catering-Unternehmens, das Schulen in Freiburg im Breisgau mit Mahlzeiten beliefert. Wie aus einer Antwort der Bundesregierung auf eine kleine Anfrage der Grünen Bundestagsfraktion hervorgeht, erscheint dieser Wert nicht unrealistisch (DIP: Drucksache 19/13166). Dort wurde unter anderem gefragt, wie viele der angebotenen Gerichte in den Kantinen der Dienststellen des Bundes Fleisch und Fisch als Komponente enthalten. Aus der Antwort der Bunderegierung geht hervor, dass der Anteil an Gerichten mit Fleischkomponente in der großen Mehrheit der Bundeseinrichtungen zwischen 40 und 75 % beträgt. Hinzu kommen zwischen 5 und 20 % Gerichte mit Fisch als Komponente.

Die im Basisszenario als Hilfsgröße angenommene Verteilung ist dennoch mit Unsicherheiten behaftet. Es handelt sich dabei um einen stichprobenartigen Auszug nur eines Anbieters für nur einen der betrachteten Einrichtungstypen. Entsprechend wird die Relevanz der vereinfachenden Festlegung für die hier angestrebte Potenzialabschätzung im Zuge einer Sensitivitätsanalyse (Sensitivität 2) mit

veränderten prozentualen Verteilungen der fleischartbasierten und vegetarisch-veganen Mahlzeiten geprüft.

Auch für die Berechnung des Minderungspotenzials an Treibhausgasemissionen bei einer Umstellung von einer fleischartbasierten zu einer vegetarischen Mahlzeit konnten keine eigenen Erhebungen durchgeführt werden. Entsprechend wird daher auf verschiedene Ansätze aus der Literatur zurückgegriffen, um die potenzielle Treibhausgasreduzierung bei einer Umstellung der Mahlzeit abzuschätzen.

Für das Basisszenario wurden aktuelle Berechnungen von Reinhardt et al. (2020) herangezogen. In ihrer Studie untersuchen die Autor*innen die Treibhausgasemissionen verschiedener Fleisch- und Fischgerichte und stellen diese den Treibhausgasemissionen verschiedener vegetarischer Gerichte gegenüber (Tabelle 5).

Tabelle 5 **Untersuchte Fleisch-, Fisch- und vegetarische Menüs**

Fleisch- und Fischmenüs	Vegetarische Menüs
Rinderfrikadelle mit Reis und frischen Erbsen	Veggieburger auf Sojabasis statt Rinderfrikadelle
Lasagne	Sojagranulat statt Rindergehacktes
Rindergulasch	Reis-Gemüse-Auflauf
Seelachsfilet mit Blumenkohl und Couscous	Spaghetti mit Paprikarahmsauce

Quelle: (Reinhardt et al. 2020)

Die Fleisch- und Fischmenüs verursachen nach den Berechnungen von Reinhardt et al. (2020) durchschnittlich 1,7 kg CO₂e / Menü. Für die vegetarischen Menüs wurden durchschnittlich etwa 0,8 kg CO₂e / Menü errechnet. Durch jedes vegetarische Gericht, welches ein Fleisch- und Fischgericht ersetzt, können demzufolge durchschnittlich etwa 0,9 kg CO₂e vermieden werden. Entsprechend wird für die hier vorliegende überschlägige Abschätzung vereinfachend davon ausgegangen, dass für jedes Fleischmenü, welches durch ein vegetarisches Menü ersetzt wird, ein durchschnittliches Einsparpotenzial von 0,9 kg CO₂e besteht.

Wie weiter oben bereits erwähnt, sind vor allem die vergleichsweise hohen Emissionen aus der Fisch- und Fleischproduktion für den deutlichen Unterschied verantwortlich. Die Produktion der Beilagen trägt hingegen vergleichsweise nur zu einem geringen Anteil bei. Während die Fleischmenüs in Abhängigkeit von der Fleischart (Kalbfleisch hat pro kg höhere Treibhausgasemissionen als zum Beispiel Fisch) relativ starke Schwankungen bei den Treibhausgasemissionen haben (0,6 – 2 kg CO₂e), sind die Schwankungen bei den vegetarischen Menüs (0,6 – 1 kg CO₂e) deutlich geringer. Um den Einfluss der Schwankungsbreite an CO₂e-Einsparung pro Mahlzeiten auf das abgeschätzte Minderungspotenzial darzustellen, wurde auch dieser Parameter im Zuge einer einfachen Sensitivitätsanalyse (Sensitivität 3) mit jeweils unterschiedlichen Reduktionsfaktoren pro umgestellte Mahlzeit durchgeführt.

Hierzu wurden ergänzend zwei weitere Ansätze aus der Literatur ausgewählt, um eine Bandbreite möglicher THG-Minderungspotenziale für verschiedene – auch in Hinblick auf das Ambitionsniveau variierende – Berechnungsansätze aufzeigen zu können.

Als ergänzendes Beispiel für eine Umstellung von typischen Fleisch- und Fischmenüs auf vegetarische Menüs werden nachfolgend die Berechnungen von Stucki et al. (2012) dargestellt. Die Berechnungen basieren dabei auf Rezepturen von fünf Fleischmenüs, einem Fischmenü und fünf vegetarischen Menüs. Die Tabelle 6 zeigt die in der Studie von Stucki et al. (2012) verwendeten Menüs.

Tabelle 6: Untersuchte Fleisch-, Fisch- und vegetarische Menüs

Fleisch- und Fischmenüs	Vegetarische Menüs
Rindsschmorbraten Burgunderart mit Pommes frites	Gemüsecurry mit Reis
Pouletschenkel mit Zucchetti und Pommes frites	Gemüselasagne
Schweinskotelett Walliser Art, Rüebl & Rösti	Spätzlipfanne Gärtnerart
Lammragout mit Gemüse & Pommes frites	Tofugeschnetztes Zürcher Art mit Rüebl & Rösti
Kalbsgeschnetztes Zürcher Art mit Rüebl & Rösti	Risotto
Lachsfilet mit Salzkartoffeln & Gurken	

Quelle: Stucki et al. (2012)

In die Berechnung einbezogen werden die Herstellung, Verarbeitung und Zubereitung der Nahrungsmittel. Die Fleisch- und Fischmenüs verursachen Stucki et al. (2012) zufolge durchschnittlich 3,6 kg CO_{2e} / Menü, während die vegetarischen Menüs durchschnittlich etwa 1,7 kg CO_{2e} / Menü verursachen. Verglichen mit den Berechnungen von Reinhardt et al (2020) errechnet sich nach Stucki et al (2021) ein deutlich größeres Minderungspotenzial von 1,9 kg CO_{2e} / Menü³.

In den beiden vorstehend beschriebenen Ansätzen wurde jeweils eine vollständige Umstellung von Fleisch – bzw. Fischmenüs auf ein vegetarisches Gericht betrachtet. Demgegenüber werden bei den Berechnungen von Wagner et al. (2020) verschiedene Ansätze zur Reduktion von Fleischanteilen berücksichtigt (vgl. Tabelle 7).

Tabelle 7 Untersuchte fleischreduzierte Menüs

Fleischmenüs	Fleischreduzierte Menüs
Spaghetti Bolognese	Spaghetti Soja-Bolognese
Schnitzel mit Pommes	Reduktion der Fleischkomponente um 20 %
Rindergulasch	Substitution von Rindfleisch durch Schweinefleisch
Hamburger	Reduktion der Fleischkomponente um 33 %
Kartoffelsuppe	Substitution von TK-Kartoffeln durch frische Kartoffeln

Quelle: (Wagner et al. 2020)

Die Fleischmenüs verursachen Wagner et al. (2020) zufolge durchschnittlich 1,9 kg CO_{2e} / Menü, während die fleischreduzierten Menüs durchschnittlich etwa 1,5 kg CO_{2e} / Menü verursachen. Entsprechend lässt sich daraus ein durchschnittliches Einsparpotenzial von etwa 0,4 kg CO_{2e} ableiten.

3.3 Erwartete THG-Einsparungen

Laut den Berechnungen von Reinhardt et al. (2020) ergibt sich ein Reduktionspotenzial von 0,9 kg CO_{2e} / Menü, wenn ein Essen von einem Fleisch-Menü auf ein vegetarisches umgestellt wird. Aus der insgesamt in Einrichtungen der Gemeinschaftsverpflegung in Deutschland ausgegebenen Anzahl an

³ Anzumerken ist hier jedoch, dass die von Stucki et al (2012) betrachteten vegetarischen Menüs, mit Ausnahme des Tofu-Gerichts, vergleichsweise proteinarmer Gerichte sind, die ggf. nicht ohne weiteres als ernährungsphysiologisch gleichwertige Substitute anzusehen sind.

Essen und der Annahme zum Anteil der Mahlzeiten mit Fleischkomponente errechnet sich die Zahl der potenziell durch eine Umstellungsmaßnahme adressierbaren Mahlzeiten (Tabelle 8).

Tabelle 8: Abschätzung der Anzahl der fleischbasierten Mahlzeiten

Beschreibung	Anzahl Mahlzeiten
Ausgegebenen Essen in Deutschland pro Tag	4.225.000
davon fleischbasierte Mahlzeiten	2.662.000
In öffentlicher GV in Deutschland ausgegebene Mahlzeiten (pro Jahr)	1.542.290.000
In öffentlicher GV in Deutschland ausgegebene fleischbasierte Mahlzeiten (pro Jahr)	971.641.000

Quelle: Eigene Berechnung unter Annahme für Anteil fleischbasierte Mahlzeiten: Schulkantinenlieferant (Anonym); gerundet

Tabelle 9 zeigt die Einsparpotenziale, die sich ergeben würden, wenn die Anzahl der ausgegebenen fleischbasierten Essen in öffentlichen Einrichtungen pauschal um 50 % durch fleischfreie Mahlzeiten ersetzt würde.

Tabelle 9: Ergebnisse und Sensitivitätsanalysen

	Annahmen				Ergebnis
	Anzahl ausgegebener Essen (Stück)	Anteil Fleischmenüs (%)	davon umgestellt (%)	CO ₂ e-Einsparung pro Mahlzeit (kg)	Resultierende Einsparung (t CO ₂ e / Jahr)
Basisszenario	1.542.290.000	63	50	-0,875	-430.000
S_1a (25 % mehr Essen)	1.927.860.000	63	50	-0,875	-530.000
S_1b (25 % weniger Essen)	1.156.720.000	63	50	-0,875	-320.000
S_2a (73 % Fleischmenü)	1.542.290.000	73	50	-0,875	-490.000
S_2b (53 % Fleischmenü)	1.542.290.000	53	50	-0,875	-360.000
S_3a (Einsparpotenzial nach Stucki (2012))	1.542.290.000	63	50	-1,9	-920.000
S_3b (Einsparpotenzial nach Wagner (2020))	1.542.290.000	63	50	-0,4174	-200.000

Quelle: Stucki et al. (2012); eigene Berechnungen Öko-Institut

Wenn sich der Anteil an Fleisch-Menüs in deutschen öffentlichen Einrichtungen um 50 % verringert, errechnet sich ein potenzielles Einsparpotential von 430.000 t CO₂e pro Jahr. Um die Unsicherheit der tatsächlichen ausgegebenen Mahlzeiten zu berücksichtigen, wurde bei der Sensitivitätsanalyse 1 die Annahme einer insgesamt um 25 % höheren Anzahl an täglich in den Einrichtungen der öffentlichen

Gemeinschaftsverpflegung ausgegebenen Mahlzeiten angenommen. Dadurch erhöht sich das abgeschätzte jährliche Einsparpotential auf 530.000 t CO₂e. Nimmt man entsprechend eine um 25 % reduzierte Zahl an pro Tag ausgegebenen Mahlzeiten an, so errechnet sich ein Einsparpotential von ca. 320.000 t CO₂e.

Um die Unsicherheit der heutigen Verteilung von fleischbasierten und vegetarischen Mahlzeiten (unbekannter Status Quo) adäquat einzubeziehen, wurde ergänzend die Sensitivitätsanalyse 2 mit einem höheren und einem niedrigeren Anteil fleischbasierter Mahlzeiten und damit einer oberen und unteren Abschätzung der potenziell für eine Umstellung in Frage kommenden Mahlzeiten, gerechnet. Bei einem um 10 % geringeren Anteil an fleischbasierten Mahlzeiten (entspricht 53 %), verringert sich das theoretische Einsparungspotential durch umgestellte Mahlzeiten auf etwa 360.000 t CO₂e pro Jahr. Bei einem um 10 % höheren Anteil an fleischbasierten Mahlzeiten (entspricht 73 %), steigt das Einsparungspotential durch umgestellte Mahlzeiten auf etwa 490.000 t CO₂e pro Jahr.

Auch die bei der Abschätzung zu Grunde gelegten Berechnungsansätze zur Ermittlung eines durchschnittlichen Einsparpotenzials pro Menü haben einen deutlichen Einfluss auf das Ergebnis. Während sich nach den Berechnungen von Wagner et al. (2020) ein gegenüber dem Basisszenario deutlich geringeres Minderungspotenzial von etwa 200.000 t CO₂e pro Jahr errechnet, summiert ein auf Basis von Stucki et al. (2012) berechnetes Einsparpotenzial von 1,9 kg CO₂e / Menü auf ein THG-Minderungspotenzial von 920.000 t CO₂e pro Jahr.

Betrachtet man hingegen das vegetarische Menü mit den geringsten Treibhausgasemissionen und vergleicht es mit dem Fleischmenü mit den höchsten Treibhausgasemissionen, so ergibt sich ein Reduktionsfaktor von -3,2kg CO₂e pro umgestellter Mahlzeit. Entsprechend würde sich das Einsparpotential der Maßnahme insgesamt deutlich auf etwa 1,55 Mt CO₂e pro Jahr erhöhen.

3.4 Einordnung der Ergebnisse

Unter den hier für das Basisszenario getroffenen Annahmen, die Hälfte der fleischhaltigen Mahlzeiten in der Gemeinschaftsverpflegung durch fleischnfreie Mahlzeiten zu ersetzen, lässt sich ein Einsparpotential von ca. 430.000 t CO₂e pro Jahr abschätzen. Wesentliche ergebnisbestimmende Parameter sind die Abschätzung der Zahl der tatsächlich in Einrichtungen der öffentlichen Gemeinschaftsverpflegung ausgegebenen Essen pro Tag, die auf Basis vereinfachender Annahmen getroffene anteilige Verteilung fleischbasierter und vegetarischer Mahlzeiten sowie die Annahme zur tatsächlich pro umgestellter Mahlzeit erzielbaren Einsparung. Letztere hat dabei, wie durch die entsprechende Sensitivitätsanalyse gezeigt werden konnte, den größten Einfluss auf das Ergebnis.

Werden die Minimal- und Maximalwerte der Sensitivitätsanalysen mit einbezogen, kann von einem Einsparpotential innerhalb einer vergleichsweise großen Bandbreite von 200.000 - 920.000 t CO₂e pro Jahr ausgegangen werden.

4 Besteuerung des innerdeutschen Flugverkehrs

4.1 Kurzbeschreibung der Maßnahme oder des Instruments

Kerosin wird nach dem Energiesteuergesetz (EnergieStG) in Deutschland mit 65 ct/l besteuert. Allerdings ist der Luftverkehr (mit Ausnahme der privaten nichtgewerblichen Luftfahrt) nach § 28 EnergieStG von dieser Steuer befreit. Zusätzlich sind Flüge ins Ausland von der Mehrwertsteuer ausgenommen.

Diese Steuerbefreiungen bevorteilen den Luftverkehr gegenüber anderen Verkehrsmitteln und schaden – da der Luftverkehr deutlich klimaschädlicher ist als bspw. der Schienenverkehr – der Umwelt. Umgerechnet auf die Tonne CO₂ entspricht diese indirekte Subvention durch entgangene Steuern – ohne die Berücksichtigung der nicht eingepreisten sozialen Kosten des Luftverkehrs, bspw. durch deren Klimawirkung – einem Betrag von fast 260 €/t CO₂, der auch als negativer CO₂-Preis aufgefasst werden kann⁴.

Laut Schätzungen des Umweltbundesamts (UBA 2016a) entgehen dem Staatshaushalt durch umweltschädliche Subventionen beim Luftverkehr jährlich Steuern in Höhe von fast 12 Mrd. € (knapp 7,1 Mrd. € durch die Befreiung von der Energiesteuer und knapp 4,8 Mrd. € durch die Mehrwertsteuerbefreiung auf internationale Flüge).

Zwar wurde als Ausgleich für die Steuerbefreiung für die Luftfahrt die sogenannte Luftverkehrssteuer eingeführt, die als fester Betrag bei der Buchung eines Tickets anfällt. Die Luftverkehrssteuer ist nach Zielen gestaffelt⁵ und liegt deutlich unter der Belastung, die im Rahmen der Energiesteuer für den Flugverkehr anfallen würde: Für einen Flug innerhalb der EU von 1.000 km würde (bei einem durchschnittlichen Verbrauch von 5,5 l / 100 km / Person) die Energiesteuer knapp 36 € betragen. Die Luftfahrtsteuer liegt hingegen nur bei 12,90 €. Noch stärker fällt der Unterschied für Fernreisen ins Gewicht. Für einen Flug von 10.000 km wäre eine Energiesteuer von fast 360 € zu entrichten. Die Luftfahrtsteuer für diese Distanz liegt hingegen nur bei 58,82 €.

Aus diesem Grund untersucht diese Kurzstudie mögliche Klimawirkungen einer Einbeziehung des Flugverkehrs in die Energiesteuer. Aufgrund völkerrechtlicher Hindernisse bei der Anpassung der Energiesteuern für Flüge ins Ausland (hier würden zwischenstaatliche Verträge zur Besteuerung benötigt) beschränken wir unsere Analyse auf den innerdeutschen Flugverkehr. Wir betrachten den Fall, dass die Luftverkehrssteuer beibehalten wird und zusätzlich eine Energiesteuer von 65 ct/l für Inlandsflüge erhoben wird.

4.2 Annahmen

Zur Abschätzung der Auswirkungen dieser Maßnahme müssen einige Annahmen getroffen werden:

Reaktion der Nachfrage auf Änderung der Ticketpreise

Emissionsminderungen in Folge einer Kerosinsteuer sind – zumindest kurz- und mittelfristig – vor allem durch eine Reaktion der Nachfrage zu erwarten. Zusätzliche langfristige Effekte, wie die Entwicklung effizienterer Antriebe oder alternativer Treibstoffe, sind erst in Zeitspannen in der Größenordnung der mittleren Lebensdauer der bestehenden Flugzeugflotte (also ca. 30 Jahre) zu erwarten. Die sogenannte Preiselastizität der Nachfrage gibt an, wie sich die Flugleistung (und damit auch die dazugehörigen THG-Emissionen) bei einer Änderung der Ticketpreise verhält. Wir

⁴ Bei der Verbrennung eines Liters Kerosin entstehen ca. 2,52 kg CO₂. Daher entspricht eine (indirekte) Subvention von 65 ct/l Kerosin einer Förderung von knapp 26 ct/kg CO₂ bzw. 260 €/tCO₂.

⁵ Sie beträgt innerhalb der EU 12,90 €, 32,67 € für Flüge von einer Entfernung bis 6.000 km und 58,82 € für weiter entfernte Ziele.

verwenden hier die im Modell TEMPS⁶ verwendete Elastizität von -0,92. Dies bedeutet, dass eine Preissteigerung von 1 % mit einer Verringerung der Nachfrage von 0,92 % einhergeht. Dieser Wert liegt sehr nahe an in der Literatur verfügbaren Schätzungen im internationalen Kontext, wo ein Wert von etwa -1 vorherrscht (Litman 2013).

Anteil der Kerosinkosten an den Flugkosten

Um eine Aussage darüber treffen zu können, welche Auswirkung eine Kerosinsteuer auf Ticketpreise hätte, ist es notwendig, den Anteil der Kerosinkosten an den Gesamtkosten zu kennen. Dieser variiert nach Fluglinie und hängt zudem von den Kerosinpreisen ab, welche im zeitlichen Verlauf Schwankungen unterliegen. Für unsere Berechnungen nutzen wir den Anteil, welcher im TEMPS-Modell Eingang findet, nämlich 27 %. Dieser liegt in der Mitte des historisch über den Zeitraum 2010-2019 beobachteten Bereichs von 21 % bis 33 % (Statista 2021).

Kerosinkosten und -steuern

Ferner wird eine Abschätzung des zukünftigen Kerosinpreises benötigt. Für das Modell TEMPS wird ein Wert von 65,7 ct/l, gemessen zum Preisniveau im Jahre 2010, zugrunde gelegt. In den Jahren 2016 bis 2019 bewegte sich der Kerosinpreis zwischen 23 ct/l und 52 ct/l. Daher betrachten wir zusätzlich auch den Mittelwert dieses Intervalls (d.h. 37,5 ct/l umgerechnet auf die Preise des Jahres 2010). Ferner nehmen wir an, dass die Energiesteuer auch im Jahre 2030 weiterhin wie im Energiesteuergesetz festgelegt bei nominal 65 ct/l liegt, also nicht durch eine Gesetzesänderung an die Inflation angepasst wird. Dies entspricht einer Steuer von 43,6 ct/l zu Preisen im Jahr 2010. Als alternative Spezifikation betrachten wir auch den Fall, dass diese Steuer an steigende Preisniveaus im Laufe der Zeit angepasst wird.

4.3 Abschätzungsmethodik

Der prozentuale Anstieg der Ticketpreise ergibt sich durch Multiplikation des (durch die Energiesteuer bedingten) Anstiegs des Kerosinpreises mit dem Anteil der Kerosinkosten an den Gesamtkosten. Mit diesem ergibt sich unter Bezugnahme auf die Preiselastizität der Nachfrage nach Flügen die prozentuale Änderung der THG-Emissionen wie folgt:

$$\text{Emissionsänd. in \%} = \left(1 + \text{Anteil Kerosin an Gesamtkosten} * \frac{\text{Energiesteuer}}{\text{Kerosinpreis (ohne Steuer)}} \right)^{\text{Elast.}} - 1$$

4.4 Erwartete THG-Einsparungen

Mit der beschriebenen Abschätzungsmethodik ergibt sich eine Emissionsminderung im innerdeutschen Flugverkehr von 14 %. Die Projektion des Klimaschutzprogramms geht für das Jahr 2030 von Emissionen von fast exakt 2 Mio. Tonnen CO₂ im innerdeutschen Flugverkehr aus. Mit dem Bereich der berechneten Minderungen könnte also eine Kerosinsteuer von 65 ct/l diese Emissionen um knapp 0,3 Mio. Tonnen CO₂ reduzieren.

Diese Reduktionen könnten auch höher sein für den Fall, dass entweder die Steuer bis 2030 an die Inflation angepasst wird oder sich Kerosinpreise niedriger gestalten als erwartet (woraufhin die Steuer ein relativ höheres Gewicht für den Gesamtpreis des Kerosins hätte). So würde eine an die Inflation angepasste Energiesteuer die betrachteten Emissionen um 16,6 % mindern.

In den Jahren 2016 bis 2019 bewegte sich der Kerosinpreis zwischen 23 ct/l und 52 ct/l. Legt man den Mittelwert dieses Intervalls (d.h. 37,5 ct/l umgerechnet auf die Preise des Jahres 2010) zugrunde, würde die Energiesteuer eine Emissionsminderung von 24,9 % mit sich bringen. Passt man sie noch

⁶ Das am Öko-Institut entwickelte Modell TEMPS (Transport Emissions and Policy Scenarios) ermöglicht es, den Endenergiebedarf und die Treibhausgasemissionen des Verkehrs für unterschiedliche Szenarien zu quantifizieren und dabei Veränderungen der Verkehrsnachfrage, im Fahrzeugbestand und beim Kraftstoffinsatz, abzubilden.

zusätzlich an die Inflation an, beträgt die Minderung sogar 28,7 %. Dies entspräche Emissionseinsparungen von 0,6 Mio. Tonnen CO₂.

4.5 Einordnung der Ergebnisse

Der Flugverkehr ist unter allen Verkehrsarten die am schnellsten wachsende (Repenning et al. 2018). Diese kurze Analyse hat gezeigt, dass die Erhebung der Energiesteuer von 65 ct/l einen substantziellen Unterschied für die Nachfrage nach innerdeutschen Flügen haben könnte. Je nach angenommenem Szenario erscheinen Emissionsminderungen in der Größenordnung von 14 % bis knapp 29 % durchaus realistisch. In absoluten Werten entspricht dies einer Reduktion der jährlichen Emissionen von 0,3 Mio. bis 0,6 Mio. Tonnen CO₂.

Zur rein nationalen Umsetzung dieser Steuer müssten die notwendigen administrativen Voraussetzungen geschaffen werden, beispielsweise um festzustellen, welcher Anteil des getankten Kerosins bei Flugzeugen, die nicht nur Ziele in Deutschland, sondern auch im Ausland anfliegen, tatsächlich im Inland verbraucht wurde.

Eine Ausweitung der Besteuerung auch für Auslandsflüge würde diese Problematik beseitigen (zumindest teilweise, da ein gewisses Ausmaß an Ausweichreaktionen auf außerdeutsche Flughäfen kaum zu vermeiden wäre, solange die Besteuerung nicht auch in anderen Ländern angepasst würde). Sie wäre auch aus einer Klimaschutz-Perspektive attraktiv: Während auf Inlandsflüge nur ein relativ geringer Anteil von ca. 2 Mio. t CO₂ entfällt, schlugen Auslandsflüge 2017 mit gut 25 Mio. t CO₂ zu Buche (Knörr et al. 2018). Diese Fernflüge, insbesondere ins nicht-europäische Ausland, haben im Vergleich zu Inlandsflügen sogar eine noch stärkere Klimawirkung pro emittierter Tonne CO₂. Dies liegt an den zusätzlichen klimarelevanten Nicht-CO₂-Effekten, die aus den höheren Flughöhen von Fernflügen resultieren.

Allerdings besteht hier Grund zu der Sorge, dass ein deutscher Alleingang zu Verzerrungen führen könnte, da Fluglinien sich entscheiden könnten, ihre Routen so zu gestalten, dass sie in Ländern auftanken können, die keine Kerosinsteuer erheben. Ferner wäre eine Besteuerung auf Flüge in Ländern, welchen im Rahmen des Chicagoer Abkommens eine Befreiung von Steuern und Abgaben eingeräumt wird, nur möglich, wenn bilaterale Abkommen mit den entsprechenden Staaten geschlossen würden (Deutscher Bundestag 2019b). Dies gilt ebenfalls für alle Flüge in EU-Mitgliedstaaten.

5 Höchstgeschwindigkeiten auf Land- und Bundesstraßen sowie innerorts

5.1 Kurzbeschreibung der Maßnahme oder des Instruments

Die Vorteile von Geschwindigkeitsbegrenzungen, wie beispielsweise vermiedene Verkehrstote sowie weniger Lärmbelästigung, sind hinreichend bekannt. Auch wurden die Auswirkungen eines Tempolimits auf die CO₂-Emissionen für deutsche Autobahnen bereits breit diskutiert und in einigen wissenschaftlichen Studien untersucht (UBA 2020b). Für Landstraßen und innerhalb geschlossener Ortschaften existieren jedoch nur Schätzungen für einzelne Fallbeispiele. Eine Evaluation möglicher Effekte einer flächendeckenden Geschwindigkeitsbegrenzung auf Landstraßen und innerorts liegt aktuell nicht vor.

Aus diesem Grund orientiert sich diese Kurzstudie an verfügbaren Daten, um eine Aussage darüber zu treffen, Effekte welcher Größenordnung durch eine bundesweite Verschärfung der Tempolimits für Pkw auf Landstraßen und innerorts zu erwarten wären. Konkret nimmt das untersuchte Szenario eine flächendeckende Geschwindigkeitsbeschränkung von 80 km/h für Land- und Bundesstraßen (aber nicht für Autobahnen) und 30 km/h innerorts an.

5.2 Annahmen

Das Potenzial zur Minderung der CO₂-Emissionen wird im Folgenden beschränkt auf das direkte Minderungspotenzial, also die Reduktion des Energieverbrauchs durch das langsamere Fahren von Pkw. Es werden entsprechend weitere, potenzielle Effekte gemäß den folgenden Annahmen nicht berücksichtigt:

1. Die gefahrenen Personenkilometer bleiben konstant

Hier könnte argumentiert werden, dass eine Reduzierung der Höchstgeschwindigkeiten das Autofahren weniger attraktiv machen und so beispielsweise einen Umstieg auf die Schiene begünstigen würde. Andererseits ist es aber auch vorstellbar, dass besserer Verkehrsfluss und höhere Sicherheit (d.h. geringere Unfallgefahr) das Autofahren für zumindest einige Verkehrsteilnehmer*innen attraktiver machen.

2. Die Zusammensetzung der Fahrzeugflotte ändert sich nicht

Langfristig wäre es denkbar, dass Geschwindigkeitsbegrenzungen einen Anreiz für den Kauf kleinerer, weniger leistungsfähiger Autos darstellen, da die Leistung PS-starker Pkw weniger „ausgefahren“ werden kann. Dieser Effekt ist aber wahrscheinlich v.a. für die Geschwindigkeitsbegrenzung auf Autobahnen relevant, welche hier nicht betrachtet wird.

3. Der Anteil der Übertretungen bleibt konstant

In der Realität ist wahrscheinlich davon auszugehen, dass striktere Tempolimits öfter missachtet werden. Dem steht entgegen, dass eine Übertretung bei niedrigeren Begrenzungen weniger stark ins Gewicht fällt (d.h. die zusätzlichen Emissionen, die bei einer Übertretung von 100 km/h bei erlaubten 80 km/h entstehen sind geringer als diejenigen einer Übertretung von 120 km/h bei erlaubten 100 km/h).

5.3 Abschätzungsmethodik

Auf Landstraßen

Daten zum Verkehrsaufkommen werden für das Jahr 2018 dem Emissionsberechnungsmodell Tremod 6.03 entnommen (Knörr et al. 2018). Das Verkehrsaufkommen ist dort in drei Bereiche unterteilt: Autobahnen (AB), außerorts (AO) und innerorts (IO). Für die Abschätzung stützen wir uns auf die in diesen Verkehren anfallenden CO₂-Emissionen, um zu berücksichtigen, dass Verkehr in unterschiedlichen Situationen (aufgrund unterschiedlicher Geschwindigkeiten und evtl. Fahrzeugtypen) unterschiedliche Emissionsintensitäten aufweist. Hierbei berücksichtigen wir die direkten Emissionen, die bei der Verbrennung entstehen (also ohne deren Vorketten, Biokraftstoffe und Strom werden nach Inventarlogik mit Null bilanziert) nach dem Inlandsprinzip. Diese Abschätzung zeigt, dass sich im Jahr 2018 Pkw-Emissionen für Autobahnen, außerorts sowie innerorts mit 39,5 Mt CO₂, 41,5 Mt CO₂ und 35,6 Mt CO₂ in vergleichbaren Größenordnungen bewegten.

Tabelle 10: Pkw-CO₂-Emissionen nach Verkehrstyp

	Autobahnen	Außerorts	Innerorts
Mt CO ₂	39,5	41,5	35,6

Daten zu Emissionsintensitäten verschiedener Verkehrsarten bei verschiedenen Geschwindigkeitsbegrenzung entnehmen wir dem Handbuch Emissionsfaktoren HBEFA Version 3.3 (Keller et al. 2017). Dort werden Emissionsfaktoren für Pkw unter anderem differenziert nach Geschwindigkeit, Verkehrsfluss, Straßentyp oder Gradient (Steigung) angegeben. Verkehr, der als ‚Stop + Go‘ klassifiziert ist, wird nicht berücksichtigt, da für diesen keine Veränderungen durch ein Tempolimit zu erwarten ist. Emissionsfaktoren für Tempolimits 80 und 100 sind beispielhaft in Tabelle 11 angegeben.

Tabelle 11: Emissionsfaktoren von Pkw in g CO₂/km für Tempolimits 80 (links) und 100 (rechts) für Fernstraßen, Hauptverkehrsstraßen sowie kurvige Hauptverkehrsstraßen nach Steigung differenziert.

	Tempo 80				Tempo 100			
	0 %	+/-2 %	+/-4 %	+/-6 %	0 %	+/-2 %	+/-4 %	+/-6 %
Fernstraßen								
flüssig	126,2	127,8	131,9	147,4	138,2	138,8	143,1	157,6
dicht	131,5	133,6	139,6	154,3	138,6	141,2	147,7	162,1
gesättigt	159,2	162,7	169,2	182,0	145,3	148,0	155,9	170,2
Hauptverkehrsstraßen⁷								
flüssig	130,4	131,9	138,0	152,6	144,0	145,1	150,9	165,3
dicht	129,8	130,8	135,7	151,3	134,3	136,5	142,5	157,5
gesättigt	169,0	172,9	181,6	196,6	150,3	153,3	160,4	174,8
Hauptverkehrsstraßen, kurvig								
flüssig	143,3	144,9	149,4	163,1	151,7	153,0	157,7	171,5

⁷ Höhere Emissionsfaktoren für flüssigen relativ zu dichtem Verkehr lassen sich durch höhere Geschwindigkeiten für ersteren erklären.

Tempo 80					Tempo 100				
dicht	146,9	148,3	154,9	169,0	147,4	149,3	156,2	171,4	
gesättigt	182,5	184,1	192,2	203,8	179,6	181,5	187,5	197,5	

Quelle: Keller et al. (2017).

Da im Zentrum dieser Analyse die prozentuale Minderung durch eine Maßnahme steht, nutzen wir die Differenz der Emissionsfaktoren zwischen zwei gegebenen Geschwindigkeitsbegrenzungen, gewichtet mit der relativen Häufigkeit des entsprechenden Verkehrsflusses und Straßentyps.

Die untersuchten Maßnahmen haben nur einen Effekt für Straßen, für die noch keine verschärften Tempolimits gelten. Ferner gibt es Straßen, die momentan keinem Tempolimit unterliegen, aber auf denen trotzdem (beispielsweise aufgrund von hohem Verkehrsaufkommen oder vielen Kurven) der Verkehr meist deutlich unter der zulässigen Höchstgeschwindigkeit bleibt. So lag beispielsweise laut Tremod auf Landstraßen (Hauptverkehrsstraßen) mit Tempolimit 100 die Durchschnittsgeschwindigkeit bei ‚dichtem‘ Verkehr bei etwa 77 km/h, bei ‚gesättigtem‘ gar nur bei knapp über 50 km/h.

Daher ist es notwendig, Annahmen darüber zu treffen, welcher Anteil der vorhandenen Straßen jeweils von der untersuchten Maßnahme tatsächlich betroffen wäre. In Anbetracht der Datenlage schätzen wir eine Spannweite von 40 – 60 % als plausibel ein.

Die Emissionsminderung relativ zu den gesamten Pkw-Emissionen lässt sich wie folgt berechnen:

$$\text{Einsparung (in \%)} = (1 - \text{Emissionsintensität mit Tempolimit} / \text{Emissionsintensität ohne Tempolimit}) * (\text{Verkehr auf Straßen dieses Typs, für welche das Tempolimit bindend wäre} / \text{Verkehr auf Straßen dieses Typs insgesamt}) * (\text{Gesamt-Pkw-Emissionen dieses Straßentyps} / \text{Gesamt-Pkw-Emissionen})$$

In Ortschaften

Für eine Geschwindigkeitsbegrenzung innerhalb von Ortschaften spielen zwei Effekte eine Rolle: Unter bestimmten Bedingungen kann ein Fahrzeug mit Verbrennungsmotor bei 30 km/h eine geringere Effizienz als bei 50 km/h aufweisen, wodurch die CO₂-Emissionen innerorts bei reduzierter Geschwindigkeit sogar steigen könnten (Deutscher Bundestag 2019a). Einen großen Einfluss hat auch das Verkehrsgeschehen. So sind die CO₂-Emissionsfaktoren in HBEFA bei dichtem Verkehr bei 30 km/h niedriger als bei 50 km/h. Bei flüssigem Verkehr hingegen sind die CO₂-Emissionen bei 30 km/h geringfügig höher als bei 50 km/h.

Auf der anderen Seite bringt Tempo 30 innerorts weitere Vorteile. So nimmt beispielsweise die Verkehrssicherheit zu, Lärmemissionen werden vermindert und die Aufenthaltsqualität wird gesteigert. Dabei wird der Autoverkehr nicht stark eingeschränkt. Zudem ermöglicht die verminderte Geschwindigkeit eine Verlagerung zugunsten des Fuß- und Radverkehrs, wodurch CO₂-Emissionen vermieden werden (UBA 2016b).

Bezogen auf den Endenergiebedarf können Tempolimits innerorts mit einem wachsenden Anteil an E-Pkws Vorteile mit sich bringen. Ein flächendeckendes Tempolimit von 30 km/h in Ortschaften wäre auch bei einem wachsenden Anteil von E-Pkw vorteilhaft (siehe z.B. Repenning et al. (2018)): der geringere Energieverbrauch bei Tempo 30 verglichen mit Tempo 50 hätte auch einen geringeren Bedarf an emissionsfrei produziertem Strom zur Folge.

5.4 Erwartete THG-Einsparungen

Auf Land- und Bundesstraßen

Tabelle 12 zeigt, dass ein Tempolimit bei Fernstraßen und Hauptverkehrsstraßen zu substantziellen CO₂-Emissionsminderungen von 8,2 % und 8,8 % führen könnte. Hingegen liegen die Einsparungen bei Hauptverkehrsstraßen die als ‚kurvig‘ klassifiziert sind deutlich niedriger und betragen nur etwa 0,7 %. Dies erscheint plausibel, da davon auszugehen ist, dass auf kurvigen Straßen selbst ohne Tempolimit deutlich niedrigere Geschwindigkeiten gefahren werden. Dies wird durch die HBEFA-Daten bestätigt, die für kurvige Hauptverkehrsstraßen mit Tempolimit 100 bei flüssigem Verkehr eine Durchschnittsgeschwindigkeit von etwa 85 km/h angeben, während diese bei regulären Hauptverkehrsstraßen bei etwa 96 km/h liegt.

Tabelle 12: CO₂-Emissionsminderung von Pkw bei Tempolimit 80 gegenüber Tempolimit 100 auf Landstraßen.

Straßentyp	Emissionsminderung (in %)
Fernstraßen	-8,2
Hauptverkehrsstraßen	-8,8
Hauptverkehrsstraßen, kurvig	-0,7
Gewichtetes Mittel:	-4,3

Quelle: Keller et al. (2017)

Gemittelt über die relative Häufigkeit des Verkehrs über die verschiedenen Straßentypen ergibt sich eine CO₂-Emissionsminderung von 4,3 % für solche Straßen, für welche das Tempolimit greift (d.h. für welche nicht bereits ein Tempolimit besteht oder aufgrund z.B. der Beschaffenheit der Straße auch ohne Tempolimit langsamer gefahren wird). Unter der Annahme, dass dies für ca. 40 %-60 % der Landstraßen der Fall ist, ergibt sich eine Minderung der CO₂-Emissionen auf Landstraßen von 1,7 % - 2,6 %. In Anbetracht der Tatsache, dass der Verkehr auf Landstraßen ca. 35,6 % der Pkw-Emissionen verursacht (vgl. Tabelle 10), entspricht dies etwa 0,6 % - 0,9 % der gesamten Pkw-Emissionen in Deutschland.

Bezogen auf eine Referenzentwicklung von CO₂-Emissionen des MIV im Jahr 2030 in Höhe von 76,2 Mio. t (UBA 2020a) liegt das Einsparpotenzial durch die Einführung einer Geschwindigkeitsbegrenzung auf Land- und Bundesstraßen im Bereich von 0,5 bis 0,7 Mt CO₂.

In Ortschaften

Aufgrund der technischen Auslegung von Pkw ist nicht zu erwarten, dass ein Tempolimit von 30 km/h in Ortschaften zu einer nennenswerten, direkten Reduktion der CO₂-Emissionen führen wird.

Tempo 30 ist jedoch eine Voraussetzung dafür, dass die Mobilitätswende in Städten gelingt. Aufgrund einer steigenden Verkehrssicherheit unterstützt eine flächendeckende Geschwindigkeitsbegrenzung von 30 km/h in Ortschaften die Förderung des Rad- und Fußverkehrs und hat damit indirekte Effekte auf die CO₂-Emissionen.

5.5 Einordnung der Ergebnisse

Auf Basis unserer Abschätzung könnte eine Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h auf Landstraßen die CO₂-Emissionen des Pkw-Verkehrs um ca. 0,6 % - 0,9 % und damit um 0,5 bis 0,7 Mt CO₂ im Jahr 2030 senken. Auch wenn diese Minderung relativ moderat erscheint, leistet diese Maßnahme einen Beitrag zur Verkehrswende. Dies gilt insbesondere, wenn man weitere Vorteile einer Geschwindigkeitsbegrenzung – z.B. weniger Unfälle und geringere Lärmbelästigung – in die Betrachtung mit einfließen lässt.

Aufgrund begrenzter Verfügbarkeit von Daten zu Verkehrsflüssen und Geschwindigkeitsverteilungen in Ortschaften kann keine solide Bewertung vorgenommen werden, welchen Effekt Tempo 30 innerorts auf den Ausstoß von Treibhausgasen hätte. Jedoch gilt es hervorzuheben, dass eine Geschwindigkeitsbegrenzung von 30 km/h einen wesentlichen Baustein zur Mobilitätswende darstellt. Tempo 30 kann die Luftschadstoffbelastung bei einer Verbesserung der Qualität des Verkehrsflusses reduzieren und führt in der Mehrzahl der untersuchten Fälle zu wahrnehmbaren Lärmentlastungen. Dazu tragen vor allem nachts auch die geringeren Lärmspitzen bei. Hinzu kommt der Vorteil der höheren Verkehrssicherheit, die u.a. den Rad- und Fußverkehr fördert sowie eine höhere Aufenthaltsqualität (UBA 2016b).

6 Verpflichtendes Mobilitätsmanagement

6.1 Kurzbeschreibung der Maßnahme oder des Instruments

Mobilitätsmanagement kann den spezifischen CO₂-Ausstoß einer Behörde oder eines Unternehmens signifikant senken und so ein hilfreiches Mittel zur CO₂-Minderung im Verkehr sein. Mobilitätsmanagement ist ein Überbegriff für verschiedene Maßnahmen, die ein Unternehmen oder eine Behörde treffen kann, um die betrieblich bedingte Mobilität sowie die Arbeitswege der Mitarbeitenden zu beeinflussen. Grundsätzlich sind verschiedene Facetten denkbar. Angefangen von einer einfachen Informationsbereitstellung zu ökologisch nachhaltigerer Mobilität, über die Implementierung einer betriebsinternen Mitfahrbörse, hin zur Etablierung von Anreizsystemen wie beispielsweise einer Subvention von Tickets für öffentliche Verkehrsmittel oder einer Reduktion von Parkplätzen am Arbeitsplatz. Je nach Konzept können sowohl Ansätze zur Wegevermeidung, wie beispielsweise durch das Bereitstellen von Home-Office-Möglichkeiten oder Videokonferenzen, als auch Ansätze zum Wechsel des genutzten Verkehrsmittels verfolgt werden. Die Attraktivität sowie die Effektivität der einzelnen Maßnahmen ist individuell vom Unternehmen beziehungsweise der Behörde abhängig (UBA 2019a).

Zur weiteren Verbreitung von Mobilitätsmanagementkonzepten gab und gibt es Aktionsprogramme von Bund, Ländern und Kommunen, die Unternehmen zu Veränderungen motivieren und die Erfolge verschiedener Maßnahmen verdeutlichen sollen.

Im Folgenden wird die Vermeidung von Treibhausgasemissionen durch die Einführung eines verpflichtenden Mobilitätsmanagements in allen obersten Bundesbehörden und deren Geschäftsbereichen sowie in (privaten und kommunalen) Unternehmen ab 250 Mitarbeitenden im Rahmen der verfügbaren Daten abgeschätzt.

6.2 Annahmen

Aufgrund der mangelhaften Datenlage müssen zur Abschätzung der Einsparungspotenziale durch die Einführung von alternativen Mobilitätskonzepten im Rahmen eines Mobilitätsmanagementkonzepts mehrere Annahmen getroffen werden. Insbesondere fehlen bis jetzt direkte Vorher-Nachher-Studien, die den Erfolg von bestimmten Maßnahmen quantifizieren.

Im Rahmen des Aktionsprogramms „effizient mobil“ wurde der Erfolg verschiedener Maßnahmen aggregiert quantifiziert. Die gewonnenen Erkenntnisse können, unter Annahmen, für eine Abschätzung der CO₂-Einsparpotenziale der Maßnahme genutzt werden.

Für das weitere Vorgehen muss angenommen werden, dass bereits gewonnene Erkenntnisse aus vorherigen Mobilitätsmanagementstudien, allen voran „effizient mobil“ (dena 2010), repräsentativ für Deutschland sind und so auch für die folgende Abschätzung genutzt werden können. Ferner muss zusätzlich angenommen werden, dass sich Mitarbeitende in den obersten Bundesbehörden und deren Geschäftsbehörden sowie in (privaten und kommunalen) Unternehmen ab 250 Mitarbeitenden in ihren Mobilitätsmustern nicht vom Durchschnitt Erwerbstätiger in Deutschland unterscheiden. Unter diesen Voraussetzungen lassen sich die Mobilitätsdaten der Studie „Mobilität in Deutschland“ (MiD) 2017 nutzen, um die CO₂-Minderungspotenziale der Einführung eines verpflichtenden (und ambitionierten) betrieblichen Mobilitätsmanagements in Bundesbehörden sowie großen Unternehmen mit 250 und mehr Mitarbeitenden abzuschätzen.

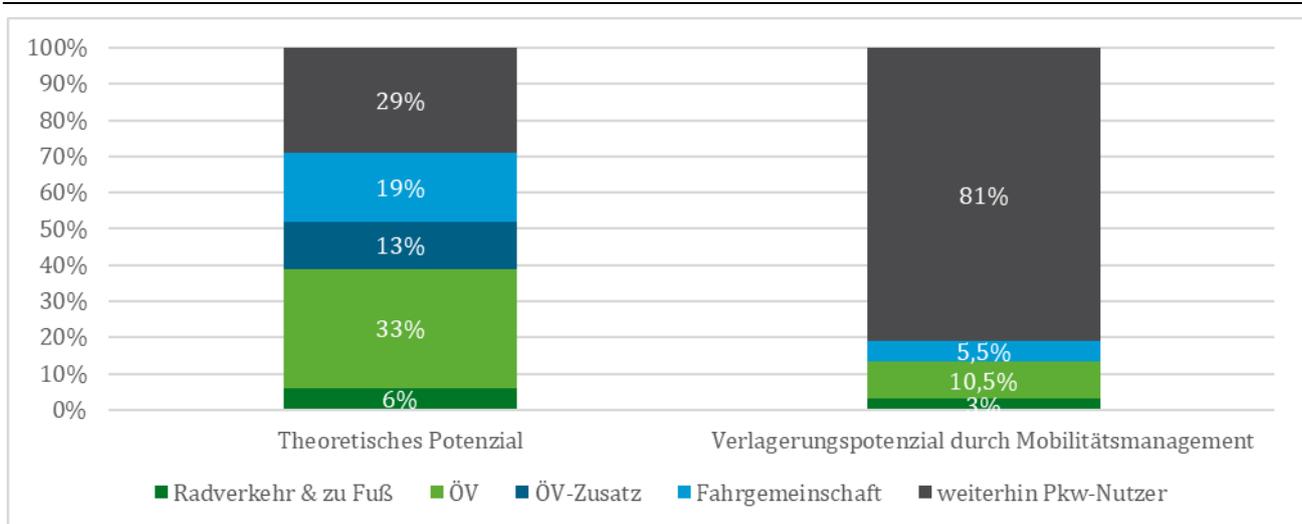
6.3 Abschätzungsmethodik

Ausgehend von der durchschnittlichen Mobilität Erwerbstätiger lässt sich auf Basis der Verlagerungspotenziale der Studie „effizient mobil“ und den Mobilitätsdaten der MiD eine Änderung des Mobilitätsverhaltens auf Arbeitswegen pro Person berechnen, welche sich mithilfe von Informationsquellen zu den Zahlen der Mitarbeitenden der Bundesbehörden und Großunternehmen hochrechnen lässt.

Folgende Abbildung verdeutlicht das in der Studie „effizient mobil“ quantifizierte Verlagerungs- bzw. Einsparungspotenzial. Das theoretische Potenzial, welches im Rahmen einer Befragung ermittelt wurde, zeigt die anhand vorhandener Infrastruktur maximal mögliche Verlagerung bei der Verkehrsmittelwahl von Mitarbeitenden an. So haben beispielsweise 6 % der Pkw-Nutzer*innen die Möglichkeit, ihren Arbeitsweg auch zu Fuß oder mit dem Fahrrad zurückzulegen, da sie lediglich 5 Kilometer oder weniger vom Arbeitsplatz entfernt wohnen und keine Einschränkungen vorliegen, die einen Umstieg verhindern würden. Der größte Teil der Beschäftigten, die den Pkw auf dem Weg zur Arbeit nutzen, hätten die Möglichkeit auf den Öffentlichen Verkehr (ÖV) umzusteigen. Weitere 13 % könnten sich vorstellen auf den ÖV umzusteigen, wenn das Angebot weiter ausgebaut wird. 19 % könnten auf eine Fahrgemeinschaft zurückgreifen anstelle allein mit dem Pkw zur Arbeit zu fahren.

Das volle theoretische Einsparpotenzial von 71 % kann jedoch nicht alleine durch Mobilitätsmanagement realisiert werden. Die Studie „effizient mobil“ schätzt auf Basis der in den Konzepten zum Mobilitätsmanagement vorgeschlagenen Maßnahmen der partizipierenden Unternehmen, dass etwa 19 % der Pkw-Fahrten durch Maßnahmen im Rahmen eines eingeführten Mobilitätsmanagements verlagert werden können.

Abbildung 1: Verlagerungspotenzial bei bisheriger Pkw-Nutzung im Rahmen des Aktionsprogramms „effizient mobil“



Darstellung nach dena (2010)

Ausgehend von der Veränderung des Modal-Splits, induziert durch das Mobilitätsmanagement, lässt sich dann eine durchschnittliche Anpassung der gefahrenen Kilometer pro Person berechnen, die in einem weiteren Schritt auf Basis der Beschäftigungszahlen in den oberen Bundesbehörden und deren Geschäftsbehörden und Großunternehmen hochgerechnet werden kann.

Grundsätzlich ist bei einer besonders ambitionierten Ausgestaltung des betrieblichen Mobilitätsmanagements, was aus einer Kombination aus Push und Pull besteht, noch ein höheres Verlagerungspotenzial möglich. Ein besonders positives Beispiel von erfolgreichem Mobilitätsmanagement ist bei der „IHK Darmstadt Rhein Main Neckar“ verzeichnet worden. Dort

wurde beispielsweise mit der Einführung von Parkraummanagement, Job-Tickets und Förderung des Radverkehrs die MIV-Nutzung auf Arbeitswegen der Mitarbeitenden von 70 % auf unter 30 % gesenkt; bei gleichzeitiger Erhöhung der ÖPNV Nutzung um über 20 % und dem täglichen Radverkehr um 7 %. Mithilfe der Abschaffung kostenloser Parkplätze vor Ort und der Einführung von Job-Tickets wurde in diesem Fall ein erheblicher Anteil der Mitarbeitenden zum Umschwenken vom Pkw hin zu alternativen Verkehrsmitteln auf dem Weg zur Arbeit motiviert (Mittelstandsinitiative Energiewende und Klimaschutz 2020). Bei den Potenzialbetrachtungen im Folgenden wird von einer moderateren – und damit wahrscheinlich auch realistischeren – Ausgestaltung ausgegangen und auf die Ergebnisse von „effizient mobil“ zurückgegriffen. Da aber auch dieses Potential auf Schätzungen beruht, wird folgend eine Bandbreite angegeben, die berücksichtigt, dass durch die Einführung von Maßnahmen im Rahmen von verpflichtendem Mobilitätsmanagement nicht in allen Unternehmen und Behörden das beschriebene Minderungspotential von 19 % erreicht wird.

Die Wirkung der Maßnahme wird über die Veränderung des Modal-Splits durch die Einführung des Mobilitätsmanagements quantifiziert. Die folgende Tabelle zeigt die durch die Mobilitätsmanagement induzierte Veränderung des Modal-Splits für den Fall, dass das volle Minderungspotential von 19 % abgerufen wird. Der Anteil des MIV (Fahrer) nimmt in diesem Rahmen um etwa 12 Prozentpunkte ab, während die Anteile der anderen Verkehrsmittel zunehmen.

Tabelle 13: Modal-Split auf Arbeitswegen nach Personenkilometern

	Zu Fuß/Fahrrad	MIV (Fahrer)	MIV (Mitfahrer)	ÖV
Status Quo	5 %	59 %	9 %	27 %
Nach Verlagerung durch Mobilitätsmanagement	7 %	47 %	13 %	33 %

Die Verkehrsnachfrage bleibt unangetastet. Zum Abschätzen der absoluten Veränderung der gefahrenen Kilometer zwischen den verschiedenen Verkehrsmitteln ist zunächst die Zahl der betroffenen Mitarbeitenden in den obersten Bundesbehörden und deren Geschäftsbehörden als auch von Unternehmen über 250 Mitarbeitenden festzustellen. Für Erstere werden die Zahlen der Mitarbeitenden des öffentlichen Diensts auf Bundesebene (Stand 2018) dem Statistischen Jahrbuch 2019 entnommen (Destatis 2019b). Demzufolge arbeiten rund 496.300 Mitarbeitende auf Bundesebene, wovon rund 30.000 Mitarbeitende allein auf die obersten Bundesbehörden fallen.

Dem Unternehmensregister nach arbeiten 2019 rund 15,231 Millionen Beschäftigte in Unternehmen mit 250 und mehr Mitarbeitern (Destatis 2019c).

In der MiD 2017 verzeichnen knapp 89 % der Erwerbstätigen einen Arbeitsweg am Tag. Rund 65 % der Erwerbstätigen mit Arbeitsweg legen diesen mit dem MIV als Fahrer zurück. Das gleiche Mobilitätsmuster wird für die Mitarbeitenden der obersten Bundesbehörden und deren Geschäftsbehörden als auch für die Mitarbeitenden von Unternehmen mit mindestens 250 Mitarbeitenden unterstellt. Daraus ergibt sich die folgende tägliche Verkehrsnachfrage im Status Quo:

Auf den 1.753 Millionen Personenkilometern pro Tag, die mit MIV (Fahrer) zurückgelegt werden, entfallen 437,8 Millionen auf zurückgelegte Arbeitswege. Von denen entfallen, ausgehend von den Zahlen der Mitarbeitenden für Unternehmen mit 250 und mehr Arbeitnehmenden, rund 191 Millionen der zurückgelegten Kilometer auf Mitarbeitende von großen Unternehmen. Weiter entfallen rund 4,8 Millionen von den 437,8 Millionen Personenkilometern auf Arbeitswegen auf MIV (Fahrer) von Mitarbeitenden der obersten Bundesbehörden und deren Geschäftsbehörden.

Unterstellt man nun den angepassten Modal-Split durch die Einführung des Mobilitätsmanagements, wie in Tabelle 13 aufgeführt, verschiebt sich die Verkehrsnachfrage der Mitarbeitenden von großen Unternehmen, wenn die Entfaltung des vollen Minderungspotentials unterstellt wird.

Die gleiche Vorgehensweise wird für die Mitarbeitenden der obersten Bundesbehörden und deren Geschäftsbehörden angewendet und ergibt die in Tabelle 14 dargestellten Ergebnisse.

Tabelle 14: Verkehrsnachfrage in Millionen Personenkilometern pro Tag

	MIV (Fahrer)	MIV (Mitfahrer)	ÖV	Fahrrad & zu Fuß
Status Quo (alle Wege, Gesamtdeutschland)	1754	650	605	205
Davon auf Arbeitswegen	438	66	200	37
Darunter Arbeitswege von Mitarbeitenden großer Unternehmen	191	29	87	16
Darunter Arbeitswege von Mitarbeitenden der obersten Bundesbehörden und deren Geschäftsbereichen	4,8	0,7	2,2	0,4

Tabelle 15: Verkehrsnachfrage und Anpassung in Millionen Personenkilometern pro Tag von großen Unternehmen

	MIV (Fahrer)	MIV (Mitfahrer)	ÖV	Fahrrad & zu Fuß
Status Quo	191	29	87	16
Verlagerung durch Mobilitätsmanagement	152	41	107	23
Veränderung	-39	+ 12	+ 20	+ 7

Summiert man die Veränderung der täglichen Verkehrsnachfrage nach Verkehrsmittel auf und zieht diese Summe dann wiederum von der täglichen Gesamtverkehrsnachfrage ab, ergibt sich die neue Verkehrsnachfrage. Die obere Grenze der Bandbreite des Minderungspotentials der Maßnahme ergibt sich aus der Summe der Verkehrsnachfrage im Status Quo und der neuen Verkehrsnachfrage wie in Tabelle 18 dargestellt.

Während der Anteil des MIV (Fahrer) mit 2,3 % gegenüber dem Status Quo vor der Einführung des Mobilitätsmanagements sinkt, steigen die Anteile der restlichen Verkehrsmittel an der Verkehrsnachfrage. Mit einem Zuwachs von 3,4 % verzeichnet der öffentliche Personenverkehr den stärksten Zuwachs gefolgt von Fahrrad und zu Fuß. Gleichzeitig steigt aber auch der durchschnittliche Besetzungsgrad von Fahrzeugen auf dem Weg zur Arbeit.

6.4 Erwartete THG-Einsparungen und Einordnung der Ergebnisse

Unter Berücksichtigung der gewonnenen Erkenntnisse zur Reaktion der Verkehrsnachfrage auf die Implementierung von verpflichtendem Mobilitätsmanagement in den obersten Bundesbehörden und deren Geschäftsbehörden als auch in Unternehmen mit über 250 Mitarbeitenden, wie in Tabelle 17 dargestellt, lässt sich eine Abschätzung für das Jahr 2030 auf Basis der Emissionen des Pkw- und ÖV-Verkehrs aus der Bewertung des Klimaschutzprogramms 2030⁸ machen. Vorausgesetzt wird die Annahme, dass die gesamte Verkehrsnachfrage und die Zahl der Mitarbeitenden konstant bleiben. Die

⁸ Teilbericht des Projektes „THG-Projektion: Weiterentwicklung der Methoden und Umsetzung der EU-Effort Sharing Decision im Projektionsbericht 2019 („Politiksznarien IX“)“ (UBA 2020a)

verringerte Verkehrsnachfrage des MIV (Fahrer) führt im Fall der vollen Entfaltung des Einsparpotentials von 19 % zu Minderemissionen von 1,7 Mt CO₂, der häufiger genutzte ÖV zu Mehremissionen von 0,07 Mt CO₂. Da das Minderungspotential auf einer Schätzung beruht und davon auszugehen ist, dass Unternehmen und Behörden nicht alle das volle Potential abrufen können, wird für die Berechnung der unteren Grenze der Bandbreite pauschal angenommen, dass durchschnittlich lediglich drei Viertel des Potentials erreicht werden. Folglich verringern sich sowohl die Minderemissionen durch die verringerte Verkehrsnachfrage als MIV Fahrer (nämlich auf 1,3 Mt CO₂) als auch die Mehremissionen durch die erhöhte ÖV Nutzung (nämlich auf 0,05 Mt CO₂).

Folglich ergibt sich ein CO₂-Minderungspotential für die Einführung von verpflichtendem Mobilitätsmanagement in allen obersten Bundesbehörden und deren Geschäftsbereichen sowie in (privaten und kommunalen) Unternehmen ab 250 Mitarbeitenden von 1,2 bis 1,7 Mt.

Tabelle 16: Verkehrsnachfrage und Anpassung in Millionen Personenkilometern pro Tag von obersten Bundesbehörden und deren Geschäftsbehörden

	MIV (Fahrer)	MIV (Mitfahrer)	ÖV	Fahrrad & zu Fuß
Status Quo	4,8	0,7	2,1	0,4
Verlagerung durch Mobilitätsmanagement	3,8	1,0	2,6	0,6
Veränderung	- 1	+ 0,3	+ 0,5	+ 0,2

Tabelle 17: Veränderung der Gesamtverkehrsnachfrage in Millionen Personenkilometern pro Tag nach Einführung des Mobilitätsmanagements

	MIV (Fahrer)	MIV (Mitfahrer)	ÖV	Fahrrad & zu Fuß
Status Quo: Verkehrsnachfrage (alle Wege)	1754	650	605	205
Veränderung Arbeitswege durch Mobilitätsmanagement	-40	+12	+ 215	+ 7
Verkehrsnachfrage nach Einführung Mobilitätsmanagement	1714	662	626	212
Veränderung der Verkehrsnachfrage nach Einführung des Mobilitätsmanagements gegenüber dem Status Quo	-2,3 %	+ 1,9 %	+ 3,4 %	+3,3 %

Tabelle 18: CO₂ Minderungspotential der Maßnahme Mobilitätsmanagement in Mio. t, jährliche Angabe, obere Grenze der Bandbreite

		CO ₂ -Emissionen in der Referenz 2030	Veränderung durch die Einführung des Mobilitätsmanagements	CO ₂ -Emissionen mit eingeführtem Mobilitätsmanagement
Untere Grenze	ÖV	2,0	+ 0,07	2,1
	MIV	76,2	-1,7	74,4
	Summe	78,2	-1,7	76,5
Obere Grenze	ÖV	2,0	+ 0,05	2,1
	MIV	76,2	-1,3	74,8
	Summe	78,2	-1,2	76,9

7 Pkw-Reduktion durch Carsharing

7.1 Kurzbeschreibung der Maßnahme oder des Instruments

Carsharing ist schon heute eine attraktive Alternative zum eigenen Pkw. Insbesondere in großen Städten ist bereits jetzt ein signifikanter Teil der Bevölkerung bei einem Carsharing-Anbieter angemeldet und kann somit auf einen Pkw zurückgreifen, wenn nötig.

Im Sinne des Carsharing-Gesetzes wird zwischen zwei Carsharing-Arten unterschieden:

- ▶ Stationsunabhängiges Carsharing ist ein Angebotsmodell, bei dem die Nutzung des Fahrzeugs ohne Rücksicht auf vorab örtlich festgelegte Abhol- und Rückgabestellen begonnen und beendet werden kann.
- ▶ Stationsbasiertes Carsharing ist ein Angebotsmodell, das auf vorab reservierbaren Fahrzeugen und örtlich festgelegten Abhol- oder Rückgabestellen beruht.

Derzeit etabliert sich zusätzlich mehr und mehr das kombinierte Carsharing als Mischform und es gibt sehr viele unterschiedliche Varianten des Carsharings. Sie unterscheiden sich (oft) nicht nur hinsichtlich ihrer Geschäftsmodelle, sondern auch bzgl. Nutzergruppen und Nachhaltigkeitseffekten.

Carsharing kann unterstützen, den privaten Pkw-Besitz sowie den motorisierten Individualverkehr zu reduzieren und (teilweise) auf den Umweltverbund zu verlagern. Weitere positive Umwelteffekte sind die Reduzierung des benötigten Stellplatzbedarfs, die Vermeidung von Emissionen und Lärm, die Erhöhung der Aufenthaltsqualität (v.a. in Städten) sowie die (indirekte) Förderung des Fuß- und Radverkehrs (BMW AG et al. 2016; Loose 2016).

Heute finden sich vor allem in deutschen (Groß-)Städten Angebote wie Stadtmobil, Cambio oder shareNow. Die aus ökologischer Sicht sinnvollen stationären Carsharing-Dienste sind jedoch im Stadtbild oft kaum sichtbar in Hinterhöfen platziert. Das im September 2017 beschlossene Carsharing-Gesetz soll durch dessen Umsetzung auf kommunaler Ebene genau dies ändern und Carsharing im öffentlichen Raum bevorzugen. Damit könnte die geteilte Nutzung von Fahrzeugen den Weg aus der Nische schaffen und Carsharing-Fahrzeuge auch stärker Einzug in Wohnquartiere halten.

Für die Quantifizierung des CO₂-Minderungspotenzials durch Carsharing wird angenommen, dass der Bestand an Fahrzeugen in privaten Haushalten durch Carsharing-Mitgliedschaften um 10 % reduziert wird.

7.2 Annahmen

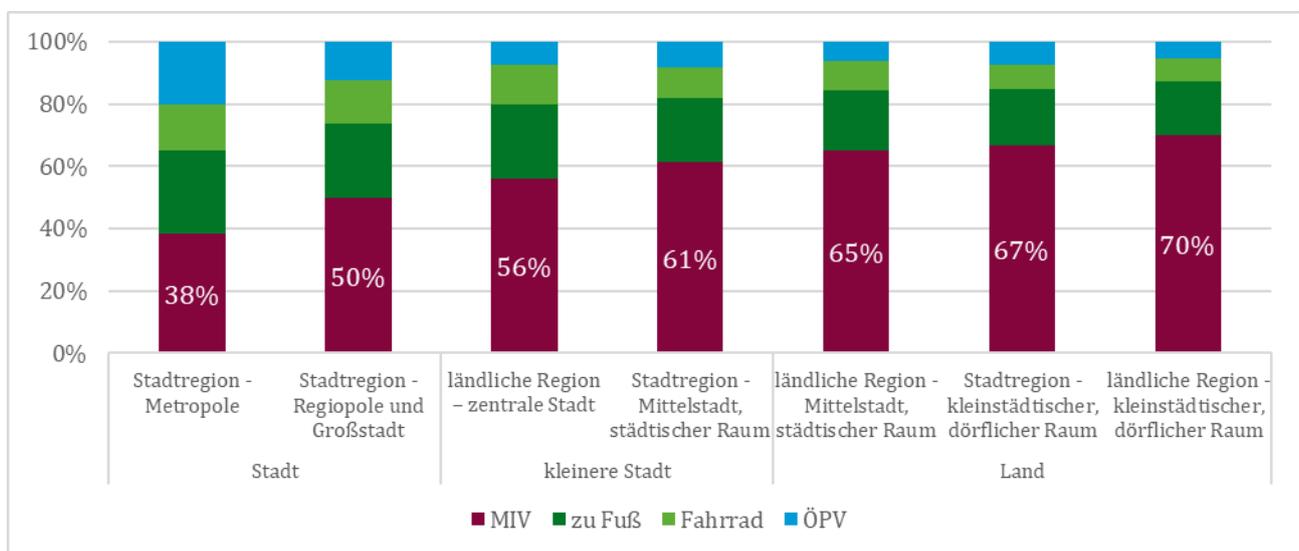
Mittlerweile gibt es einige Studien, die die Auswirkungen von Carsharing untersucht haben. So werden bspw. in Loose (2016), Schreier et al. (2018) oder auch Hülsmann et al. (2018) anhand von Umfragen Veränderungen von Verhaltensmustern von Carsharing-Mitgliedern in großen deutschen Städten vor und nach der Mitgliedschaft analysiert. Eine bundesweite Hochrechnung der gewonnenen Erkenntnisse ist aufgrund der Umfragedesigns und der Stichprobengrößen nur bedingt möglich. Es bietet sich eher an, zur Abschätzung und Hochrechnung möglicher CO₂-Minderung durch Carsharing-Mitgliedschaften für Gesamtdeutschland die MiD 2017 zu nutzen, welche Informationen zur täglichen Mobilität und soziodemografischer Merkmale der Bevölkerung Deutschlands enthält und repräsentativ das Mobilitätsverhalten von Haushalten in Deutschland im Status Quo wiedergibt.

Aufgrund begrenzter Beobachtungszahlen zu Carsharing-Mitgliedschaften in der MiD 2017, welche nicht zwischen stationärem und stationsunabhängigem Carsharing unterscheidet, muss die Betrachtungsebene bzw. das Aggregationsniveau passend gewählt werden. Da Carsharing-Angebote und -Mitgliedschaften auch heute stark von der Region abhängen, gilt es ein Aggregationsniveau zu

finden, welches zum einen die Heterogenität zwischen den Regionen abbilden kann, zum anderen aber auch mit den vorhandenen Daten abbildbar ist. Als Basis stehen verschiedene regionalstatistische Raumtypologien zur Auswahl, wie bspw. die RegioStaR7-Kategorisierung, die Regionen einer von sieben Kategorien zuordnet. Aufgrund niedriger Beobachtungszahlen werden diese 7 Kategorien weiter zu 3 Kategorien zusammengefasst. Dies erfolgt auf Basis des Modal-Splits aller zurückgelegten Wege innerhalb der Kategorien bzw. nach dem Anteil des motorisierten Individualverkehrs (MIV) der jeweiligen Region nach RegioStaR7.

Demnach, wie in Abbildung 2 zu sehen, werden Metropolen und andere Großstädte bzw. Regiopolen der neue Kategorie „Stadt“, zentrale Städte ländlicher Regionen und Mittelstädte aus städtischem Raum der neuen Kategorie „kleine Stadt“ und die restlichen ländlich geprägten Regionen der neuen Kategorie „Land“ zugewiesen. Der Anteil des MIV in der Region Stadt liegt unter 51 %, in der Region kleine Stadt zwischen 56 % und 61 % und in der Region Land zwischen 65 % und 70 %.

Abbildung 2: Modal-Split (Wege) differenziert nach Regionen



Quelle: MiD (2017)

Die Information über die Mitgliedschaft der Studienteilnehmer*innen ist nur für ein Subsample verfügbar. Unter der Annahme der Repräsentativität des Subsamples wird jenes so hochgerechnet, dass es repräsentativ für Deutschland ist.

Weiter wird angenommen, dass die MiD 2017 den Status Quo abbildet und die Verkehrsnachfrage und Bevölkerungszusammensetzung bis 2030 im Grundsatz unverändert bleibt. Es wird davon ausgegangen, dass insbesondere in urbanen Gebieten der Markt für Carsharing weiterwächst und sowohl für Anbieter als auch Nutzer besonders attraktiv ist. Demnach wird per Annahme angenommen, dass vor allem Haushalte in der Stadt, aber auch Haushalte in kleineren Städten, wenn auch weniger, ihr Auto abschaffen. Haushalte auf dem Land werden folglich nicht berücksichtigt und behalten den gleichen Fahrzeugbestand.

7.3 Abschätzungsmethodik

Die Wirkung der Maßnahme bzw. die Wirksamkeit entfaltet sich aufgrund unterschiedlicher Modal-Splits von Carsharing-Mitgliedern/-Nutzern und solchen, die es nicht sind. Erstere zeichnen sich durch einen höheren Anteil des öffentlichen Personenverkehrs sowie einen niedrigeren MIV Anteil aus. Tabelle 19 zeigt den Modal-Split für Carsharing-Mitglieder gegenüber nicht Mitgliedern und Personen ohne eigenen Pkw im Haushalt, differenziert nach den Regionstypen Stadt und kleinere Stadt.

Tabelle 19: Modal-Split nach Personenkilometern für Personen mit und ohne Carsharing-Mitgliedschaft sowie ohne eigenen Pkw im Haushalt (MiD 2017)

	Mit Carsharing-Mitgliedschaft		Ohne Carsharing-Mitgliedschaft		Ohne eigenen Pkw im Haushalt	
	Stadt	Kleinere Stadt	Stadt	Kleinere Stadt	Stadt	Kleinere Stadt
MIV (Fahrer)	32 %	42 %	45 %	56 %	15%	18%
MIV (Mitfahrer)	16 %	17 %	20 %	22 %	14%	13%
ÖV	43 %	33 %	27 %	16 %	59%	53%
Fahrrad	6 %	5 %	5 %	3 %	7%	8%
Zu Fuß	2 %	3 %	4 %	3 %	5%	8%

Insbesondere der Anteil des MIV (Fahrer) und des ÖV unterscheidet sich signifikant zwischen Personen mit und ohne Carsharing-Mitgliedschaft. Noch stärker ist der Unterschied im Vergleich zu Personen ohne eigenen Pkw im Haushalt ausgeprägt, sodass der Anteil des MIV (Fahrer) in der Stadt auf 18 % und in der kleineren Stadt auf 24 % fällt.

Zur Berechnung der Wirkung der Verringerung des Fahrzeugbestandes von privaten Haushalten durch Carsharing-Mitgliedschaften um 10 % in 2030 gegenüber dem Status Quo werden zuerst zufällige Haushalte mit eigenem Pkw im Status Quo ausgewählt, die zukünftig auf ihr Fahrzeug zugunsten einer Carsharing-Mitgliedschaft verzichten. Demnach schaffen Haushalte in Städten rund 2,8 Millionen und Haushalte in kleineren Städten rund 1,5 Millionen Pkw ab, sodass sich der Fahrzeugbestand um 4,3 Millionen Fahrzeuge gegenüber dem Status Quo verringert.

Weiter wird zum einen angenommen, dass Personen aus Haushalten, die ihren Pkw abgeschafft haben, ihren Modal-Split an jenen von Personen mit Carsharing-Mitgliedschaft anpassen. Da der Modal-Split von Personen mit Carsharing-Mitgliedschaft sowohl stationsbasierte als auch stationsunabhängige Mitgliedschaften beinhaltet, wird die daraus resultierende Anpassung der Verkehrsnachfrage als untere Grenze der Wirkung der Maßnahme angesetzt. Zum anderen wird angenommen, dass die betroffenen Personen ihren Modal-Split an jenen von Personen ohne Pkw im Haushalt anpassen. Die daraus resultierende Anpassung der Verkehrsnachfrage bildet die obere Grenze der Wirkung der Maßnahme.

Die Verkehrsnachfrage beläuft sich auf rund 3,21 Milliarden Personenkilometer pro Tag, wovon mit 1,75 Milliarden Kilometern etwa 55 % der Kilometerleistung auf den MIV (Fahrer) zurückzuführen sind. Diese verringert sich je nach unterstelltem Modal-Split auf 1,71 bzw. 1,65 Milliarden Kilometer, wie in Tabelle 20 dargestellt.

7.4 Erwartete THG-Einsparungen

Durch das Abschaffen bzw. die nicht erneute Beschaffung und Herstellung von 4,3 Millionen Autos ergeben sich Minderemissionen in Höhe von 1,8 Mt CO₂, wenn angenommen wird, dass bei der Produktion 7,5 Tonnen CO₂ pro Fahrzeug entstehen und einem Fahrzeug eine durchschnittliche Lebensdauer von 18 Jahren unterstellt wird (Agora Verkehrswende 2019, UBA 2020c). Hinzukommen die Mehremissionen durch die Produktion der zusätzlich benötigten Carsharing Fahrzeuge in Höhe von nahezu 0,2 Mt CO₂, sodass sich summiert eine Minderemission von rund 1,6 Mt CO₂ für die Abschaffung der haushaltseigenen Pkw ergibt.

Tabelle 20. Veränderung der täglichen Verkehrsnachfrage in Millionen Personenkilometer pro Tag nach Einführung der Maßnahme Carsharing

	MIV (Fahrer)	MIV (Mitfahrer)	ÖV	Fahrrad	zu Fuß
Status Quo	1753	649	605	111	93
untere Grenze	1710	638	658	116	90
Veränderung gegenüber dem Status Quo	-2,5 %	-1,8 %	+8,1 %	+3,5 %	-3,1 %
Obere Grenze	1652	629	709	121	99
Veränderung gegenüber dem Status Quo	-6,1%	-3,2%	+14,7%	+8,3%	+6,6%

Tabelle 21: CO₂-Minderungspotential durch nicht produzierte Pkw in Millionen Tonnen

	Insgesamt	Auf die Lebensdauer gerechnet
Minderemissionen durch nicht produzierte Pkw	-32,4	-1,8
Emissionen durch die Produktion zusätzlicher Carsharing Pkw	+3,2	+0,2
Total	-29,1	-1,6

Zusätzlich verringern sich die CO₂-Emissionen durch das angepasste Mobilitätsverhalten der Haushalte, die ihren Pkw abgeschafft haben. Basierend auf den Erkenntnissen zur Anpassung der Verkehrsnachfrage durch die Verringerung des Fahrzeugbestandes und die resultierende Anpassung des Modal-Splits, wie in Tabelle 22 dargestellt, lässt sich eine Abschätzung zur Entwicklung der Treibhausgasemissionen auf Basis der Emissionen des Pkw- und ÖV-Verkehrs aus der Bewertung des Klimaschutzprogramms 2030⁹ machen.

⁹ Teilbericht des Projektes „THG-Projektion: Weiterentwicklung der Methoden und Umsetzung der EU-Effort Sharing Decision im Projektionsbericht 2019 („Politiksznarien IX“)

Tabelle 22: CO₂-Minderungspotential der Maßnahme Carsharing in Millionen Tonnen, jährliche Angabe

		Szenario 2030	Veränderung durch Carsharing (absolut)	CO ₂ -Emissionen mit Carsharing
Untere Grenze	ÖV	2	+0,2	2,2
	MIV	76,2	-2,5	73,7
	Summe	78,2	-2,3	75,9
Obere Grenze	ÖV	2	+0,3	2,3
	MIV	76,2	-5,4	70,8
	Summe	78,2	-5,1	73,1

Folglich ergibt sich ein CO₂-Minderungspotential der Maßnahme Carsharing von 2,3 – 5,1 Millionen Tonnen durch die Anpassung des Modal-Splits sowie rund 1,6 Millionen Tonnen durch die ausbleibende Produktion der wegfallenden Pkw.

7.5 Einordnung der Ergebnisse

Aufgrund der niedrigen Beobachtungszahlen zur Carsharing-Nutzung kann im Rahmen der Hochrechnung nicht für unterschiedliche Ausprägungen soziodemografischer Merkmale, die vielleicht einen Einfluss auf die Pkw bzw. Carsharing-Nutzung haben, kontrolliert werden. Vorangegangene Umfragen suggerieren, dass derzeitige Carsharing-Nutzende beispielsweise über überdurchschnittliche Einkommen und Bildung verfügen (BCS 2018). In der Hochrechnung wird davon ausgegangen, dass keine Verzerrung durch etwaige Effekte auftritt.

8 Energie- und flächeneffizientes Wohnen im Bestand

8.1 Kurzbeschreibung der Maßnahme oder des Instruments

Seit Jahrzehnten nimmt in Deutschland die Pro-Kopf-Wohnfläche fortlaufend zu, allein zwischen 1986 und 2019 stieg sie von 34,6 m² auf 47,0 m² (Destatis 2020c). Der steigende Wohnflächenverbrauch pro Person wirkt den Sanierungsbemühungen zur Minderung des Energieverbrauchs für die Raumwärmebereitstellung entgegen. Eine Ursache für den wachsenden Wohnflächenkonsum pro Person ist der Verbleib älterer Menschen in den Familienwohnungen und -häusern nach Abschluss der Familienphase, d.h. heißt nach Auszug der Kinder. Untersuchungen haben gezeigt, dass sich von den betroffenen Haushalten ein gewisser Anteil verkleinern würde. So weist Brischke et al. (2016) aus, dass zwischen 20 % und 50 % der Bewohner*innen im Seniorenalter ihre Wohnung von über 80 m² pro Person als „etwas“ oder sogar „viel zu groß“ empfinden. Stieß et al. (2020) ermittelten für ältere Gebäudeeigentümer*innen mit großen Wohnflächen pro Person für den Kreis Steinfurt sogar eine grundsätzliche Umzugsbereitschaft von 74 Prozent.

Ziel der hier vorgeschlagenen Maßnahme ist es, diese Menschen bei der Verkleinerung ihrer Wohnfläche zu unterstützen und die freiwerdende Wohnfläche effizienter, d.h. durch größere Haushalte, zu nutzen und damit den Wohnflächenkonsum zu verringern.

Weiterhin soll der Leerstand, insbesondere in Eigenheimen, reduziert werden, um auch diese Flächen einer Nutzung zuzuführen.

8.2 Annahmen und Abschätzungsmethodik

Ältere Menschen in großen Häusern beim „Verkleinern“ unterstützen

Die Abschätzung beruht im Wesentlichen auf den Zahlen und Ergebnissen von Kenkmann et al. (2018). Im Jahr 2013 gab es in Deutschland 3,22 Mio. Senior*innen- und Pensionärshaushalte aus 1 oder 2 Personen, die in ihrem eigenen Haus leben und eine große Wohnfläche von >80 m² allein bzw. >100 m² zu zweit bewohnen (Kenkmann et al. 2018). Bis zum Jahr 2022 dürfte diese Zahl aufgrund des demografischen Wandels auf 3,66 Mio. Haushalte angestiegen sein und weiter ansteigen (ebd.; nach Destatis (2017a und b)). Jeder dieser Haushalte verfügt 2022 über etwa 140,0 m² Wohnfläche, bzw. über etwa 85,9 m² Wohnfläche pro Person.

Nicht jeder dieser Haushalte kommt für eine Wohnflächenverkleinerung in Frage. Haushalte in Regionen, in denen die Nachfrage nach Wohnraum gering ist, haben weniger Anreize für eine Verkleinerung bzw. können freiwerdende Flächen nicht vermarkten, wodurch ökonomische Nachteile entstehen. Gleichzeitig werden Haushalte, deren Angehörige bereits zu betagt sind, die Maßnahme nicht mehr umsetzen können oder wollen. Damit reduziert sich die Zahl der potenziellen Umsetzerhaushalte auf 2,32 Mio. Haushalte. Jeder dieser Haushalte verbraucht vor der Verkleinerung seiner Wohnfläche etwa 23.300 kWh/a an Heizenergie. Es wird vereinfachend davon ausgegangen, dass sich durch die Verkleinerung der Wohnfläche auf 60 % auch der Heizenergieverbrauch auf 60 % reduziert. Im Mittel stehen im Jahr 2022 jedem Haushalt, der seine Wohnfläche verkleinert, anschließend noch 84 m² pro Haushalt bzw. 51,5 m² pro Person zur Verfügung (bis hierhin nach Kenkmann et al. 2018). Für die Abschätzung wird davon ausgegangen, dass ein Prozent der in Frage kommenden Haushalte jährlich ihren Wohnraum verkleinern (Variante 1). In Variante 2 wird von einer Umsetzungsrate von 0,5 Prozent jährlich ausgegangen.

Nach dieser Abschätzung können die Energieverbrauchs- und Emissionsminderungen für die betrachtete Zielgruppe der Senior*innen mit großen Wohnflächen in eigenen Häusern abgeschätzt werden. Die freiwerdende Wohnfläche wird jedoch weiter genutzt, wodurch netto keine Minderungen entstehen. Eine direkte Minderung infolge der Maßnahme entsteht jedoch, wenn dadurch Neubau

vermieden wird. Bis zum Jahr 2030 stehen durch die Umsetzung der Maßnahme unter den getroffenen Annahmen knapp 13 Mio. m² Wohnfläche einer Nutzung durch andere Haushalte zur Verfügung. Es wird für die Abschätzung angenommen, dass Neubau im gleichen Umfang vermieden wird. Gemäß Mahler et al. (2019) wird für die Gebäudeherstellung ein mittleres Global Warming Potential (GWP) für den vermiedenen Neubau von 9 kg/m² Wohnfläche über 50 Betrachtungsjahre angenommen. Das entspricht einer Summe von etwa 450 kg/m².

Der Maßnahme werden zum einen die eingesparten Emissionen aus der vermiedenen Errichtung der neuen Gebäude angerechnet (Energieeinsatz für Baumaschinen, Material, etc.). Dies erfolgt in Form einer einmaligen Gutschrift für das Jahr der vermiedenen Errichtung. Zum anderen werden der Maßnahme die jährlich vermiedenen Emissionen aus der Raumwärmebereitstellung der nicht gebauten Gebäude angerechnet. Hier wird mit einem Endenergiebedarf für Neubauten gemäß GEG in Höhe von 45 kWh/m² und Jahr gerechnet, ab 2026 mit 35 kWh/m² und Jahr (Annahme, dass sich höhere Standards stärker durchsetzen). Vereinfachend wurde außerdem ein mittlerer Emissionsfaktor für die Raumwärmebereitstellung im Neubau in Höhe von 158 g/kWh CO_{2e} angenommen (keine Ölkessel, bis zu 30 % Erneuerbare).

Leerstand reduzieren

Gemäß Empirica (2020) gibt es im Mietwohnungsbestand in Deutschland nur wenig Leerstand. In Wachstumsregionen liegt der Leerstand demnach im Mittel bei 1,9 Prozent. Das liegt bereits unterhalb des für einen funktionierenden Wohnungsmarkt notwendigen Leerstands (BBSR 2017), sodass hier eher wenig Mobilisierungspotenzial besteht. Möglicherweise darüber hinaus bestehender, auch spekulativer, Leerstand, der über die Empirica-Definition ggf. nicht erfasst wird, kann an dieser Stelle nicht quantifiziert werden. Darüber hinaus weist Empirica (2020) für Eigenheime einen Leerstand in Höhe von 0,39 Mio. Wohnungen aus. Eigene Hochrechnungen auf der Basis von Ergebnissen von Sunderer et al. (2018) ergeben für Deutschland einen Leerstand in Eigenheimen von bis zu 0,58 Mio. eher kleinen Wohnungen.

Für die Abschätzung des Minderungsbeitrags der Maßnahme „Reduktion des Leerstands“ wird angenommen, dass durch ein entsprechendes Instrumentenbündel jährlich 10.000 leerstehende Wohnungen mit einer durchschnittlichen Größe von 45 m² (Einliegerwohnungen) einer Nutzung zugeführt werden können und damit Neubau in gleicher Höhe vermieden werden kann. Bis zum Jahr 2030 sind dies 90.000 Wohnungen mit einer Gesamtwohnfläche von 4 Mio. m². Diese Annahme bedeutet, dass 2,5 Prozent der laut Empirica (2019) in Eigenheimen leerstehenden Wohnungen einer Nutzung zugeführt werden können (Variante 1). Für Variante 2 wird mit der Hälfte dieser Umsetzungsrate, 1,25 Prozent oder 5.000 leerstehende Wohnungen jährlich, gerechnet. In die weitere Abschätzung gehen nur die vermiedenen Emissionen aus der vermiedenen Errichtung neuer Gebäude und deren Raumwärmebedarfe ein und nicht eventuelle Mehrverbräuche durch die intensivere Nutzung der bisher leerstehenden Wohnungen. Die Abschätzung der Minderung erfolgt analog zur Maßnahme „Ältere Menschen in großen Häusern beim Verkleinern unterstützen“.

8.3 Erwartete THG-Einsparungen und Einordnung der Ergebnisse

Durch die **Unterstützung älterer Menschen in großen Häusern beim Verkleinern der Wohnfläche** können durch vermiedenen Neubau bis zum Jahr 2030 unter den getroffenen Annahmen jährlich etwa 0,3 Mt CO₂e (Variante 2) bis 0,6 Mt CO₂e (Variante 1) vermieden werden. Als Maßnahmenbeginn wird das Jahr 2022 angenommen.¹⁰ Die vermiedenen Emissionen aus der Herstellungsphase der nicht errichteten Wohngebäude werden dabei komplett dem Jahr der Vermeidung zugeschrieben und nicht auf den Lebenszyklus aufgeteilt, wie es für eine Lebenszyklusbetrachtung notwendig ist. Daher treten die Minderungen jeweils nur einmalig in dem Jahr auf, in dem der Neubau und die durch die Bautätigkeit und die Materialbereitstellung verbundenen Emissionen vermieden wurden.

Zusätzlich werden durch die Maßnahme jährlich im Mittel etwa 4.400 t/a CO₂e (Variante 2) bis 8.700 t/a CO₂e (Variante 1) für die Raumwärmebereitstellung der neu errichteten Wohnfläche gespart.¹¹

Durch die **Reduktion des Leerstands von Einliegerwohnungen** in Eigenheimen können zusätzlich jährlich 0,1 Mt CO₂e (Variante 2) bis 0,2 Mt CO₂e (Variante 1) reduziert werden.¹² Durch die vermiedenen Emissionen aus der Raumwärmebereitstellung werden zusätzlich etwa 1.400 t/a (Variante 2) bis 2.800 t/a CO₂e (Variante 1) eingespart.¹³

Damit können unter den getroffenen Annahmen durch beide Maßnahmen insgesamt etwa 0,4 Mt CO₂e (Variante 2) bis 0,8 Mt CO₂e (Variante 1) jährlich durch die vermiedene Bautätigkeit eingespart werden. Durch die vermiedene Raumwärmebereitstellung werden im Jahr 2030 51.600 t CO₂e (Variante 2) bis 103.000 t CO₂e (Variante 1, jährlich addiert) eingespart.

Die Einsparungen sind in Tabelle 23 zusammengefasst.

Tabelle 23: Einsparungen aus effizienter Wohnraumnutzung

Einsparungen (in 2030, Mt CO ₂ e)	Variante 1	Variante 2
Maßnahme: Unterstützung älterer Menschen beim Verkleinern		
Einsparungen aus vermiedener Gebäudeherstellung	0,6	0,3
Einsparungen aus vermiedener Raumwärmebereitstellung	0,08	0,04
Summe	0,68	0,34
Maßnahme: Leerstand in Einliegerwohnungen verringern		
Einsparungen aus vermiedener Gebäudeherstellung	0,2	0,1
Einsparungen aus vermiedener Raumwärmebereitstellung	0,025	0,013
Summe	0,225	0,113

¹⁰ Bei neun Jahren Maßnahmenumsetzung summiert sich die Minderung über alle Jahre bis zum Jahr 2030 auf 2,85 Mt CO₂e (Variante 2) bis 5,7 Mt CO₂e (Variante 1).

¹¹ Im Jahr 2030 sind es jährlich addiert 39.000 t CO₂e (Variante 2) bis 78.100 t (Variante 1).

¹² Bei neun Jahren Maßnahmenumsetzung bis 2030 summiert sich die Minderung auf 0,9 Mt CO₂e (Variante 2) bis 1,8 Mt CO₂e (Variante 1).

¹³ Im Jahr 2030 sind es jährlich addiert 12.600 t (Variante 2) bis 25.200 t CO₂e (Variante 1).

Einsparungen (in 2030, Mt CO ₂ e)	Variante 1	Variante 2
Summe beider Maßnahmen		
	0,9	0,45

Es muss berücksichtigt werden, dass vermiedener Neubau weitere positive Umweltwirkungen hat, insbesondere die Minderung des Flächen- und Ressourcenverbrauchs.

Politikinstrumente zur Adressierung einer effizienteren Wohnflächennutzung oder der Leerstandsreduktion bezogen auf Einliegerwohnungen in Eigenheimen sind in Deutschland bisher nicht oder nur punktuell umgesetzt. Entsprechende Ansätze befinden sich noch im Forschungs- und Erprobungsstadium. Dementsprechend liegen noch keine Erfahrungen oder Evaluationen geeigneter Instrumente vor. Alle hier getroffenen Abschätzungen sind Ex-ante-Abschätzungen. Sie beruhen auf empirischen Erhebungen zu Nutzungspräferenzen von Gebäudeeigentümer*innen der Zielgruppe und / oder begründeten Annahmen bzw. Expert*innenschätzungen. Die Datengüte für die ausgewiesenen Minderungspotenziale muss also, insbesondere im Vergleich zu bereits implementierten und evaluierten Maßnahmen, wie der Energieberatung für Wohngebäude (Kapitel 9) als kritisch bewertet werden.

Ein geeignetes Instrumentenbündel könnte aus entsprechenden Angeboten für betroffene Eigentümerhaushalte bestehen, darunter die finanzielle Förderung von baulichen Maßnahmen zur Teilung von Einfamilienhäusern, Hilfe bei der Suche nach alternativem Wohnraum (inkl. der Schaffung eines entsprechenden Wohnraumangebots bei Wohnraumknappheit, d.h. der Entwicklung geeigneter Bauprojekte mit barrierefreien, altersgerechten kleineren Wohnungen), professionelle Unterstützung der Eigentümer*innen bei der Suche nach Untermieter*innen und mit weiteren Angeboten in kommunalen „Aktionsstellen für effiziente Wohnraumnutzung“ oder vergleichbare Einrichtungen (vgl. Kenkmann et al. 2018), Umzugsunterstützung, Förderung alternativer Wohn- und Nutzungskonzepte sowie flexibler Wohnformen. Letztendlich bedarf es entsprechender Einrichtungen, um zu den bestehenden Angeboten zu beraten und diese zu vermarkten. Die konkreten Umsetzungsraten entsprechender Maßnahmen hängen ganz wesentlich vom Umfang der Instrumentierung ab. Je weitreichender und ambitionierter die implementierten Politikinstrumente, desto größer kann die erreichte Umsetzungsrate sein. Ansätze zur Mobilisierung leerstehender Einliegerwohnungen in Eigenheimen können hier eingebaut werden. Letztendlich zeigen aktuelle Szenariorechnungen, dass eine effiziente Wohnflächennutzung für die Erreichung ambitionierter Klimaziele unverzichtbar ist (vgl. UBA 2019b).

9 Verbesserte Energieberatung zur Sanierung von Wohngebäuden

9.1 Kurzbeschreibung der Maßnahme oder des Instruments

Die Bundesregierung fördert für Wohngebäude die Erstellung gebäudeindividueller Sanierungsfahrpläne (iSFP) und anderer Energieberatungsberichte über die „Energieberatung für Wohngebäude (Vor-Ort-Beratung, individueller Sanierungsfahrplan)“.¹⁴ Konkret wird im Rahmen der Beratung aufgezeigt, wie ein Wohngebäude Schritt für Schritt über einen längeren Zeitraum durch aufeinander abgestimmte Maßnahmen umfassend energetisch saniert werden kann, oder wie durch eine umfassende Sanierung ein energetisches Niveau zu erreichen ist, welches einem der KfW-Effizienzhausstandards entspricht. Die Förderhöhe des Bundesprogramms liegt derzeit bei 80 % des förderfähigen Beratungshonorars mit maximalen Förderhöhen von 1.300 EUR bei Ein- und Zweifamilienhäusern sowie 1.700 EUR bei Mehrfamilienhäusern. Im Jahr 2020 förderte die Bundesregierung knapp 16.000 vor-Ort-Beratungen.¹⁵

Nachfolgend wird die Wirkung von zwei Weiterentwicklungsvarianten der Vor-Ort-Beratung abgeschätzt. Diese sind:

1. Einführung einer verpflichtenden Vor-Ort-Beratung/iSFP im Falle des Eigentumsübertrags besonders ineffizienter Wohngebäude:

Im Falle des Eigentumsübertrags eines Wohngebäudes wird der Käufer verpflichtet, einen gebäudeindividuellen Sanierungsfahrplan zu beantragen. Die Verpflichtung gilt für alle Wohngebäude der Energieeffizienzklassen G und H, also Gebäude mit einem Endenergiebedarf größer als 200 kWh/m²*a. In ihrer langfristigen Renovierungsstrategie stuft die Bundesregierung diese Gebäude als Gebäude mit „schlechtester Leistung“ (*worst performing buildings*) ein (BReg 2019b). Grundlage ist der rechnerische Endenergiebedarf des Gebäudes (nicht der Endenergieverbrauch). Die Verpflichtung gilt nicht, wenn in einem Mehrfamilienhaus nur eine Wohnung den Eigentümer/ die Eigentümerin wechselt.

2. Einführung einer verpflichtenden Vor-Ort-Beratung/iSFP bei Neuvermietung besonders ineffizienter Wohngebäude:

Im Falle der Neuvermietung eines Wohngebäudes werden Vermieter*innen verpflichtet, einen gebäudeindividuellen Sanierungsfahrplan zu beantragen. Die Verpflichtung gilt für alle Wohngebäude der Energieeffizienzklassen G und H, also Gebäude mit einem Endenergiebedarf größer als 200 kWh/m²*a (*worst performing buildings*). Grundlage ist der rechnerische Endenergiebedarf des Gebäudes (nicht der Endenergieverbrauch). Die Verpflichtung gilt nicht im Falle der Vermietung einzelner Wohnungen in Mehrfamilienhäusern (sie beschränkt sich damit im Wesentlichen auf Ein- und Zweifamilienhäuser).

Rechtstechnisch ließen sich die beiden Varianten am besten in das Gebäudeenergiegesetz (GEG) integrieren. Mit § 48 und § 80 sieht das GEG auch heute schon verpflichtende Beratungsgespräche zum Energieausweis vor.

¹⁴ <https://www.bundesanzeiger.de/pub/de/amtlicher-teil;wwwsid=70694BC71390E59876FB079F61AF9080.web08-pub?0-1-table~panel-row-0-publication~info~cell-result~link&edition=BAnz+AT+04.02.2020>

¹⁵ https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/ebw_statistik_foerderungen.pdf?blob=publicationFile&v=16

9.2 Annahmen und Abschätzungsmethodik

Variante 1: Laut dem Arbeitskreis der oberen Gutachterausschüsse (AK OGA 2019) kam es in 2018 in Deutschland zu rund 310.000 Transaktionen kompletter Wohngebäude. Bereinigt man diese um die Anzahl an Neubauten, die von Wohnungsbauunternehmen errichtet und an Privatpersonen verkauft werden (Destatis 2019a), erhält man pro Jahr rund 280.000 Verkäufe von bestehenden Wohngebäuden. Dabei handelt es sich sowohl um Ein- und Zweifamilien- als auch um Mehrfamilienhäuser. Laut BReg (2019b) liegt der Anteil der Wohngebäude mit Effizienzklasse G und H bei rund 30 %. Dabei handelt es sich um Gebäude, bei denen der rechnerische Endenergiebedarf einen Wert $>200 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{a}$ aufweist. Die Maßnahme würde folglich pro Jahr zu rund 85.000 zusätzlichen Vor-Ort-Beratungen führen.

Bei der Vor-Ort-Beratung lag in 2018 die durchschnittliche Umsetzungsrate (also Maßnahmenumsetzung pro Beratungsfall) bei rund 80 % (PWC 2019). Die hohe Umsetzungsrate spiegelt die Freiwilligkeit der Beratung wider. Es wird unterstellt, dass die Hauseigentümer*inne, die eine Vor-Ort-Beratung beauftragen, ein grundsätzliches Interesse daran haben, ihr Haus energetisch zu sanieren. Wird die vor-Ort-Beratung verpflichtend eingeführt, geht dies zu Lasten der Umsetzungsrate. Für diesen Fall wird angenommen, dass rund die Hälfte der Käufer*innen der Wohngebäude, die im Zuge der hier betrachteten Maßnahme verpflichtet werden einen (geförderten) iSBP zu beantragen, infolge der damit verbundenen Beratung mindestens eine Sanierungsmaßnahme durchführen. Die durchschnittlichen Einsparungen pro Beratungsfall liegt nach PWC (2019) bei rund 8.000 kWh/a bzw. einer CO_2 -Einsparung von rund $1,8 \text{ t/a}$. Hierbei handelt es sich um Bruttoeinsparungen (zur Überschneidung der Einspareffekte mit anderen Instrumenten siehe nachfolgendes Kapitel).

Variante 2: Nach dem Mikrozensus 2018 gibt es in Deutschland rund 2,5 Mio. vermietete Ein- und Zweifamilienhäuser. Die durchschnittliche Mietdauer liegt bei rund 8,2 Jahren (Haus & Grund 2018). Es kann angenommen werden, dass im Bereich der Ein- und Zweifamilienhäuser, die tendenziell eher von Familien bewohnt werden, die durchschnittliche Mietdauer etwas länger ist (Annahme 25 % längere durchschnittliche Mietdauer). Damit gäbe es in Deutschland pro Jahr rund 250.000 Umzüge in diesem Gebäudesegment. Laut BReg (2019b) liegt der Anteil der Wohngebäude mit Effizienzklasse G und H bei rund 30 %. Die Maßnahme würde folglich pro Jahr zu rund 75.000 zusätzlichen Vor-Ort-Beratungen führen. Für die Umsetzungsrate sowie die spezifischen Einsparungen pro Beratungsfall werden die gleichen Annahmen getroffen wie in Variante 1.

9.3 Erwartete THG-Einsparungen und Einordnung der Ergebnisse

Für die Maßnahme wird jeweils ein Wirkbeginn im Jahr 2022 angenommen. Eine politische Umsetzung im Jahr 2021 bedeutet, dass frühestens zum Jahreswechsel 2021/2022 die ersten verpflichtenden Vor-Ort-Beratungen anfallen würden. Sowohl beim Eigentumsübertrag (Variante 1) als auch bei der Neuvermietung (Variante 2) kann man davon ausgehen, dass die durch die Vor-Ort-Beratung induzierten energetischen Modernisierungsmaßnahmen ab 2022 erbracht werden.

Bei Variante 1 liegen die jährlich kumulierten CO₂-Einsparungen im Jahr 2030 unter Zugrundelegung der oben getroffenen Annahmen bei rund 0,7 Mt. Bei Variante 2 sind es rund 0,6 Mt.

Die hier untersuchte Maßnahme passt in die Strategie der EU, im Rahmen der *Renovation Wave Strategy* Gebäude mit „schlechtester Leistung“ (*worst performing buildings*) zu adressieren. Die Maßnahme setzt bewusst an Triggerpunkten eines „Gebäudelebens“ an (Eigentumsübertrag, Neuvermietung), bei denen es sich anbietet, am Gebäude einen Eingriff in Form einer energetischen Modernisierung vorzunehmen. Die Maßnahme setzt ferner bei den Gebäuden an, bei denen sich aufgrund ihrer Effizienzklasse durch eine energetische Sanierung spezifisch am meisten einsparen lässt. Die Vor-Ort-Beratung wird durch die Bundesregierung gefördert (Förderhöhe 80 %, s.o.). Der Eigenanteil der Gebäudeeigentümer*innen hält sich damit in Grenzen.

Die durch die Vor-Ort-Beratung induzierten Einsparungen haben eine große Überschneidung mit den Förderprogrammen für die energetische Gebäudemodernisierung, insbesondere der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG). Die Beratung zu Förderprogrammen ist integraler Bestandteil der Vor-Ort-Beratung und es kann deswegen davon ausgegangen werden, dass ein Großteil der Gebäudeeigentümer*innen, die infolge der Beratung eine Sanierung durchführen, auch eine Förderung in Anspruch nehmen werden. Außerdem gewährt die Bundesregierung bei der Einzelmaßnahmenförderung des BEG einen iSFP Bonus, wenn die Sanierungsmaßnahme im Rahmen eines iSFP durchgeführt wird.¹⁶

Beide Optionen erfordern, dass im Falle des „Pflichtauslösers“ (Eigentumsübertrag oder Neuvermietung) die Effizienzklasse nachgewiesen wird. Dies erfolgt anhand des Energieausweises, der gemäß GEG in beiden Fällen verpflichtend ausgestellt werden muss. Da sich beide Maßnahmenoptionen an den Effizienzklassen anhand des rechnerischen Endenergiebedarfs (nicht des realen Verbrauchs) orientieren, ist ein Bedarfsausweis notwendig. Für MFH mit mehr als vier Wohneinheiten herrscht allerdings noch Wahlfreiheit zwischen Bedarfs- und Verbrauchsausweis, d.h. der Bedarfsausweis ist nicht verpflichtend. In diesem Punkt müssten die Regelungen zum Energieausweis entsprechend abgeändert werden.

Ferner erfordert die Maßnahme ein Mindestmaß an Vollzug, um sicherzustellen, dass für die betroffenen Gebäude auch wirklich eine Vor-Ort-Beratung erfolgt.

¹⁶ Ist eine energetische Sanierungsmaßnahme Bestandteil eines im Förderprogramm „Bundesförderung für Energieberatung für Wohngebäude“ geförderten iSFP und wird diese innerhalb eines Zeitraums von maximal 15 Jahren nach Erstellung des iSFP umgesetzt, so erhöht sich der für diese Maßnahme vorgesehene Fördersatz um zusätzliche fünf Prozentpunkte (iSFP-Bonus).

10 Energieberatung zur Heizung im Wohneigentum

10.1 Kurzbeschreibung der Maßnahme oder des Instruments

Die Maßnahme umfasst die vollfinanzierte kostenlose Energieberatung zur Heizung für Eigentümer*innen im Rahmen des Heizungseignungschecks (Energieeffizienzstrategie (EffStra) 2050 (BMWi 2019), Maßnahme Nr. 17 im Sektor Gebäude: Heizungseignungscheck).

Die Einschätzung, welche Heizung mit Blick auf den Klimaschutz und die Wirtschaftlichkeit am besten für das eigene Gebäude geeignet ist, stellt Gebäudeeigentümer*innen oft vor Herausforderungen, die sie alleine nicht bewältigen können. Eine unabhängige Beratung kann hier Abhilfe schaffen. Jedoch stellen anfallende Gebühren, auch wenn diese niedrig sind, ggf. eine Hürde dar. In der *Energieeffizienzstrategie 2050* (BMWi 2019) wird daher als Maßnahme die Einführung eines „Heizungseignungscheck“ vorgeschlagen, welche im Januar 2021 startete. Der Check soll Gebäudeeigentümer*innen einfach und verständlich aufzeigen, welches neue Heizungssystem für ihr Gebäude am besten passt. Analysiert werden sowohl die Wirtschaftlichkeit im Hinblick auf mögliche Energieträgerkostenentwicklungen und die Nutzung von Förderungen sowie ökologische Aspekte, v.a. die mit der Heizung verbundenen Treibhausgasemissionen. Der Heizungseignungscheck wird durch qualifizierte Energieberatende der Verbraucherzentralen durchgeführt und hat laut Verbraucherzentrale Bundesverband e.V. einen Wert von 247 EUR (vzbv 2021). Derzeit ist eine Eigenbeteiligung in Höhe von 30 EUR vorgesehen, womit sich eine Förderquote von ca. 88 % ergibt. Ausgenommen von der Eigenbeteiligung sind Haushalte mit geringem Einkommen, für die die Beratung komplett kostenfrei ist.

Die Maßnahme besteht in einer Aufstockung der Förderung auf 100 %, wodurch jede Eigentümerin und jeder Eigentümer eine kostenlose Energieberatung zur Heizung durch einen qualifizierten Energieberatenden der Verbraucherzentralen (vz) erhalten kann.

10.2 Annahmen und Abschätzungsmethodik

Zur Nutzung des Heizungseignungschecks liegen noch keine Daten vor, da dieser erst 2021 startete. Zur Wirkungsabschätzung kann aber auf die Evaluation weiterer Energieberatungsangebote zurückgegriffen werden. Insbesondere die Evaluation der Energieeinsparberatung und der Energie-Checks der Verbraucherzentralen (letzter Bericht wurde 2017 veröffentlicht: PWC (2017)) liefern hier Anhaltspunkte, da auch der Heizungseignungscheck durch Energieberatende der Verbraucherzentralen durchgeführt wird. Aufgrund der thematischen Ausrichtung ist insbesondere der Heiz-Check der Verbraucherzentrale für die Abschätzung der Effekte im Rahmen des Heizungseignungschecks relevant.

Im Rahmen der Evaluation der Energieberatung und der Energie-Checks der Verbraucherzentrale wurde auch die Zahlungsbereitschaft der Haushalte für Beratungsleistungen abgefragt. Ca. 10 % der Befragten gaben an, nicht bereit zu sein, für eine Beratung zu zahlen (PWC 2017). Der Anteil war insbesondere bei Haushalten mit geringem Einkommen höher. Diese erhalten die Beratung bereits kostenlos. Bei Haushalten mit einem Monatseinkommen über 5.000 EUR lag die Zahlungsbereitschaft bei 96 %. Die Beträge, die Eigentümer*innen im Nachhinein bereit gewesen wären, für die Beratung zu zahlen, lagen durchweg über dem Eigenanteil in Höhe von 30 EUR, der für den Heizungseignungscheck fällig ist. Allerdings wäre nur 1 % der Beratenen beim Heiz-Check bereit gewesen, das volle Beratungshonorar zu bezahlen. Dies verdeutlicht die Wichtigkeit einer finanziellen Förderung der Beratung.

Die Beratung der Verbraucherzentrale führt oftmals zu einer Projektumsetzung und in dem Zusammenhang zur Nutzung weiterer Beratungsangebote und Fördermittel. Ein weiterer Effekt der

Beratung zum Thema Heiztechnik der Verbraucherzentrale ist, dass im Falle einer Heizungserneuerung wesentlich häufiger erneuerbare Energien eingebunden wurden. Zum Beispiel haben 24 % der Beratenen bei der Erneuerung eine Solarthermieanlage eingebunden, wohingegen diese Technik nur von 9 % einer Vergleichsgruppe ohne entsprechende Beratung installiert wurde. Auch hinsichtlich anderer (erneuerbarer) Techniken hat die Beratung in vielen Fällen zu Anpassungen ggf. schon bestehender Planungen geführt. Allerdings sind in der Evaluierung insbesondere Effekte bei der umgesetzten fossilen Heiztechnik zu sehen (mehr Brennwert), aber weniger hinsichtlich der Zunahme der Installation von ausschließlich / vorrangig erneuerbare Energien nutzenden Heizungen. Des Weiteren werden keine Endenergie- und Emissionsminderungen ausgewiesen, die ausschließlich auf diese Entscheidungsänderungen zurückzuführen sind.

Für die weiteren Analysen wird angenommen, dass die Evaluationsergebnisse bezüglich der Energieberatung der Verbraucherzentrale und insbesondere des Heiz-Checks auf den Heizungseignungscheck übertragbar sind. Da die Anzahl der durchgeführten Beratungen sowohl der Verbraucherzentrale als auch der Energieberatung für Wohngebäude des BAFA in den jeweiligen Evaluationszeiträumen (2012-2015 respektive 2014-2018) nahezu konstant war, wird auch hier von einer nahezu konstanten Inanspruchnahme der Beratung ausgegangen, die nur durch Preissignale (kein Eigenanteil) beeinflusst und geändert wird. Nach PWC (2017) wurden im betrachteten Zeitraum 2012 bis 2015 im Mittel 1.582 Beratungen pro Jahr durchgeführt. Der Mittelwert ist im Zeitraum 2015 bis 2020 nach Auskunft der Verbraucherzentrale auf 1.978 Beratungen pro Jahr angestiegen¹⁷. Nach einer Pilotphase im zweiten Halbjahr 2020 und ersten Zahlen zu den Anmeldungen zum „Heizungseignungscheck“ rechnet die Verbraucherzentrale im Jahr 2021 konservativ mit 5.000 durchgeführten Heizungseignungschecks. Entsprechend den Erfahrungen mit den anderen genannten Beratungsprogrammen wird angenommen, dass die Anzahl an Beratungen auch in den Folgejahren bei rund 5.000 Beratungen pro Jahr liegt und dieser Wert bis 2030 konstant bleibt. Für die Abschätzung des Effekts der Vollfinanzierung wird die aus den Zahlen in PWC (2017) abgeleitete Preiselastizität zu Grunde gelegt. Demnach wird bei einer Reduktion des Eigenanteils auf 0 EUR eine Zunahme der Beratungen um 21 % erwartet. Da dieser Wert mit Unsicherheiten behaftet ist (er basiert auf einer ex-post, nicht auf einer ex-ante Befragung), wird eine Spanne zwischen 10 % und 30 % betrachtet. Ausgehend von 5.000 Beratungen pro Jahr ergeben sich bei einer Kostenbefreiung durchschnittlich rund 6.050 Beratungen pro Jahr (Spanne: 5.500 bis 6.500).

Die Netto-Effekte der Beratung im Rahmen des Heiz-Checks sind in PWC (2017) dargelegt. Ein Heiz-Check führte demnach im Mittel zu einer Endenergieeinsparung von 684 kWh/a und unter Berücksichtigung der Entscheidungsänderungen und umgesetzten Maßnahmen (z.B. effizientere Heiztechnik, mehr erneuerbare Energien) zu CO₂-Emissionseinsparungen von 0,36 t CO₂ pro Beratung. Beide Werte beziehen sich auf alle durchgeführten Heiz-Checks und beinhalten daher sowohl Heiz-Checks, in deren Folge weitere Förderungen in Anspruch genommen wurden, als auch solche, bei denen dies nicht der Fall war; wobei im Falle einer weitergehenden Beratung oder Förderung nur Netto-Effekte der Beratung berücksichtigt sind.

¹⁷ Persönliche Mitteilung zu durchgeführten Beratungen (Heiz-Check) in den Jahren 2015 bis 2020 erhalten am 25.01.2021.

10.3 Erwartete THG-Einsparungen und Einordnung der Ergebnisse

Im Basis-Fall (30 EUR Eigenanteil, 5.000 Beratungen pro Jahr) ergeben sich unter der Annahme, dass die Anzahl der jährlichen Beratungen konstant bleibt, bei mittleren Netto-Emissionseinsparungen pro Beratung von 0,36 t jährliche CO₂-Einsparungen in Höhe von 0,0018 Mt und damit 2030 jährliche Einsparungen von 0,018 Mt.

Werden alle Beratungen kostenfrei angeboten, nimmt die Anzahl der Beratungen auf 5.500 bis 6.500 pro Jahr zu. Damit ergeben sich jährliche CO₂-Einsparungen in Höhe von 0,0020 bis 0,0024 Mt und damit 2030 jährliche Einsparungen von 0,020 bis 0,024 Mt. Im Vergleich zur Basisvariante entspricht das einer Zunahme von 0,0002 bis 0,0005 Mt pro Jahr, bzw. für das Jahr 2030 einer Zunahme um 0,0018 bis 0,0055 Mt.

Der Heizungseignungsscheck wurde erst zum 01.01.2021 eingeführt. Daher liegen noch keine statistischen Daten bezüglich der Nutzung des Angebots sowie den damit verbundenen Endenergie- und Emissionseinsparungen vor. Nach ersten Abschätzungen basierend auf den Anträgen in der ersten Januarhälfte rechnet die Verbraucherzentrale mit ca. 5.000 Beratungen 2021, welche für die Abschätzung als Basis zugrunde gelegt wurden. Die Wirkung könnte erheblich gesteigert werden, wenn die Beratung über einen anderen Kanal vertrieben würde. So haben beispielsweise Weiß et al. (2018) eine Durchführung durch Schornsteinfeger im Rahmen der Vergabe des Heizungsalanlagenlabels empfohlen. Diese Lösung hätte zu ca. 1 Mio. Kundenkontakten im Jahr geführt. Nachdem dieses Gelegenheitsfenster nicht mehr besteht, könnte beispielsweise eine Vergabe durch Schornsteinfeger im Rahmen der jährlichen Inspektion erwogen werden.

Für die Abschätzung der Emissionsminderungswirkung musste auf die Evaluierung des Heiz-Checks und anderer Beratungsangebote der Verbraucherzentrale zurückgegriffen werden. Diese beziehen sich allerdings auf einen Zeitraum vor (i) der Verbesserung der Fördererlandschaft für Hauseigentümer*innen und (ii) vor Einführung eines CO₂-Preises für fossile Brennstoffe. Beide genannten neuen Entwicklungen haben ggf. ebenfalls Einfluss auf die Inanspruchnahme von Beratungsangeboten bezüglich der Heizung in Wohngebäuden und können zu einer Zunahme an Beratungen sowie Veränderungen hinsichtlich umgesetzter Maßnahmen führen.

11 Verbesserung der Mindestausstattung mit Zählern und Sensorik

11.1 Kurzbeschreibung der Maßnahme oder des Instruments

Die Maßnahme umfasst die im Gebäudeenergiegesetz (GEG) § 72 (4) festgelegten Beschränkungen für den Einbau monovalenter Ölkessel ab 2026 (Variante 1) sowie eine Variante, in der die Beschränkungen auf den Einbau von Gaskesseln ausgeweitet wird (Variante 2). In beiden Varianten wird analog zu den Festlegungen im GEG § 72 angenommen, dass fossile Kessel weiterhin eingebaut werden können, sofern die Wärme- und Kältebereitstellung anteilig durch erneuerbare Energien erfolgt (Hybrid-Anlagen). Vollständig ausgenommen sind gemäß GEG § 72 (4) Anlagen in Gebäuden, die nicht an ein Gas- oder Fernwärmenetz angeschlossen werden können und bei denen die (anteilige) Nutzung von erneuerbaren Energien technisch nicht möglich ist oder zu einer unbilligen Härte führt. In beiden Varianten beziehen sich die Regelungen auf den Einbau von Öl- bzw. Gaskesseln in Neubau und Bestand ab dem Jahr 2026.

11.2 Kurzbeschreibung der Maßnahme oder des Instruments

Ziel der Maßnahme ist die Reduzierung des Energieverbrauchs von Heizungs-, Klima- und Lüftungsanlagen durch das Monitoring und die Optimierung des Betriebs und der Wartung der Anlagen. Dies kann erfolgen durch eine kontinuierliche Effizienzüberwachung, bei der die aktuelle Effizienz des Geräts mit Referenzwerten verglichen wird und bei der die Nutzenden in geeigneter Weise über Fehlentwicklungen informiert werden. Die Maßnahme basiert auf der in der Effizienzstrategie 2050 vorgeschlagenen Maßnahme Nr. 14: Zähler für Heizungen und Klima-/Lüftungsanlagen (BMW i 2019).

Adressiert wird die Ausstattung von neuen Heizungen sowie großen Klima- und Lüftungsanlagen mit Zählern und Sensorik zur Gewährleistung eines effizienten Betriebs sowie von Inspektionen. Für die Abschätzung wird angenommen, dass ab dem Jahr 2022 alle neuen Heizungen sowie alle neuen raumlufttechnischen Anlagen mit einem Nennvolumenstrom von über 3.000 m³/h mit Sensorik und Zählern ausgestattet werden.

11.3 Annahmen und Abschätzungsmethodik

Für die Abschätzung der Einsparungen an THG-Emissionen durch die Ausstattung von neuen Heizungs- und Klima-/Lüftungsanlagen mit Zählern und Sensorik wird folgende Methodik verwendet: Im ersten Schritt werden die Endenergieeinsparungen abgeschätzt, die sich aus der Ausstattung der Anlagen mit Zählern und Sensorik ergeben. Dazu werden die jährlichen zusätzlichen Endenergieeinsparungen sowie die jährlich kumulierten Einsparungen im Jahr 2030 betrachtet¹⁸. Im zweiten Schritt werden die THG-Einsparungen berechnet, indem für die jährlichen Endenergieeinsparungen Annahmen zum Energieträgermix sowie zu den Emissionsfaktoren der Energieträger gemacht werden.

Für die zu erzielenden Endenergieeinsparungen durch den Einsatz von Sensorik und Zählern in neuen Heizungen und Klima-/Lüftungsanlagen werden die Berechnungen in der „Zählerstudie“ zu Grunde gelegt (BfEE 2017). Diese werden für Raumheizungen mit 2,5 % (Neubau) bzw. 5,0 % (Bestandssanierung) angegeben, was insgesamt etwa 0,53 TWh zusätzlicher jährlicher Endenergieeinsparungen entspricht (4,75 TWh im Jahr 2030). Für raumlufttechnische Anlagen

¹⁸ Die jährlich kumulierten Einsparungen bezeichnen die Einsparungen, die sich im Jahr 2030 ergeben aus der Summe der in den vorhergehenden Jahren installierten Geräten.

werden die jährlich zu erzielenden Endenergieeinsparungen differenziert betrachtet nach Anlagen ohne Volumenstromregelung (spezifische Einsparung von 6,7 %) sowie Anlagen mit Volumenstromregelung, bei denen die Einsparungen etwa die Hälfte davon betragen (Navigant 2018). Die jährlichen zusätzlichen Einsparungen ergeben sich zu ca. 27,8 MWh Wärme sowie ca. 55,6 MWh Strom (0,75 TWh im Jahr 2030).

Für die Abschätzung der THG-Emissionen werden zwei Varianten gerechnet:

- ▶ In der ersten Variante wird angenommen, dass die Absatzstruktur von Wärmeerzeugern dem bisherigen Trend folgt, in dem trotz einer stetigen Zunahme des Marktanteils von Wärmepumpen (Anstieg von 8,6 % in 2009 auf 11,6 % in 2019¹⁹) Gasheizungen (heutiger Marktanteil rund 80 %) im Jahr 2030 weiterhin die dominierende Technologie darstellen. In diesem Sinne wird angenommen, dass der Marktanteil von Gasheizungen bis 2030 auf 70 % sinkt, während der Marktanteil von Wärmepumpen auf 25 % ansteigt.
- ▶ In der zweiten Variante wird die eine Marktentwicklung zu Grunde gelegt, in der Wärmepumpen im Jahr 2030 mit 70 % des Marktanteils die dominierende Technologie darstellen, während Gasheizungen nur noch 25 % des Marktanteils ausmachen.

In beiden Varianten werden die verbleibenden Marktanteile in Höhe von 5 % durch Biomasseanlagen gedeckt. Die beiden Varianten spannen einen Korridor an Entwicklungspfaden auf, der von einer aus Klimaschutzsicht sehr wenig ambitionierten Variante mit einem hohen Anteil an Gaskesseln hin zu einer sehr ambitionierten Entwicklung mit einem sehr deutlichen Rückgang fossiler Kessel reicht.

11.4 Erwartete THG-Einsparungen und Einordnung der Ergebnisse

Die erwarteten CO₂-Einsparungen im Jahr 2030 betragen in der Variante mit einem auch bis 2030 durch fossile Anlagen dominierten Absatzmarkt rund 0,95 Mt pro Jahr. In der Variante mit einer zügigen Diffusion von Wärmepumpen und einem erheblichen Rückgang des Anteils an fossilen Kesseln betragen die jährlichen Minderungen im Jahr 2030 rund 0,67 Mt.

Die geringere Einsparwirkung in der Variante mit einer hohen Durchdringung an Wärmepumpen ist darauf zurückzuführen, dass die THG-Emissionen aus der Wärmeversorgung insgesamt stärker zurückgehen und somit der Effekt der Einsparungen durch die Ausstattung der Anlagen mit Sensorik und Zählern geringer ausfällt. Eine Ausstattung der Anlagen mit Sensorik und Zählern ist allerdings auch bei einer ambitionierten Entwicklung der THG-Emissionen im Wärmebereich zu empfehlen, da die Minderung des Endenergieverbrauchs zu einer Reduzierung der Stromnachfrage von Wärmepumpen führt und somit zu einer Reduzierung der Systemkosten beim Ausbau der erneuerbaren Stromversorgung führt.

¹⁹ https://www.bdh-koeln.de/fileadmin/user_upload/Pressegrafiken/Marktstruktur_zehn_Jahre_2019_062020_DE.pdf

12 Phase-Out fossiler Heizkessel

12.1 Annahmen und Abschätzungsmethodik

Für die Abschätzung der THG-Einsparungen durch die Beschränkung des Einbaus fossiler Kessel erfolgt zunächst eine Abschätzung der Anzahl der jährlich von den Regelungen betroffenen Kessel. Basierend auf der Anzahl der im Jahr 2019 eingebauten Öl- und Gaskessel wird unter Annahme einer Referenzentwicklung, nach der auch ohne die Einführung der Beschränkungen der Absatz an monovalenten fossilen Kesseln zurückgeht, die jährliche Anzahl der unter die Beschränkung fallenden Kessel abgeschätzt. Im Jahr 2019 umfasste der Absatz an fossilen Kesseln laut der Statistik des BDH²⁰ 587.180 Gaskessel sowie 52.360 Ölkessel. Für die Fortschreibung des Absatzmarktes wird angenommen, dass der Absatz an fossilen Kesseln sich in der Referenzentwicklung in den Jahren 2016-2030 um 30 % (Ölkessel) bzw. 20 % (Gaskessel) reduziert. Zudem wird angenommen, dass bereits heute bei 20 % der neu eingebauten fossilen Kessel eine anteilige Nutzung von Solarthermie besteht (Cischinsky und Diefenbach 2018).

Im nächsten Schritt wird die Verteilung der Heizsysteme abgeschätzt, die sich als Ersatz für die von der Regelung betroffenen Kessel ergibt. Dabei wird angenommen, dass jeweils 10 % der Kessel unter die in § 72 genannten Ausnahmeregelungen fallen. Zudem wird angenommen, dass sowohl für Öl- als auch für Gaskessel 30 % der Ersatzinvestitionen in Anlagen mit ausschließlicher Nutzung von erneuerbaren Energien getätigt werden. Ferner wird angenommen, dass bei Variante 1 (Installationsverbot für monovalente Ölkessel) 35 % der betroffenen Anlagen durch eine Hybrid-Anlage ersetzt werden sowie 25 % durch Gaskessel (15 % als Hybridanlagen und 10 % als monovalente Gaskessel). In Variante 2 (Installationsverbot für monovalente Öl- und Gaskessel) wird angenommen, dass 60 % der monovalenten Gaskessel durch Hybridanlagen ersetzt werden. Anhand der getroffenen Annahmen werden die durchschnittlichen Emissionsfaktoren des Ersatz-Energiemixes berechnet.

Zur Berechnung der THG-Emissionen wird im letzten Schritt der durchschnittliche jährliche Endenergieverbrauch, der durch die Anlagen erzeugt wird, abgeschätzt. Die Abschätzung erfolgt, indem der gesamte durch Öl- bzw. Gaskessel bereitgestellte Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser durch die Anzahl der im Bestand installierten Kessel geteilt wird. Die Endenergieverbräuche für Öl und Gas werden den BMWi-Energiedaten²¹ entnommen, für die Anzahl der Heizkessel im Bestand werden die Erhebungen des Bundesverbands des Schornstefegerhandwerks genutzt (Bundesverband des Schornstefegerhandwerks 2019). Für die Fortschreibung des durchschnittlichen Endenergieverbrauchs in den Jahren 2026-2030 wird angenommen, dass sich durch Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz der Endenergieverbrauch reduziert. Die Verringerung des Endenergieverbrauchs wird anhand des Projektionsberichts 2019 (BReg 2019a) abgeschätzt.

Es werden zudem Sensitivitätsrechnungen durchgeführt, um die Bandbreite der Ergebnisse abzuschätzen, die sich bei einer Variation der zentralen Inputparameter ergibt. Bei der Abschätzung der Wirkung eines Verbots monovalenter fossiler Heizkessel hängen die erzielten Einsparungen insbesondere davon ab, welcher Technologiemit für die ersetzen Heizkessel unterstellt wird. In den Sensitivitätsrechnungen werden somit die oben genannten Annahmen zu den Anteilen der Ersatztechnologien in einem Bereich von bis zu 10 Prozentpunkten variiert.

²⁰ https://www.bdh-koeln.de/fileadmin/user_upload/Pressegrafiken/Marktstruktur_zehn_Jahre_2019_062020_DE.pdf

²¹ <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/energiedaten-gesamtausgabe.html>

12.2 Erwartete THG-Einsparungen und Einordnung der Ergebnisse

In der Variante der Beschränkung des Einbaus von Ölkesseln ab 2026 (Variante 1) ergeben sich im Jahr 2030 THG-Einsparungen von ca. 0,2 - 0,45 Mt. In der Variante, in der auch Gaskessel unter die Beschränkungen fallen (Variante 2), ergeben sich mit ca. 2,2 - 3,3 Mt deutlich größere Einsparungen. Der deutliche Unterschied ist dadurch begründet, dass der Marktanteil von Ölkesseln deutlich niedriger ist als der von Gaskesseln. Während ersterer im Jahr 2019 nur 7 % betrug, dominierten die Gaskessel mit einem Anteil von fast 80 % den Markt. Ein weiterer Grund liegt darin, dass in Variante 1 (ausschließliche Beschränkung von Ölheizungen) der Einbau von Gasheizungen als Ersatzinvestition weiterhin zur Verfügung steht und somit ein Teil der von den Beschränkungen betroffenen Ölkesseln durch Gaskessel ersetzt wird. Die Minderung des Emissionsfaktors ist dadurch geringer als bei einem vollständigen Ersatz der Kessel durch Anlagen basierend auf erneuerbaren Energien und Hybridanlagen.

13 Anspruchsvolle Ausgestaltung von Ökodesign und Energiekennzeichnung

13.1 Kurzbeschreibung der Maßnahme oder des Instruments

Die Bundesregierung setzt sich auf EU-Ebene für eine anspruchsvolle Fortschreibung und zukünftige Ausgestaltung der Durchführungsmaßnahmen unter der Ökodesign-Richtlinie (2009/125/EG) und Energiekennzeichnungs-Verordnung (Reg. (EU) 2017/1369) ein. Zu diesem Zweck wird beispielsweise die EU-Kommission beraten, bei Bedarf eigene ergänzende Studien durchgeführt, Konsultationen mit anderen Mitgliedsstaaten abgehalten und bei Konsultationsforen sowie im Ausschuss nach Art. 19 der Ökodesign-Richtlinie und Artikel 18 der Energieverbrauchskennzeichnungs-Verordnung auf eine zügige Umsetzung und ambitionierte Ausgestaltung einzelner Durchführungsmaßnahmen hingewirkt. Hierfür werden die nötigen Personalkapazitäten bereitgestellt oder bei Bedarf Aufträge vergeben. Hierdurch werden für die einzelnen Produktgruppen jeweils Einsparungen am oberen Rand der bisher angenommenen Spanne erzielt.

13.2 Abschätzungsmethodik

13.2.1 Scope

Die Abschätzung berücksichtigt Aktivitäten, welche die Einführung oder Revision von Durchführungsmaßnahmen im Rahmen der aktuellen Ökodesign- und Energiekennzeichnungsrichtlinie beschleunigen und auf deren ambitionierte Ausgestaltung hinwirken. Sie umfasst sowohl diskutierte, geplante oder im Umsetzungsprozess befindliche neue Maßnahmen als auch geplante oder im Umsetzungsprozess befindliche Revisionen. Eingeschlossen sind ebenfalls Maßnahmenvorschläge, die derzeit im Rahmen von Task 3 der Vorstudie zum 4. Ökodesign-Arbeitsplan (2020-2024) erarbeitet werden (<https://www.ecodesignworkingplan20-24.eu/>).

Inhaltlich bezieht sie sich auf Energieeinsparungen oder an anderer Stelle vermiedenen Energieeinsatz in der Nutzungsphase der Produkte. Nicht in der Abschätzung berücksichtigt werden THG-Einsparungen, die durch materialbezogene Maßnahmen erzielt werden könnten. Für diese ist die Datenlage derzeit noch zu unvollständig, um im Rahmen des vorgegebenen Budgets eine Kurz-Abschätzung vornehmen zu können. Insbesondere fehlen

- ▶ belastbare Informationen zur konkreten Instrumentierung einer zukünftigen Produktpolitik; insbesondere Umfang der Ausweitung der Ökodesign-Richtlinie auf andere Produktgruppen im Rahmen einer Sustainable Products Initiative, und daraus möglicherweise sich ergebende Durchführungsmaßnahmen;
- ▶ standardisierte, belastbare Angaben über die konkreten Folgen von Durchführungsmaßnahmen; etwa bzgl. Recyclbarkeit oder Langlebigkeit für den Produkt- und Stoffdurchsatz;
- ▶ standardisierte und leicht zugängliche Angaben zu den bei der Produktion und Entsorgung der Produkte verwendeten Energiemixe sowie die geographische Verteilung der anfallenden THG-Emissionen.

Daher sind folgende Maßnahmen nicht Teil der Abschätzung:

- ▶ Produktgruppen, bei denen keine nennenswerten Energieeinsparungen in der Nutzungsphase erwartet werden, sondern die Einsparungen ausschließlich durch materialbezogene Maßnahmen

(z.B. Vorschriften zur Produktlebensdauer und Reparierbarkeit) erreicht werden (Beispiel: Gewächshausabdeckungen);

- ▶ materialbezogene Maßnahmen bei Produktgruppen, bei denen sowohl energetische Aspekte in der Nutzungsphase als auch Materialaspekte reguliert werden;
- ▶ die in der aktuellen Vorstudie zum 4. Ökodesign-Arbeitsplan vorgestellten horizontalen Maßnahmen (Dauerhaftigkeit, Leichtbauweise, elektronische Produktkennzeichnung etc.);
- ▶ eine mögliche Ausweitung der Ökodesign-Richtlinie im Rahmen der Sustainable Products Initiative.

Tabelle 24 zeigt, welche Produktgruppen in die Abschätzung einbezogen wurden und welche Annahmen zum Zeitpunkt des Inkrafttretens sowie zum Ambitionsniveau der jeweiligen Durchführungsmaßnahmen getroffen wurden.

Nicht berücksichtigt wurden Produktgruppen, für die Durchführungsmaßnahmen kürzlich (2019) beschlossen oder revidiert wurden. Hier besteht derzeit kein Handlungsfenster. Es ist nicht zu erwarten, dass neue Maßnahmen früh genug in Kraft treten, um sich auf die Treibhausgasemissionen 2030 nennenswert auszuwirken. Außerdem wurden einzelne weitere Produktgruppen aus anderen Gründen nicht berücksichtigt. In Tabelle 25 sind die nicht berücksichtigten Produktgruppen und die jeweiligen Gründe dargestellt

Tabelle 24: Berücksichtigte Produktgruppen

Kategorie - Kürzel	Kategorie - Erläuterung	Produktgruppen	Zeitpunkt Inkrafttreten	Ambitionsniveau
Noch nicht entschieden	Es ist noch keine Entscheidung getroffen worden, ob die Produktgruppe reguliert werden soll (Bsp. Produktgruppen aus Vorstudie zum aktuellen Arbeitsplan)	Fenster, gewerbliche Waschmaschinen, Geschirrspüler und Wäschetrockner (alle 4 Produktgruppen lagen nach einer ersten Vorstudie auf Eis und wurden nun erneut in den Arbeitsplan aufgenommen), Heim-Audio- und Videosysteme, kleine vernetzte Heim- und Bürogeräte, ununterbrochene Stromversorgung, Niedrigtemperatur-Heizkörper, Schwimmbadheizungen, gewerbliche Kaffeemaschinen, kleine Küchengeräte, Straßenbeleuchtung mit Photovoltaik	Ende 2024 (Durchschnitt auf Basis der erwarteten Arbeitsplan-Laufzeit von 2021-2024)	Es werden alle PG reguliert, bei denen in 2030 mindestens eine Einsparung von 2 TWh/a elektrisch (Endenergie) oder 7 PJ/a Primärenergie zu erwarten ist. Das Ambitionsniveau entspricht dem oberen Ambitionsniveau der Arbeitsplanstudie.
in Vorbereitung	Prozess zur Vorbereitung einer Durchführungsmaßnahme ist im Gang (Vorstudie, Impact Assessment, Konsultationsforum etc.)	Wasserkocher, Photovoltaik	1 Jahr nach Abschluss der Vorstudie oder 6 Monate nach Konsultationsforum (gerundet auf halbes Jahr)	Das Ambitionsniveau entspricht dem oberen Ambitionsniveau der Vorstudie oder, wo noch nicht verfügbar, der Arbeitsplanstudie.
in Vorbereitung, verzögert	Prozess zur Vorbereitung einer Durchführungsmaßnahme wurde begonnen, aber nicht weitergeführt (z.B. kein Follow-Up nach Vorstudie oder Konsultationsforum)	Wasserhähne und Duschköpfe, Kompressoren,	Erste Hälfte der PG (ältere): Ende 2021; zweite Hälfte (neuere): Mitte 2022	Das Ambitionsniveau entspricht dem oberen Ambitionsniveau der Vorstudie.
Revision ausstehend	Die Durchführungsmaßnahme steht ab 2020 zur Revision an. Das Inkrafttreten ist spätestens 2026 zu erwarten.	Unternehmensserver, Festbrennstoffkessel, lokale Heizgeräte mit Festbrennstoffen, luftbasierte Heizungen, Schweißgeräte, Transformatoren, Herde, gewerbliche Kühlgeräte, professionelle Kühlgeräte	6 Monate nach dem geplanten Konsultationsforum (gerundet auf halbes Jahr)	Pro Jahr Laufzeit der revidierten Maßnahme bis 2030 werden 1% höhere Einsparungen als für die derzeitige Durchführungsverordnung für 2030 prognostiziert (gemäß Ecodesign Impact Accounting oder, wo nicht verfügbar, gemäß Verordnung)

Kategorie - Kürzel	Kategorie - Erläuterung	Produktgruppen	Zeitpunkt Inkrafttreten	Ambitionsniveau
in Revision	Prozess zur Vorbereitung einer Revision ist im Gang (Revisionsstudie, Impact Assessment, Konsultationsforum etc.)	Computer, Heizkessel und Heißwasserbereiter, Lüftungsanlagen	1 Jahr nach Abschluss der Revisionsstudie oder 6 Monate nach Konsultationsforum (gerundet auf halbes Jahr)	Das Ambitionsniveau entspricht dem oberen Ambitionsniveau der Vorstudie.
in Revision, verzögert	Prozess zur Vorbereitung einer Revision wurde nicht plangemäß begonnen oder wurde begonnen, aber nicht weitergeführt (z.B. kein Follow-Up nach Revisionsstudie oder Konsultationsforum)	Standby und Networked Standby, Lokale Heizgeräte (elektrisch, Gas, Öl), Raumklimageräte und Komfortventilatoren, Umwälzpumpen; Wasser-, Abwasser und Schwimmbadpumpen; Industrielle Ventilatoren; Haushaltswäschetrockner, Staubsauger	Erste Hälfte der PG (ältere): Ende 2021; zweite Hälfte (neuere): Mitte 2022	Das Ambitionsniveau entspricht dem oberen Ambitionsniveau der Vorstudie.

Tabelle 25: Nicht berücksichtigte Produktgruppen

Kategorie	Produktgruppen	Begründung
aktuell	Displays, externe Stromversorgung, Motoren, Reifen, (Haushalts-)Kühlgeräte, Beleuchtung, Haushaltsgeschirrspüler, Haushaltswaschmaschinen	Durchführungsverordnungen wurden kürzlich (2019) beschlossen oder revidiert; derzeit kein Handlungsfenster.
Noch nicht entschieden	Ladeschnittstellen für Elektroautos, industrielle Sensoren, Drohnen, Luftschleier	Einsparung zu gering,
	Router und Switches, Software, gewerbliche Herde und Backöfen, Wasserentkalker	Es liegen noch keine Daten aus der Arbeitsplanstudie vor
	Universelle Batterien, universelle Ladegeräte, Gewächshausabdeckungen	Einsparungen nur aus materialbezogenen Maßnahmen, Energiemix nicht bekannt
	Straßenbeleuchtung mit PV; Niedrigtemperatur-Heizkörper	Potenziell sehr hohe Einsparungen, die aber von zahlreichen Annahmen abhängig sind, unklar, ob Ökodesign geeignetes Instrument, Gefahr der Verzerrung des Gesamtergebnisses
in Vorbereitung	Building Automation Control Systems	Potenziell sehr hohe Einsparungen, die aber von zahlreichen Annahmen abhängig sind, unklar, ob Ökodesign geeignetes Instrument, Energiemix nicht bekannt, Gefahr der Verzerrung des Gesamtergebnisses
	Smartphones	Noch keine ausreichenden Daten vorliegend
	Kühlcontainer	Verkaufszahlenschwelle nicht erreicht, Kommission will nicht regulieren
in Vorbereitung, verzögert	Hochdruckreiniger	Einsparungen zu niedrig
	Smart Appliances	keine belastbaren Abschätzungen vorliegend
	Batterien	Relevante Einsparungen fallen erst nach 2030 an
	Beleuchtungssysteme	in Durchführungsmaßnahmen für Beleuchtung integriert
Revision ausstehend	Aufzüge	Soll im Rahmen der EPBD reguliert werden
	keine	
in Revision	Komplexe Set-Top-Boxen, Drucker und Multifunktionsgeräte, Spielekonsolen	Derzeit Gegenstand einer freiwilligen Vereinbarung (Voluntary Agreement, VA). Die VA wird im Dezember 2020 aktualisiert, danach zunächst kein Handlungsfenster.
in Revision, verzögert	keine	

13.2.2 Quellen und Vorgehen

Basis für die Abschätzungen waren die erwarteten Einsparungen aus vorliegenden Literaturquellen. Quellen waren – wo vorhanden – die aktuellsten Vorstudien oder Revisionsstudien, alternativ (soweit sachlich noch anwendbar) die Vorstudien zum jeweiligen Arbeitsplan bzw. für Revisionen bestehender Durchführungsmaßnahmen sowie das Ecodesign Impact Accounting (EIA) (Wierda und Kemna 2018; rev. 2019). Für Wasserhähne und Duschköpfe wurde eine im Jahr 2017 durchgeführte eigene Studie für Deutschland (Weiß et al. 2018, Kap. 3.7) zugrunde gelegt, die detaillierte Modellierungen vornimmt. Hier wurden mittlere Werte angenommen.

Wenn angenommen wurde, dass Durchführungsmaßnahmen später in Kraft treten als in der jeweiligen Datengrundlage vorgesehen, wurde für jedes halbe Jahr ein prozentualer Abschlag von den erwarteten Einsparungen vorgenommen.

Ermittelt wurden zunächst die Primär- bzw. Endenergieeinsparungen auf EU-Ebene. Eine frühere Studie (Weiß et al. 2018, Kap. 2) hat ergeben, dass die Einsparungen in Deutschland zwischen rund 2 % und rund 17 % der EU-weiten Einsparungen betragen; im gewichteten Mittel rund 10 %. Daher wurde angenommen, dass 10 % der abgeschätzten Einsparungen in Deutschland anfallen. Nicht berücksichtigt wurden Änderungen, die sich durch den Austritt des Vereinigten Königreiches aus der Europäischen Union ergeben.

Emissionsfaktoren

Für diese Energieeinsparungen wurden entsprechend der Energieträger mit spezifischen Emissionsfaktoren für Deutschland die Treibhausgaseinsparungen ermittelt. Zusätzlich zu den in Tabelle 3 dargestellten Emissionsfaktoren wurden für Geräte zur Warmwasserbereitung und Raumheizung, die mit verschiedenen Brennstoffen betrieben werden, gewichtete Emissionsfaktoren verwendet. Die Gewichtung von Erdgas vs. Heizöl sowie von Koks vs. Holzpellets bei Festbrennstoffkesseln erfolgte entsprechend des Anteils dieser Brennstoffe an der Raumheizung und Warmwasserbereitung in Deutschland gemäß den Anwendungsbilanzen der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (Frondel et al. 2019). Für lokale Raumheizgeräte mit Festbrennstoffen wurde eine Verteilung von Brennholz, Braun- und Steinkohle entsprechend der im Internet recherchierten Modellverteilung eines großen Anbieters angenommen. Daraus ergaben sich die in Tabelle 26 dargestellten gewichteten Emissionsfaktoren.

Tabelle 26: Gewichtete Emissionsfaktoren für Ökodesign-Produkte

Produkt	Gewichtung für Anwendung und Brennstoffe	Gewichteter Emissionsfaktor (kg CO ₂ e / MWh)
Lokale Heizgeräte, Heizkessel, Lüftungsanlagen, Fenster, Niedrigtemperatur-Heizkörper	Raumwärme; Gas / Öl	224
Warmwasserbereiter, Schwimmbadheizungen	Warmwasser; Gas / Öl	218
Lokale Raumheizgeräte mit Festbrennstoffen	Kaminöfen; Braunkohle / Steinkohle / Holz	143
Festbrennstoffkessel	Raumwärme; Holzpellets / Koks	57

13.3 Erwartete THG-Einsparungen

Tabelle 27 fasst die Ergebnisse für die Gesamtheit der abgeschätzten Produktgruppen zusammen. Die Tabelle gibt die Energieeinsparungen für die einzelnen Produktgruppen nach Energieträgern aufgeschlüsselt wieder. Anschließend werden mit Hilfe von THG-Emissionsfaktoren die THG-Einsparungen für die einzelnen Energieträger berechnet.

Zur Orientierung ist zunächst die Gesamtsumme aller abgeschätzten Produktgruppen angegeben. Diese muss jedoch in mehrfacher Hinsicht qualifiziert werden:

- ▶ Ein Teil der abgeschätzten Produkte sind keine Produkte für Endkonsument*innen und fallen daher streng genommen nicht in den Anwendungsbereich des NPNK.
- ▶ Ein großer Teil der Einsparungen entfällt auf Heizkessel und Warmwasserbereiter mit fossilen Energien. Hier besteht eine Überschneidung mit der Maßnahme „Phase-Out für fossile Heizkessel“.
- ▶ Für einige Produktgruppen mit hohen Potenzialen ist eine Regulierung nicht kurzfristig politisch wahrscheinlich. Gegen eine Regulierung von Fenstern sowie Wasserhähnen und Duschköpfen bestehen starke politische Widerstände.

Für eine realitätsnähere Abschätzung wurden daher zwei weitere Summen gebildet:

- ▶ Variante 1: Nur Verbraucher*innen-Produkte; ohne fossile Heizkessel und Warmwasserbereiter. Hier ergeben sich rund 4,1 Mt CO_{2e}/a
- ▶ Variante 2: Nur Verbraucher*innen-Produkte; ohne fossile Heizkessel und Warmwasserbereiter sowie Fenster, Wasserhähne und Duschköpfe. Sie liefert knapp 2,3 Mt CO_{2e}/a.

Tabelle 27: Erwartete THG-Einsparungen für Deutschland

Kategorie	Produktgruppe	Annahme: Inkraftre ten	Annahme: Einsparung 2030	Energieeinsparung Deutschland (TWh/a 2030)			Treibhausgas-Einsparung Deutschland (1.000 t CO ₂ e/a 2030)		
				Strom	Gas/Öl	Festbrennst offe	Strom	Gas/ Öl	Festbrennst offe
in Revision, verzögert	(Networked) Standby	Ende 2021	Obergrenze Vorstudie	0,50			165,9		0,0
	Lokale Heizgeräte (elektrisch, Gas, Öl)	Mitte 2022	Obergrenze Vorstudie	0,13	0,33		44,5	74,5	0,0
	Raumklimageräte < 12 kW	Ende 2021	Obergrenze Vorstudie	0,27			91,7		0,0
	Umwälzpumpen < 2,5 kW	Ende 2021	Obergrenze Vorstudie	0,24			80,2		0,0
	Wasser-, Abwasser- und Schwimmbadpumpen	Mitte 2022	Obergrenze Vorstudie	3,71			1238, 8		0,0
	Industrielle Ventilatoren	Ende 2021	Obergrenze Vorstudie	0,93			311,0		0,0
	Haushaltswäschetrockner	Ende 2021	Obergrenze Vorstudie	0,34			112,0		0,0
	Staubsauger	Mitte 2022	Obergrenze Vorstudie	0,28			93,7		0,0
in Revision	Computer und Server	Mitte 2021	Obergrenze Vorstudie	2,47			825,0		0,0
	Heißwasserbereiter	Ende 2021	Obergrenze Vorstudie	0,71	2,75		236,2	659,1	0,0
	Heizkessel	Ende 2021	Obergrenze Vorstudie	-0,59	7,96		- 198,3	1780, 4	0,0
	Lüftungsanlagen	Ende 2021	Obergrenze Vorstudie	0,03	0,73		10,6	163,4	0,0
noch nicht	Fenster	Ende 2024	Obergrenze Arbeitsplanstudie	0,18	4,03		58,7	901,5	0,0

Kategorie	Produktgruppe	Annahme: Inkrafttreten	Annahme: Einsparung 2030	Energieeinsparung Deutschland (TWh/a 2030)			Treibhausgas-Einsparung Deutschland (1.000 t CO ₂ e/a 2030)		
entschieden	Heim-Audio- und Videosysteme	Ende 2024	Obergrenze Arbeitsplanstudie	0,24			80,2		0,0
	Kleine vernetzte Bürogeräte	Ende 2024	Obergrenze Arbeitsplanstudie	0,92			307,3		0,0
	Mobilfunk-Basisstationen	Ende 2024	Obergrenze Arbeitsplanstudie	0,30			100,2		0,0
	Ununterbrochene Stromversorgung	Ende 2024	Obergrenze Arbeitsplanstudie	0,54			179,1		0,0
	Schwimmbadheizungen	Ende 2024	Obergrenze Arbeitsplanstudie	0,24	0,13		81,5	31,0	0,0
	Gewerbliche Kaffeemaschinen	Ende 2024	Obergrenze Arbeitsplanstudie	0,26			86,8		0,0
	Haushaltskaffeemaschinen	Ende 2024	Obergrenze Arbeitsplanstudie	0,09			28,8		0,0
	Klein-Küchengeräte	Ende 2024	Obergrenze Arbeitsplanstudie	0,51			170,3		0,0
	Gewerbliche Geschirrspüler	Ende 2024	Obergrenze Arbeitsplanstudie	0,08	0,06		27,6	11,3	0,0
	Gewerbliche Wäschetrockner	Ende 2024	Obergrenze Arbeitsplanstudie	0,03	0,25		11,3	50,9	0,0
	Gewerbliche Waschmaschinen	Ende 2024	Obergrenze Arbeitsplanstudie	0,04	0,02		13,4	4,1	0,0
	Haartrockner	Ende 2024	Obergrenze Arbeitsplanstudie	0,20			66,8		0,0
	Photovoltaik	Ende 2021	Obergrenze Vorstudie	0,99			330,7		0,0

Kategorie	Produktgruppe	Annahme: Inkrafttreten	Annahme: Einsparung 2030	Energieeinsparung Deutschland (TWh/a 2030)			Treibhausgas-Einsparung Deutschland (1.000 t CO ₂ e/a 2030)		
Reg. in Vorb.	Wasserkocher	Ende 2021	Obergrenze Arbeitsplanstudie	0,88			293,9		0,0
Reg. in Vorb., verzögert	Wasserhähne und Duschköpfe	Mitte 2022	entsprechend Öko-Institut 2017	0,71	3,09		237,6	674,8	0,0
	Standardkompressoren	Ende 2021	Obergrenze Vorstudie	0,31			102,8		0,0
	Niedrigdruck und ölfreie Kompressoren	Ende 2021	Obergrenze Vorstudie	0,22			72,1		0,0
Revision ausstehend	Unternehmensserver und Datenspeicherung	Mitte 2023	plus 7,5 % gegenüber EIA	0,02			8,3		0,0
	Festbrennstoffkessel	Ende 2024	plus 6 % gegenüber EIA	0,00		0,09	0,0		5,1
	Lokale Heizgeräte mit festen Brennstoffen	Ende 2026	plus 4 % gegenüber Verordnung 2015/1185	0,00		0,16	0,0		23,5
	Luftheizungsprodukte > 12 kW	Mitte 2023	plus 7,5 % gegenüber EIA	0,11			35,1		0,0
	Schweißgeräte	Mitte 2025	plus 5,5 % gegenüber Verordnung 2019/1784	0,01			2,0		0,0
	Transformatoren	Ende 2023	plus 7 % gegenüber EIA	0,13			44,4		0,0
	Herde	Ende 2023	plus 7 % gegenüber EIA	0,04	0,01		11,7	2,8	0,0
	Gewerbliche Kühlgeräte	Mitte 2024	plus 6,5 % gegenüber EIA	0,12			41,2		0,0
Professionelle Kühlgeräte	Ende 2022	plus 8% gegenüber EIA	0,09			29,4		0,0	
Summe (Orientierung)				16,3	19,4	0,3	5.432,4	4.353,8	28,6

Kategorie	Produktgruppe	Annahme: Inkraftre- ten	Annahme: Einsparung 2030	Energieeinsparung Deutschland (TWh/a 2030)			Treibhausgas-Einsparung Deutschland (1.000 t CO ₂ e/a 2030)		
Summe Variante 1: Verbraucher*innenprodukte ohne fossile Heizgeräte				7,6	7,1	0,1	2.543 ,6	1.579 ,1	5,1
GESAMTSUMME Variante 1				14,8			4.127,9		
Summe Variante 2: Verbraucher*innenprodukte ohne fossile Heizgeräte, Fenster sowie Wasserhähne und Duschköpfe				6,7	0,0	0,1	2.247 ,4	2,8	5,1
GESAMTSUMME Variante 2				6,8			2.255,3		

13.4 Einordnung der Ergebnisse

Der weitaus größte Teil der Einsparungen entfällt auf wenige Produktgruppen. Dies sind vor allem Produktgruppen, die hier aus anderen Gründen aus der Abschätzung herausgerechnet wurden: Nicht-Verbraucher*innenprodukte (vor allem Pumpen); und Produkte im Bereich Raumwärme und Warmwasser (Heizkessel, Warmwasserbereiter, Fenster; Wasserhähne und Duschköpfe). Unter den relevanten Verbraucher*innen-Produkten liegt das größte Potenzial bei den Computern, wovon allerdings ebenfalls der größte Teil nicht im Haushalt anfallen dürfte (hier mangels Daten nicht herausgerechnet).

Die dargestellten Einsparungen sind für Deutschland zu erwarten. Die Einsparungen auf EU-Ebene dürften etwa um den Faktor 10 höher sein.

Die Einsparung ist einerseits optimistisch geschätzt, da die zugrunde gelegten Abschätzungen auf EU-Ebene in der Regel von optimistischen Szenarien (kurze Regulierungszyklen, schnelle Marktdurchdringung) ausgehen. Auf der anderen Seite beziehen sich die Ergebnisse nur auf die Energieeinsparungen (bzw. vermiedenen Energieverbrauch an anderer Stelle) in der Nutzungsphase, nicht auf den Energieverbrauch über den Lebenszyklus. Die tatsächlichen Einsparungen könnten daher in manchen Fällen höher sein, allerdings nicht unbedingt in Deutschland anfallen.

Nicht angegeben werden kann, welcher Anteil der Einsparungen im Einzelnen auf die Aktivitäten der Bundesregierung zurückzuführen ist.

14 Literaturverzeichnis

Ärzteblatt (2020): <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/117722/Mehr-als-730-000-Menschen-leben-in-Deutschland-in-Pflegeeinrichtungen>

Agora Verkehrswende (2019): Klimabilanz von Elektroautos. Einflussfaktoren und Verbesserungspotenzial. ifeu Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg im Auftrag von Agora Verkehrswende. https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2018/Klimabilanz_von_Elektroautos/Agora-Verkehrswende_22_Klimabilanz-von-Elektroautos_WEB.pdf

AK OGA (2019): Arbeitskreis der Oberen Gutachterausschüsse, Zentralen Geschäftsstellen und Gutachterausschüsse in der Bundesrepublik Deutschland (Hg.) Immobilienmarktbericht Deutschland 2019. <https://redaktion-akoga.niedersachsen.de/startseite/> zuletzt geprüft am 26.01.2021.

BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2017). Lücken in der Leerstandsforschung - Wie Leerstände Besser Erhoben Werden Können (2017): Lücken in der Leerstandsforschung - wie Leerstände besser erhoben werden können. Workshop am 7. Februar 2017 in Berlin. Unter Mitarbeit von Eva Korinke. Bonn: (BBSR-Berichte kompakt, 2017,02). <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/berichte-kompakt/2013-2017/bk-02-2017.html>, zuletzt geprüft am 22.02.2021

BCS – Bundesverband Carsharing (2018): CarSharing fact sheet Nr. 7. BCS, 2018. https://carsharing.de/sites/default/files/uploads/bcs_factsheet_7_final_versandversion.pdf, zuletzt geprüft am 08.02.2020.

BfEE - Bundesstelle für Energieeffizienz (2017): Energiemonitoring und Informationsaustausch bei Geräten und Anlagen (Zählerstudie). https://www.bfee-online.de/SharedDocs/Downloads/BfEE/DE/Effizienzpolitik/zaehlerstudie.pdf?__blob=publicationFile&v=2.

BMW AG; DLR; DB Rent GmbH; Landeshauptstadt München; Universität der Bundeswehr München; Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (2016): Wirkung von E-Car Sharing Systemen auf Mobilität und Umwelt in urbanen Räumen (WiMobil), WiMobil Ergebnisbericht. im Rahmen des FuE-Programms "Förderung von Forschung und Entwicklung im Bereich der Elektromobilität" des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), 2016.

BMWi - Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hg.) (2019): Energieeffizienzstrategie 2050. Berlin, 2019. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienzstrategie-2050.pdf?__blob=publicationFile&v=12, zuletzt geprüft am 25.01.2021.

Bock (2021): <https://www.studentenwerke.de/de/node/1758>

BReg - Bundesregierung der Bundesrepublik Deutschland (2019a): Projektionsbericht 2019 für Deutschland, gemäß Verordnung (EU) Nr. 525/2013, <https://www.klimareporter.de/images/dokumente/2019/05/Projektionsbericht-der-Bundesregierung-2019.pdf>, zuletzt geprüft am 24.07.2019.

BReg - Bundesregierung der Bundesrepublik Deutschland (2019b): Langfristige Renovierungsstrategie der Bundesregierung. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/J-L/langfristige-renovierungsstrategie.pdf?__blob=publicationFile&v=4, zuletzt geprüft am 27.01.2021.

Brischke, L.; Leuser, L.; Duscha, M.; Thomas, S.; Thema, J.; Spitzner, M.; Kopatz, M.; Baedeker, C.; Lahusen, M.; Ekardt, F.; Beeh, M. (2016): Energiesuffizienz - Strategien und Instrumente für eine technische, systemische und kulturelle Transformation zur nachhaltigen Begrenzung des Energiebedarfs im Konsumfeld Bauen / Wohnen. Endbericht. https://energiesuffizienz.files.wordpress.com/2016/12/energiesuffizienz_endbericht.pdf

Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks (2019): Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks 2019. <https://www.schornsteinfeger.de/sonderdruck-2019.pdf?forced=true>.

Cischinsky, H.; Diefenbach, N. (2018): Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016, Datenerhebung zu den energetischen Merkmalen und Modernisierungsraten im deutschen und hessischen Wohngebäudebestand. Institut für Wohnen und Umwelt. Darmstadt, 2018.

dena (2010): effizient mobil - Das Aktionsprogramm für Mobilitätsmanagement, Programmdokumentation 2008-2010, 2010.

https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/7035_MOB_Broschuere_Das_Aktionsprogramm_fuer_Mobilitaetsmanagement.pdf, zuletzt geprüft am 05.02.2021.

Destatis – Statistisches Bundesamt (2016): Gebäude und Wohnungen. Bestand an Wohnungen und Wohngebäuden - Bauabgang von Wohnungen und Wohngebäuden - Lange Reihen ab 1969 – 2017.

Destatis (2017a): Bevölkerungsentwicklung bis 2060 – Ergebnisse der 13. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung, Aktualisierte Rechnung auf Basis 2015

Destatis (2017b): Entwicklung der Privathaushalte bis 2035 – Ergebnisse der Haushaltsvorausberechnung - 2017

Deutscher Bundestag (2019): Rechtliche Möglichkeiten zur Besteuerung von Flugbenzin in Deutschland. <https://www.bundestag.de/resource/blob/653690/c217484733b97feb484ff7677d08f3da/WD-4-086-19-pdf-data.pdf>.

Destatis - Statistisches Bundesamt (2019a): Bautätigkeit und Wohnungen 2018, Fachserie 5 Reihe 1, 2019.

Destatis - Statistisches Bundesamt (2019b): Statistisches Jahrbuch 2019, Arbeitsmarkt, 2019. https://www.destatis.de/DE/Themen/Querschnitt/Jahrbuch/jb-arbeitsmarkt.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 05.02.2020.

Destatis - Statistisches Bundesamt (2019c): Unternehmensregister, Rechtliche Einheiten und abhängig Beschäftigte nach Beschäftigten-größen-klassen und Wirtschaftsabschnitten, 2019. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Unternehmen/Unternehmensregister/Tabellen/unternehmen-beschaefigtengroessenklassen-wz08.html#fussnote-3-129336>, zuletzt geprüft am 05.02.2021.

Destatis (2020a): https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-Kultur/Schulen/_inhalt.html

Destatis (2020b): https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-Kultur/Hochschulen/_inhalt.html

Destatis – Statistisches Bundesamt (2020c): Gebäude und Wohnungen. Bestand an Wohnungen und Wohngebäuden - Bauabgang von Wohnungen und Wohngebäuden - Lange Reihen ab 1969 – 2019. https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Wohnen/Publikationen/Downloads-Wohnen/fortschreibung-wohnungsbestand-pdf-5312301.pdf?__blob=publicationFile

Destatis (2021a): <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Gesundheit/Krankenhaeuser/Tabellen/eckzahlen-krankenhaeuser.html>

Destatis (2021b): <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Gesundheit/Vorsorgeeinrichtungen-Rehabilitationseinrichtungen/Tabellen/gd-vorsorge-reha-jahre.html>

Deutscher Bundestag (2019a): Fahrzeug-Emissionen bei 30 km/h und 50 km/h, 2019. <https://www.bundestag.de/resource/blob/670978/11c58eeb3377baed5971fee5a17e2b72/WD-8-102-19-pdf-data.pdf>.

Deutscher Bundestag (2019b): Rechtliche Möglichkeiten zur Besteuerung von Flugbenzin in Deutschland, 2019. <https://www.bundestag.de/resource/blob/653690/c217484733b97feb484ff7677d08f3da/WD-4-086-19-pdf-data.pdf>.

Dewulf, J.; Manfredi, S.; Sala, S.; Castellani, V.; Góralczyk, M.; Notarnicola, B.; Tassielli, G.; Renzulli, P.; Ferrão, P.; Pina, A.; Baptista, P.; Lavagna, M. (2014): Indicators and targets for the reduction of the environmental impact of EU consumption: Basket-of-products indicators and prototype targets for the reduction of environmental impact of EU consumption. Deliverable 5 (JRC science and policy reports). European Commission, Joint Research Center, Institute for Environment and Sustainability, 2014. https://eplca.jrc.ec.europa.eu/uploads/JRC92892_qms_h08_lcind_deliverable5_final_20141125.pdf, zuletzt geprüft am 16.10.2019.

CBRE-Empirica (2020): CBRE-empirica-Leerstandsindex 2009-2019, Ergebnisse und Methodik. <https://www.empirica-institut.de/nc/nachrichten/details/nachricht/cbre-empirica-leerstandsindex-2020/>

Foster, C.; Green, K.; Bleda, M.; Dewick, P.; Evans, B.; Flynn, A.; Mylan, J. (2006): Environmental Impacts of Food Production and Consumption: A Report to the Department of Environment, Food and Rural Affairs by Manchester Business School. Department for Environment, Food and Rural Affairs, UK, 2006. <http://www.ifr.ac.uk/waste/Reports/DEFRA-Environmental%20Impacts%20of%20Food%20Production%20%20Consumption.pdf>, zuletzt geprüft am 08.12.2016.

Frondel, M.; Janßen-Timmen, R.; Sommer, S. (2019): Erstellung der Anwendungsbilanzen 2018 für den Sektor der Privaten Haushalte und den Verkehrssektor in Deutschland. Endbericht - August 2019. Forschungsprojekt im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. RWI Leibniz Institut für Wirtschaftsforschung (Hg.), 2019. https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=rwi_-_einzelbericht_haushalte_verkehr_2016_-_2017.pdf.

Haus&Grund (2018): Vermieterbefragung Ergebnisse 2017 – Deutschland. https://www.hausundgrund.de/sites/default/files/downloads/vermieterbefragung2018deutschland_0.pdf, zuletzt geprüft am 26.01.2021.

Hülsmann, F.; Wiepking, J.; Wiebke Zimmer; Sunderer, G.; Götz, K.; Sprinke, Y. (2018): share - Wissenschaftliche Begleitforschung zu car2go mit batterieelektrischen und konventionellen Fahrzeugen, Forschung zum free-floating Carsharing. Abschlussbericht. Öko-Institut; Institut für sozial-ökologische Forschung. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (Hg.). Berlin, 2018. <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/share-Wissenschaftliche-Begleitforschung-zu-car2go-mit-batterieelektrischen-und-konventionellen-Fahrzeugen.pdf>, zuletzt geprüft am 11.01.2019.

Jungbluth, N.; Itten, R.; Stucki, M. (2012): Umweltbelastungen des privaten Konsums und Reduktionspotentiale. Schlussbericht. ESU-services GmbH. Bundesamt für Umwelt, Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK (Hg.), 2012.

Keller, M.; Hausberger, S.; Matzer, C.; Wüthrich, P.; Notter, B. (2017): HBEFA Version 3.3. Hintergrundbericht. Infrac; IVT Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme; MKC Consulting GmbH. https://www.hbefa.net/e/documents/HBEFA33_Hintergrundbericht.pdf, zuletzt geprüft am 22.11.2018.

Knörr, W.; Heidt, C.; Gores, S.; Bergk, F. (2018): Aktualisierung „Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2035“ (TREMODO) für die Emissionsberichterstattung 2016 (Berichtsperiode 1990-2014). Endbericht. Umweltbundesamt. https://www.ifeu.de/wp-content/uploads/Endbericht_TREMODO_2016_160701.pdf, zuletzt geprüft am 10.02.2021.

Litman, T. (2013): Transport Elasticities: Impacts on Travel Behaviour, Understanding Transport Demand to Support Sustainable Travel Behaviour. Sustainable Urban Transport Technical Document # 1. Deutsche

Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit (Hg.), 2013. <http://www.transport-indonesia.org/Web-Publications/A%20giz2013-0280en-transport-elasticity.pdf>, zuletzt geprüft am 19.06.2017.

Loose, W. (2016): Mehr Platz zum Leben – wie CarSharing Städte entlastet, Ergebnisse des bcs-Projektes „CarSharing im innerstädtischen Raum – eine Wirkungsanalyse“. Endbericht. Bundesverband CarSharing, 2016. <https://carsharing.de/alles-ueber-carsharing/studien/mehr-platz-zum-leben-carsharing-staedte-entlastet>

Mahler, B.; Idler, S.; Nusser, T.; Gantner, J. (2019): Energieaufwand für Gebäudekonzepte im gesamten Lebenszyklus. Umweltbundesamt, Dessau: Texte 132/2019. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-10-29_texte_132-2019_energieaufwand-gebaeudekonzepte.pdf

Mittelstandsinitiative Energiewende und Klimaschutz (2020): Praxisleitfaden Betriebliches Mobilitätsmanagement, 2020. https://www.mittelstand-energiewende.de/fileadmin/user_upload_mittelstand/MIE_vor_Ort/Leitf%C3%A4den/digital_klima_navi_final.pdf, zuletzt geprüft am 05.02.2021.

Navigant (2018): Potenziale von Klima- und Lüftungstechnik als Beitrag zur Umsetzung des klimaneutralen Gebäudebestandes 2050. <https://guidehouse.com/-/media/www/site/downloads/energy/2019/navigant2018ventilationclimatepotentialsgerman.pdf>, zuletzt geprüft am 28.01.2021.

Noleppa, S. (2012): Klimawandel auf dem Teller. agripol GbR. WWF (Hg.), 2012. https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Klimawandel_auf_dem_Teller.pdf, zuletzt geprüft am 20.12.2016.

NQZ (2017a): <https://www.nqz.de/kita/zahlen-fakten/#&gid=1&pid=1>

NQZ (2017b): <https://www.nqz.de/ac/schule/zahlen-fakten/>

Prognos; Öko-Institut e.V.; Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (2020): Klimaneutrales Deutschland. In drei Schritten zu null Treibhausgasen bis 2050 über ein Zwischenziel von -65 % im Jahr 2030 als Teil des EU-Green-Deals. Agora Energiewende; Agora Verkehrswende und Stiftung Klimaneutralität (Hg.), November 2020. https://static.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2020/2020_10_KNDE/A-EW_195_KNDE_WEB_V111.pdf, zuletzt geprüft am 29.11.2020.

PWC - PricewaterhouseCoopers GmbH (2017): Evaluation der Energieeinsparberatung und der Energie-Checks der Verbraucherzentralen, für das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle. Endbericht, 2017. https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Bundesamt/evaluation_energiesparberatung_energiechecks.pdf?__blob=publicationFile&v=2, zuletzt geprüft am 25.01.2021.

PWC - PricewaterhouseCoopers GmbH (2019): Evaluation der Energieberatung für Wohngebäude, 2019. https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/ebw_evaluierungsbericht_2019.pdf?__blob=publicationFile&v=2, zuletzt geprüft am 18.02.2021

Reinhardt; Gärtner; Wagner (2020): Ökologische Fußabdrücke von Lebensmitteln und Gerichten in Deutschland. Hg. v. ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung. Heidelberg. Online verfügbar unter <https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/Reinhardt-Gaertner-Wagner-2020-Oekologische-Fu%C3%9Fabdruecke-von-Lebensmitteln-und-Gerichten-in-Deutschland-ifeu-2020.pdf>, zuletzt geprüft am 23.04.2021.

Repenning, J.; Schumacher, K.; Bergmann, T.; Blanck, R.; Böttcher, H.; Bürger, V. et al. (2018): Folgenabschätzung zu den ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Folgewirkungen der Sektorziele für 2030 des Klimaschutzplans 2050 der Bundesregierung. Freiburg, Darmstadt, Berlin: Öko-Institut. <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Folgenabschaetzung-Klimaschutzplan-2050-Endbericht.pdf>

Sanders, J.; Heß, J. (Hg.) (2019): Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft (Thünen-Report, 65). Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut.

https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-report/Thuenen_Report_65.pdf, geprüft am 31.05.2017.

Schreier, H.; Grimm, C.; Kurz, U.; Schwieger, B.; Keßler, S.; Möser, G. (2018): Analyse der Auswirkungen des Car-Sharing in Bremen, Endbericht des Projekts "SHARE-North". team read (Hg.), 2018. https://www.cambio-carsharing.de/cms/downloads/d8d44462-f940-423c-8b0c-fc44d1f3bc39/tr_Endbericht_Bremen_.pdf

Stieß et al. (2020) Stieß, I.; Sunderer, G.; Birzle-Harder, B. (2020): Wohnsituation und Wohnwünsche von älteren Hauseigentümer*innen und Umzugsinteressierten im Kreis Steinfurt. Ergebnisse einer telefonischen Befragung. Frankfurt am Main: ISOE. <https://www.oeko.de/fileadmin/lebensraeume/LebensRaeume-standardisiert.pdf>

Statista (2021): Erzeugerpreisindex für Kerosin (Flugturbinenkraftstoff aus Leuchtöl) in Deutschland in den Jahren 2009 bis 2019. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/505203/umfrage/preisentwicklung-kerosin-in-deutschland/>.

Stucki et al. (2012): <http://esu-services.ch/fileadmin/download/stucki-2012-Poster-Mahlzeiten-ART.pdf>

Sunderer et al. (2018): Sunderer, G.; Birzle-Harder, B., Stieß, I. (2018): Wohnwünsche und Wohnbedürfnisse von Zielgruppen für eine effiziente Wohnflächennutzung -Ergebnisse einer standardisierten Befragung. Chartbericht. <https://www.oeko.de/fileadmin/lebensraeume/LebensRaeume-standardisiert.pdf>

Teufel, J. (2018): TRAFO 3.0 Gestaltungsmodell für sozialökonomische Transformationsprozesse in der Praxis, Entwicklung und Erprobung in drei Anwendungsfeldern (Arbeitspapier). Öko-Institut e.V., 2018.

[https://www.trafo-3-](https://www.trafo-3-0.de/fileadmin/user_upload/Arbeitspapier_Umweltwirkungen_Fleischproduktion_u_konsum.pdf)

[0.de/fileadmin/user_upload/Arbeitspapier_Umweltwirkungen_Fleischproduktion_u_konsum.pdf](https://www.trafo-3-0.de/fileadmin/user_upload/Arbeitspapier_Umweltwirkungen_Fleischproduktion_u_konsum.pdf), zuletzt geprüft am 17.10.2019.

Tukker, A.; Geerken, T.; van Holderbeke, M.; Jansen, B.; Huppej, G.; Guinée, J.; Heijungs, R.; Koning, A. de; van Oers, L.; Suh, S.; Nielsen, P. (2006): Environmental Impact of Products (EIPRO) Analysis of the life cycle environmental impacts related to the final consumption of the EU-25. European Commission, Joint Research Center, Institute for Prospective Technological Studies (Hg.), 2006.

http://ec.europa.eu/environment/ipp/pdf/eipro_report.pdf

UBA - Umweltbundesamt (2016): Umweltschädliche Subventionen in Deutschland. Subventionsbericht, Dezember 2016, pdf: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltschaedliche-subventionen-in-deutschland-2016>; zuletzt geprüft am 06.02.2018.

UBA - Umweltbundesamt (2016b): Wirkungen von Tempo 30 an Hauptverkehrsstraßen, 2016.

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/publikationen/wirkungen_von_tempo_30_an_hauptstrassen.pdf.

UBA - Umweltbundesamt (2019a): Mobilitätsmanagement in der Bundesverwaltung, Handlungsempfehlungen für die Praxis. Unter Mitarbeit von Bauer, U.; Stein, T. und Langer, V. Umweltbundesamt (Hg.), 2019.

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/uba_fb_lf_mobilitaetsmanagement_final_bf.pdf, zuletzt geprüft am 05.02.2021.

UBA – Umweltbundesamt (2019b): Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität – RESCUE: Langfassung. Climate Change 36/2019.

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/rescue_studie_cc_36-2019_wege_in_eine_ressourcenschonende_treibhausgasneutralitaet.pdf

UBA - Umweltbundesamt (2020a): Abschätzung der Treibhausgasminderungswirkung des Klimaschutzprogramms 2030 der Bundesregierung Teilbericht des Projektes „THG-Projektion:

Weiterentwicklung der Methoden und Umsetzung der EU-Effort Sharing Decision im Projektionsbericht 2019 („Politiksznarien IX“), 2020. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/abschaetzung-der-treibhausgasminderungswirkung-des>.

UBA - Umweltbundesamt (2020b): Klimaschutz durch Tempolimit. Unter Mitarbeit von Lange, M.; Hendzlik, M. und Schmied, M., 2020.

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-06-15_texte_38-2020_wirkung-tempolimit_bf.pdf, zuletzt geprüft am 27.10.2020.

UBA – Umweltbundesamt (2020c): Aktualisierung der Modelle TREMOD/TREMOD-MM für die Emissionsberichterstattung 2020 (Berichtsperiode 1990-2018), Berichtsteil „TREMOD“. ifeu Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg im Auftrag des Umweltbundesamtes. UBA Texte 116/https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-06-29_texte_116-2020_tremod_2019_0.pdf

vzbv - Verbraucherzentrale Bundesverband e.V. (2021): Eignungs-Check Heizung | Energieberatung der Verbraucherzentrale. Verbraucherzentrale Bundesverband e.V. (Hg.). <https://verbraucherzentrale-energieberatung.de/beratung/bei-ihnen/eignungs-check-heizung/>, zuletzt aktualisiert am 25.01.2021, zuletzt geprüft am 25.01.2021.

Wagner, L.; Speck, M.; Buchborn, F.; Engelmann, T.; Bienge, K.; Friedrich, S.; Teitscheid, P.; Langen, N. (2020): AP 1: Weiterentwicklung der wissenschaftlichen Bewertungsgrundlagen – Aktualisierung und Ergänzung des digitalen Bewertungstools. Arbeitspapier 1 des NAHGAST II Projekts. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie gGmbH; online verfügbar via URL: <https://www.nahgast.de/publikationen/>; zuletzt abgerufen am 25.04.2021

Weidema, B. P.; Wesnaes, M.; Hermansen, J.; Kristensen, T.; Halberg, N. (2008): Environmental improvement potential of meat and dairy products. JRC IPTS. European Commission, Joint Research Center, Institute for Prospective Technological Studies (Hg.), 2008. Wierda, L.; Kemna, R. (2018 (rev. 2019)): Ecodesign Impact Accounting, Status Report 2018. Van Holsteijn en Kemna B.V. European Commission, D. E. (Hg.), 2018 (rev. Jan. 2019). https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/eia_status_report_2017_-_v20171222.pdf, zuletzt geprüft am 13.08.2019.

Weiß, U.; Werle, M.; Brischke, L.-A.; Leuser, L.; Schmolck, B.; Woywode, A.; Fischer, C.; Baron, Y.; Blepp, M.; Gensch, C.-O.; Hesse, T.; Keimeyer, F.; Rüdener, I. et al. (2018): Wissenschaftliche Untersuchung der Energieverbrauchsentwicklung und Maßnahmen zur Steigerung der produktbezogenen Energieeffizienz. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Endbericht. I C 4 - 80 14 36/18, Projekt BMWi 8/15. Berlin, Freiburg, Darmstadt, 2018. https://www.ifeu.de/wp-content/uploads/181206-Produktstudie_Endbericht_final_format.pdf

Wierda, L.; Kemna, R. (2018 (rev. 2019)): Ecodesign Impact Accounting, Status Report 2018. Van Holsteijn en Kemna B.V. European Commission, D. E. (Hg.), 2018 (rev. Jan. 2019). https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/eia_status_report_2017_-_v20171222.pdf, zuletzt geprüft am 13.08.2019.

Wolff, F.; Fischer, C.; Brunn, C.; Grießhammer, R.; Muster, V.; Reisch, L.; Schrader, U.; Thorun, C. (2020): Weiterentwicklung des Nationalen Programms für nachhaltigen Konsum: Handlungsempfehlungen (Teil 2): Instrumente für nachhaltigen Konsum. Dessau, Umweltbundesamt: Texte 209/2020. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2020_11_17_texte_209_2020_weiterentwicklung_npnk_tb_2_instrumente.pdf