

FORUM FOR A NEW ECONOMY

NO. 03
2021

Working Papers

Öffentliche Finanzbedarfe für Klimainvestitionen im
Zeitraum 2021-2030

Tom Krebs
Janek Steitz

Impressum:

Forum New Economy Working Papers

ISSN 2702-3214 (electronic version)

Publisher and distributor: Forum for a New Economy

Neue Promenade 6, 10178 Berlin, Germany

Telephone +49 (0) 30 767596913, email press@newforum.org

Lead Editor: Thomas Fricke

An electronic version of the paper may be downloaded

- from the RePEc website: <http://www.RePEc.org>

- from the Forum New Economy website: <https://www.newforum.org>

- from the Agora Energiewende website: <https://www.agora-energiewende.de/>

ÖFFENTLICHE FINANZBEDARFE FÜR KLIMAINVESTITIONEN IM ZEITRAUM 2021-2030

Tom Krebs, Universität Mannheim¹
Janek Steitz, Agora Energiewende²

Abstract

Die vorliegende Studie schätzt den öffentlichen Finanzbedarf für Klimainvestitionen, die zum Erreichen des 2030-Klimaziels der Bundesregierung im Zeitraum 2021-2030 verwirklicht werden müssen. Die Analyse orientiert sich – wo möglich – am Technologiepfad des Szenarios KN2045 von Prognos et al (2021) und verwendet einen Bottom-up-Ansatz, der basierend auf existierenden Studienergebnissen die öffentlichen Finanzbedarfe zur Modernisierung des Kapitalstocks für die einzelnen Sektoren und Investitionsarten ermittelt. Der Finanzbedarf für Bundesinvestitionen (z.B. Deutsche Bahn) beträgt 90 Milliarden Euro und der Finanzbedarf für kommunale Klimainvestitionen (z.B. ÖPNV) wird auf 170 Milliarden Euro geschätzt. Der Finanzbedarf für öffentliche Klimainvestitionen von Bund, Ländern und Kommunen beläuft sich somit insgesamt auf 260 Milliarden Euro (26 Milliarden Euro jährlich). Darüber hinaus besteht ein öffentlicher Finanzbedarf zur Förderung privater Investitionen (z.B. energetische Sanierung) von rund 200 Milliarden Euro (20 Milliarden Euro jährlich), wenn als Fördersätze die aktuellen Werte (teils sinkend) laufender Förderprogramme angesetzt werden. Der öffentliche Finanzbedarf für alle drei Komponenten der Klimainvestitionen (Bundesinvestitionen, kommunale Investitionen, Förderung privater Investitionen) beläuft sich im Zeitraum 2021-2030 auf insgesamt etwa 460 Milliarden Euro (46 Milliarden Euro jährlich) und ist damit größer als in existierenden Studien angenommen. Der Bedarf entspricht rund 6,3 Prozent der gesamtwirtschaftlichen Bruttoinvestitionen oder 1,3 Prozent des Bruttoinlandsproduktes im Jahr 2019 und erscheint der Größe der Herausforderung angemessen. Aus Bundessicht beläuft sich der Finanzbedarf für Klimainvestitionen im Zeitraum 2021-2030 auf insgesamt 290 Milliarden Euro unter der Prämisse, dass die Finanzierung der Bundesinvestitionen und die Förderung privater Investitionen im Wesentlichen eine Bundesaufgabe, die Finanzierung kommunaler Investitionen hingegen hauptsächlich eine Aufgabe der Länder und Kommunen ist. Die Bundesregierung hat mit dem Klimaschutzprogramm, dem Konjunkturprogramm und dem Klimaschutz-Sofortprogramm (letzteres ist bisher nur eine Ankündigung) bereits Finanzmittel für Klimainvestitionen im Zeitraum 2021-2025 bereitgestellt, die sich – zusammen mit relevanten europäischen Mitteln – auf rund 80 Milliarden Euro belaufen.

JEL codes: H23, H54, L52, L95, L98, Q41, Q42, Q54

Keywords: Klima, Klimaneutralität, öffentliche Investitionen, öffentlicher Finanzbedarf

Wir danken unter anderem Dr. Patrick Graichen, Thorsten Lenck, Philipp D. Hauser, Paul Münnich und Dr. Barbara Saerbeck (Agora Energiewende), Benjamin Fischer und Philipp Kosok (Agora Verkehrswende), Prof. Dr. Carlo C. Jaeger und Jonas Teitge (Global Climate Forum), Philippa Sigl-Glückner (Dezernat Zukunft) und Prof. Dr. Sebastian Dullien (IMK) für wertvolle Anregungen und Kommentare. Dieses Papier wurde vom Forum New Economy und Agora Energiewende in Auftrag gegeben. Die in diesem Papier vertretenen Meinungen sind die der Autoren und reflektieren nicht notwendigerweise die Meinungen des Forum New Economy.

¹ L7, 3 5, 68131 Mannheim. tkrebs@uni-mannheim.de

² Anna-Louisa-Karsch-Straße 2, 10178 Berlin. janek.steitz@agora-energiewende.de

1. EINLEITUNG

Der Kampf gegen den fortschreitenden Klimawandel ist zum politischen Konsens geworden. Nach dem Beschluss des Bundesverfassungsgerichts vom 29. April 2021 hat die Bundesregierung am 12. Mai 2021 eine Verschärfung des Klimaschutzgesetzes vorgelegt, die eine Reduktion der Treibhausgasemissionen (THG) um 65 Prozent bis 2030 und ein klimaneutrales Deutschland bis 2045 vorgibt. Die neue Klimaschutznovelle wurde am 24. Juni im Bundestag und am 25. Juni im Bundesrat beschlossen. Bereits im Dezember letzten Jahres hatte die EU-Kommission eine Verschärfung des europäischen THG-Minderungsziels bis 2030 von 40 auf 55 Prozent vorgeschlagen. Seit April 2021 hat das neue EU-Ziel Gesetzesstatus.

Die Ziele sind also gesetzt, doch wie können sie erreicht werden? In der Studie „*Klimaneutrales Deutschland 2045*“ (Prognos et al, 2021) wurde ein ambitionierter und umsetzbarer Transformationspfad für Deutschland entwickelt, dessen Implementierung eine THG-Minderung in Höhe der neuen Ziele der Bundesregierung bewirkt. Diese THG-Minderungsziele können jedoch nur mit einer modernen Klimapolitik erreicht werden, in dessen Zentrum die Ausweitung der gesamtwirtschaftlichen Investitionen in klimaneutrale Infrastrukturen und Technologien in den Bereichen Energie, Industrie, Verkehr, Gebäude und Landwirtschaft steht.³ Denn ein klimaneutrales Wirtschaften wird nur möglich sein, wenn der Kapitalstock der deutschen Volkswirtschaft durch Klimainvestitionen schrittweise hin zur Klimaneutralität modernisiert wird. Darüber hinaus stärken solche Zukunftsinvestitionen die Wachstumspotenziale und schaffen gut bezahlte Arbeitsplätze. Anders gesagt: Klimainvestitionen legen den Grundstein für ökologisch nachhaltiges Wachstum und verbinden so Klimaschutz mit Wohlstand (Krebs, 2021a).

Die Investitionsentscheidungen der öffentlichen Hand spielen eine zentrale Rolle für das Erreichen der gesetzten Klimaziele, auch wenn öffentliche Klimainvestitionen nur einen relativ kleinen Teil der gesamten Investitionen in den Klimaschutz darstellen. Denn öffentliche Investitionen in klimafreundliche Infrastruktur sind in vielen Bereichen eine Voraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung privater Klimainvestitionen (Krebs, 2021b) – ohne öffentliche Klimainvestitionen wird es in vielen Bereichen keine privaten Klimainvestitionen geben. Zudem ist die zielgenaue öffentliche Förderung privater Klimainvestitionen ein zentrales Politikinstrument, weil sich die Nutzung klimafreundlicher Zukunftstechnologien, die zur Erreichung der vereinbarten THG-Minderungen notwendig ist, oftmals aus betriebswirtschaftlicher Sicht noch nicht lohnt (D’Aprile et al, 2020). Eine solche Klimapolitik, welche – neben der Bepreisung von CO₂-Emissionen – die Infrastrukturpolitik (öffentliche

³ Vgl. zum Beispiel Agora Energiewende et al (2021)

Klimainvestitionen) und Industriepolitik (Förderung privater Klimainvestitionen) in den Mittelpunkt rückt, ist ökonomisch sinnvoll und gesamtgesellschaftlich wünschenswert (Krebs, 2021a).

Die vorliegende Studie schätzt den öffentlichen Finanzbedarf für Klimainvestitionen, die im Zeitraum 2021-2030 zum Erreichen der Klimaziele der Bundesregierung verwirklicht werden müssen. In der Debatte um den Umfang und die Zielrichtung notwendiger öffentlicher Investitionen in den Klimaschutz wird häufig auf gesamtwirtschaftliche Schätzungen verwiesen,⁴ doch eine Schätzung des öffentlichen Finanzbedarfs für Klimainvestitionen zum Erreichen der Klimaschutzziele existiert bisher nicht. Die vorliegende Studie schließt diese Lücke.

Die Studie teilt den zu schätzenden Finanzbedarf der öffentlichen Hand in drei Komponenten auf, die wirtschafts- und finanzpolitisch unterschiedliche Aufgaben erfüllen. Die erste Komponente ist der öffentliche Mittelbedarf zur Finanzierung *öffentlicher* Klimainvestitionen des Bundes, die zweite Komponente ist der Mittelbedarf zur Finanzierung *öffentlicher* Klimainvestitionen der Kommunen (und Länder). Beispielsweise erfordert das Erreichen der Klimaneutralität den massiven Ausbau des öffentlichen Schienennetzes auf überregionaler Ebene (Deutsche Bahn) und regionaler Ebene (ÖPNV). Die dritte Komponente ist der öffentliche Finanzbedarf, der zur Förderung *privater* Klimainvestitionen erfüllt werden muss. Dazu gehören zum Beispiel die Finanzmittel zur Förderung der energetischen Sanierung, die Förderung der Erneuerbaren Energien und die Unterstützung der industriellen Transformation durch Klimaschutzverträge. Die Mittel dafür werden aktuell überwiegend durch den Bund bereitgestellt.

Die Studie ist wie folgt aufgebaut: Abschnitt 2 beschreibt die Methodik der Schätzung der Finanzbedarfe öffentlicher Klimainvestitionen im Zeitraum 2021-2030. In Abschnitt 3 werden anschließend die Ergebnisse der Bedarfsschätzung zusammengefasst. Die Ergebnisse werfen einige ökonomische Fragestellungen auf, die in Abschnitt 4 diskutiert werden. Sie betreffen die Abgrenzung zwischen Bundesinvestitionen, kommunalen und privaten Investitionen, Umsetzungsaspekte zur Realisierung der identifizierten Bedarfe sowie die Frage, inwieweit existierende Bundesprogramme zur Finanzierung der Bedarfe beitragen. Abschnitt 5 schließt mit einem kurzen Ausblick. Der Anhang enthält eine ausführliche Diskussion der einzelnen Bedarfspositionen.

⁴ Siehe dazu Abschnitt 3

2. METHODE

2.1. Allgemeiner Ansatz

Die öffentlichen Finanzbedarfe für Klimainvestitionen im Zeitraum 2021-2030 werden in einem Bottom-up-Ansatz ermittelt.⁵ Die Abschätzungen der Finanzbedarfe basieren auf verschiedenen existierenden Studien, welche die öffentlichen Investitions- und Finanzbedarfe für die einzelnen Sektoren und Investitionsarten ermittelt haben. Die Liste der ermittelten Bedarfe hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern enthält wesentliche Positionen, die sich aus dem Szenario KN2045 (siehe unten) sowie den Zielen und Ankündigungen der Bundesregierung ergeben. Die einzelnen Schätzungen werden auf Basis einer einheitlichen Methodik aggregiert und sind mit erheblicher Unsicherheit behaftet. Die Unsicherheit hinsichtlich der einzelnen Bedarfsschätzungen reduziert sich durch die Aggregation der Einzelschätzungen, aber eine Restunsicherheit wird aufgrund unsicherer makroökonomischer und politischer Entwicklungen bestehen bleiben.

Die Schätzungen der Bedarfe beziehen sich hinsichtlich des technischen Transformationspfades überwiegend auf die Modellierungsergebnisse des Szenarios KN2045 von Prognos et al (2021). Das Szenario KN2045 beschreibt einen aus Kostensicht und unter Berücksichtigung der Umsetzbarkeit optimierten Weg zur Erreichung der Klimaneutralität bis 2045. Als Zwischenziel wird im Szenario bis zum Jahr 2030 eine Treibhausgasmindering von 65 Prozent erreicht – dies entspricht dem neuen THG-Minderungsziel der Bundesregierung.

Die vorliegende Bedarfsschätzung legt den Fokus auf Modernisierungsinvestitionen, die den Kapitalstock der deutschen Volkswirtschaft transformieren und klimaneutral gestalten. Reine Ersatzinvestitionen, die nur den Erhalt des bestehenden Kapitalstocks gewährleisten, werden nicht berücksichtigt. Die Unterscheidung zwischen Modernisierungsinvestitionen und Ersatzinvestitionen ist relativ eindeutig in solchen Bereichen, in denen neue Anlagen installiert oder neue Strukturen geschaffen werden, die auf einer neuen, klimaneutralen Technologie basieren (beispielsweise der Aufbau eines Netzwerkes von Wasserstoffleitungen). Die Unterscheidung ist weniger trennscharf in solchen Bereichen, in denen keine neuen Technologien verwendet oder neue Strukturen geschaffen werden (beispielsweise Investitionen in den Schienenverkehr). In solchen Fällen wird nur Investitionsbedarf gemessen, der zum Ausbau gegebener Strukturen verwendet wird und somit zu einer Ausweitung des Kapitalstocks führt. Dieser Ansatz bedeutet unter anderem, dass die vorliegende Bedarfsrechnung nicht die Ersatzinvestitionen im Bereich der Schieneninfrastruktur berücksichtigt, die vom Bund

⁵ Ein ähnlicher Ansatz zur Bedarfsanalyse wird auch in Bardt et al (2019) und Krebs und Scheffel (2017a, 2017b) verfolgt.

durch Zuschüsse an die Deutsche Bahn (Leistungs- und Finanzierungsvereinbarung) und an die kommunalen Verkehrsträger (Regionalisierungsmittel) finanziell unterstützt werden.

Der zu schätzende Finanzbedarf der öffentlichen Hand wird in drei Komponenten aufgeteilt. Die ersten zwei Komponenten beziehen sich auf den Mittelbedarf zur Finanzierung *öffentlicher* Klimainvestitionen. Dabei ist die erste Komponente der öffentliche Mittelbedarf zur Finanzierung öffentlicher Klimainvestitionen des Bundes und die zweite Komponente ist der Mittelbedarf zur Finanzierung öffentlicher Klimainvestitionen der Kommunen (und Länder). Beispielsweise erfordert das Erreichen der Klimaneutralität den massiven Ausbau des öffentlichen Schienennetzes auf überregionaler Ebene (Deutsche Bahn) und regionaler Ebene (ÖPNV). Die dritte Komponente ist der öffentliche Finanzbedarf, der zur Förderung *privater* Klimainvestitionen erfüllt werden muss. Dazu gehören zum Beispiel die Finanzmittel zur Förderung der energetischen Sanierung, die Förderung der Erneuerbaren Energien und die Unterstützung der industriellen Transformation durch Klimaschutzverträge. Zur Abschätzung dieser Komponenten werden zwei Investitionsbegriffe verwendet, die sich aus ökonomischer Sicht teilweise unterscheiden (siehe Abschnitt 2.2. und 2.3).

Die vorliegende Studie betrachtet nur die Ausgabenseite. Keine Berücksichtigung finden zukünftige Einnahmemöglichkeiten aus existierenden Instrumenten wie der nationalen und europäischen CO₂-Bepreisung oder potenziellen neuen Instrumenten wie beispielsweise einer Klima-Umlage auf Produkte der Grundstoffindustrie oder einer Kfz-Steuerreform zur Finanzierung von E-Prämien.

2.2. Öffentliche Klimainvestitionen

Die Abschätzung der ersten und zweiten Komponente des öffentlichen Finanzbedarfs orientiert sich am Investitionsbegriff der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) beziehungsweise des Europäischen Systems Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen (ESVG).⁶ Konkret entspricht in diesem Fall der zu schätzende öffentliche Finanzbedarf dem Gesamtvolumen an (zusätzlichen) öffentlichen Bruttoinvestitionen im Klimabereich. Die erste Komponente entspricht den öffentlichen Klimainvestitionen des Bundes und die zweite Komponente den öffentlichen Klimainvestitionen der Kommunen (und Länder).

Eine eindeutige Aufteilung der Finanzbedarfe zwischen den verschiedenen staatlichen Ebenen ist nicht immer möglich. Siehe dazu die Diskussion in Abschnitt 4.1. Die statistische Abgrenzung von Bundesinvestitionen und kommunalen Investitionen erfolgt gemäß der VGR mit zwei Abweichun-

⁶ Siehe Lenk et al (2016) für weiteren Details zur Abgrenzung der öffentlichen Investitionen gemäß VGR und der entsprechenden Abgrenzung gemäß öffentlicher Finanzstatistik.

gen. Erstens unterscheidet diese Studie im Gegensatz zur VGR nicht zwischen Investitionen der Länder und Investitionen der Gemeinden/Kommunen. Zweitens wird in dieser Studie ein Unternehmen wie die Deutsche Bahn dem Staatssektor zugeordnet und die entsprechenden Investitionen beziehungsweise Investitionsbedarfe werden als öffentliche Klimainvestitionen gezählt. Dieser Ansatz ist gerechtfertigt, weil die Deutsche Bahn sich 100 Prozent im Eigentum des Bundes befindet und eine originäre Aufgabe der öffentlichen Hand erfüllt. Gemäß VGR werden hingegen die Deutsche Bahn und ihre Investitionen nicht dem öffentlichen Sektor zugerechnet, weil mehr als die Hälfte des Unternehmenseinkommens am Markt erzielt werden.

2.3. Förderung privater Klimainvestitionen

Die Abschätzung der dritten Komponente der öffentlichen Finanzbedarfe, die Förderung privater Investitionen, erfolgt in Anlehnung an die öffentliche Finanzstatistik beziehungsweise gemäß Haushaltsrecht.⁷ Die öffentliche Finanzstatistik orientiert sich an den Finanzflüssen beziehungsweise der Aufstellung eines Haushalts und legt den Investitionsbegriff weiter aus als die VGR, denn Zuschüsse der öffentlichen Hand an private Unternehmen oder Haushalte werden in der Finanzstatistik den öffentlichen Investitionsausgaben zugerechnet. Konkret erscheinen im Bundeshaushalt die Investitionsausgaben in den Hauptgruppen 7 und 8. Hauptgruppe 7 beinhaltet Baumaßnahmen, zum Beispiel Hochbau, Eisenbahnwesen, Straßenbauwesen, Stadtbauwesen, Landespflege. Hauptgruppe 8 enthält sonstige Ausgaben für Investitionen und Investitionsfördermaßnahmen. Dazu gehören der Erwerb von beweglichen und unbeweglichen Sachen, Erwerb von Beteiligungen, Darlehen an öffentliche und sonstige Bereiche, Inanspruchnahme von Gewährleistungen, Zuweisungen für Investitionen an den öffentlichen Bereich (Länder, Kommunen, Bundesagentur für Arbeit) und Zuschüsse für Investitionen an sonstige Bereiche (öffentliche und private Unternehmen, private Haushalte).

Die Haushaltsuntergruppen „Erwerb von Beteiligungen“ und „Zuschüsse für Investitionen an sonstige Bereiche“ sind die finanzpolitischen Instrumente, mit denen der Bund die Förderung privater Investitionen verwirklicht. Hinzu kommen noch Sondervermögen wie beispielsweise der Energie- und Klimafonds (EFK), die eine weitere Möglichkeit der staatlichen Förderung privater Investitionen darstellen.

⁷ Die öffentliche Finanzstatistik enthält eine enge und eine weit gefasste Abgrenzung des öffentlichen Sektors. In dieser Studie wird die weitgefaste Definition verwendet, die in der öffentlichen Finanzstatistik „öffentlicher Bereich“ genannt wird. Dieser besteht aus den Kernhaushalten (Bund, Länder, Gemeinden und Sozialversicherung) und den öffentlichen Fonds, Einrichtungen und Unternehmen (kurz „öffentliche Unternehmen“). Dabei sind öffentliche Unternehmen rechtlich eigenständige Einheiten, die vom staatlichen Sektor kontrolliert werden, wozu in der Regel eine Mehrheitsbeteiligung des Staates notwendig ist. Vgl. DeStatis (2021)

Die Liste der verschiedenen Haushaltsuntergruppen verdeutlicht, dass Investitionen des Bundes nach Haushaltsrecht nicht nur vom Bund getätigte Investitionen umfassen, sondern dass auch Mittel den Investitionsausgaben zugerechnet werden, die zur Förderung der Investitionen den Kommunen (beispielsweise ÖPNV) und privaten Unternehmen (beispielsweise Stahl- und Chemiebranche) zur Verfügung stehen.

Die Abschätzung der Förderbedarfe für private Klimainvestitionen erfolgt in den herangezogenen Studien meist in zwei Schritten. In einem ersten Schritt wird ein (privater) Gesamtbedarf berechnet. Dabei wird für drei Maßnahmen der Investitionsbedarf geschätzt, indem die Mehrkosten klimafreundlicher Investitionen relativ zu einem Referenzszenario berechnet werden: Förderung der Wasserstoffnutzung im Energiebereich, Unterstützung der Industrie durch Klimaverträge und die Förderung der energetischen Gebäudesanierung. Für die anderen Maßnahmen wird der Investitionsbedarf nicht durch das Gesamtvolumen abgeschätzt, sondern durch die Anzahl der zu fördernden Einzelinvestitionen. Dieser Ansatz wird bei der Förderung der E-Mobilität und der Ladeinfrastruktur verwendet. In einem zweiten Schritt wird dann der öffentliche Förderbedarf bestimmt, indem der geschätzte Investitionsbedarf mit einer Förderquote kombiniert wird. Für die Förderquote werden entweder historische Werte genommen oder sie wird wie im Fall der künftigen Industrieförderung durch Klimaverträge mit 100 Prozent angesetzt.⁸

Ähnlich der Abgrenzung zwischen Bundesinvestitionen und kommunalen Investitionen ist auch die Abgrenzung zwischen Bundesinvestitionen und privaten Investitionen sowie zwischen kommunalen und privaten Investitionen nicht immer eindeutig. Zum Beispiel kann der Aufbau eines Wasserstoffnetzes von einem Bundesunternehmen übernommen werden. Das Netz kann jedoch auch von privaten Unternehmen entwickelt werden, die im Rahmen von Ausschreibungen öffentliche Förderungen erhalten. Die Abgrenzung zwischen kommunalen und privaten Investitionen ist in einigen Fällen ebenfalls schwierig. Es liegen beispielsweise keine genauen Schätzungen vor, wie sich die Investitionen für den Aufbau der Fernwärmenetze auf private Unternehmen und Kommunen aufteilt. Im Anhang sind die getroffenen Annahmen für die einzelnen Schätzungen erläutert. Die im Rahmen dieser Studie gemachte Zuteilung ist also als grobe Schätzung zu verstehen, die eine Stoßrichtung der Größenordnungen aufzeigt.

⁸ Die geschätzten Förderbedarfe für private Klimainvestitionen entsprechen also nicht unbedingt der optimalen Förderung aus gesamtwirtschaftlicher Sicht. Zudem wird nicht die Frage erörtert, in welchem Ausmaß die staatliche Förderung zusätzliche private Investitionen schafft und nicht nur bereits geplante Investitionen subventioniert (sogenannte „Mitnahmeeffekte“).

2.4. Sektoren

Eine weitere Systematisierung der Investitionsausgaben und der entsprechenden Finanzbedarfe ist die Aufteilung nach Sektoren. Die Abgrenzung der Sektoren in dieser Studie basiert auf der Einteilung nach dem Klimaschutzgesetz. Es werden sieben Sektoren unterschieden: Energiewirtschaft, Industrie, Wohnen/Gebäude, Verkehr, Landwirtschaft, Abfall und Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Wald (LULUCF). Diese sektorale Gliederung der Investitionsausgaben wird hier übernommen, wobei die Sektoren Landwirtschaft, Abfall und LULUCF keine Berücksichtigung finden. Darüber hinaus werden zwei sektorübergreifende Kategorien hinzugefügt, die eine zentrale Rolle bei der Umsetzung der ökologischen Transformation der Wirtschaft spielen: Investitionen in Humankapital (Weiterbildung, Umschulung) und Innovationsförderung.

Insgesamt ergibt sich so eine Gliederung der öffentlichen Finanzbedarfe für Klimainvestitionen, die in einer Matrix dargestellt werden können (siehe unten, Tabelle 1). Die Zeilen dieser Matrix zeigen die Finanzbedarfe aufgeteilt nach drei Investitionsarten – Bundesinvestitionen, kommunale Investitionen und Förderung privater Investitionen – und die Spalten zeigen die Finanzbedarfe für jede Investitionsart aufgegliedert nach Sektoren.

3. ERGEBNISSE DER BEDARFSSCHÄTZUNG

Das Gesamtergebnis der Schätzung der öffentlichen Finanzbedarfe für Klimainvestitionen 2021-2030 ist in Tabelle 1 dargestellt. Dabei gibt die Tabelle Punktschätzungen für zentrale Einzelmaßnahmen zur Erreichung des THG-Minderungsziels bis 2030 wieder, die wie im vorherigen Abschnitt beschrieben mit Unsicherheiten behaftet sind. In den meisten Fällen liegen die in Tabelle 1 gezeigten Werte am unteren Ende des Spektrums der möglichen Finanzbedarfe; es handelt sich also um eine eher vorsichtige Abschätzung.

Der in Tabelle 1 ermittelte Gesamtbedarf bildet nicht alle notwendigen Klimainvestitionen bis 2030 ab. Die Sektoren Landwirtschaft, Abfall und LULUCF sind in der Analyse nicht berücksichtigt. Zudem werden solche Maßnahmen nicht berücksichtigt, für die entweder keine belastbaren Schätzungen vorliegen oder für die die Schätzungen aufgrund von technischen, makroökonomischen oder politischen Gründen mit zu großer Unsicherheit verbunden sind. Beispiele hierfür sind die Finanzbedarfe für den Aufbau eines Wasserstoff-Tankstellennetzes oder eines Lkw-Oberleitungsnetzes. Auch werden keine Finanzbedarfe für Maßnahmen zur Anpassung an Klimaschutzfolgen berücksichtigt (siehe Anhang). In Abschnitt 4 folgen weitere Anmerkungen zur Interpretation der hier gezeigten Ergebnisse. Eine ausführliche Beschreibung der einzelnen Bedarfsschätzungen findet sich im Anhang.

Tabelle 1 – Öffentliche Finanzbedarfe für Klimainvestitionen 2021-2030⁹

	Bundes- investitionen	Kommunale Investitionen	Förderung privater Investitionen ¹⁰
Energiewirtschaft			
Übertragungsnetz	+ ¹¹	-	-
Verteilernetz	-	+ ¹¹	+ ¹¹
Wasserstofffernleitungsnetz	20 Mrd. Euro	-	-
Fernwärmenetz	-	20 Mrd. Euro	-
H ₂ -Differenzkosten	-	-	5 Mrd. Euro
EEG-Neuanlagen	-	-	10 Mrd. Euro ¹²
EEG-Altlasten	-	-	[135 Mrd. Euro] ¹²
Industrie			
Stahlsektor	-	-	10 Mrd. Euro
Chemiesektor	-	-	10 Mrd. Euro
Sonstige	-	-	5 Mrd. Euro
Gebäude			
Energetische Sanierung	-	-	100 Mrd. Euro
Klimaneutraler sozialer Wohnungsbau	-	50 Mrd. Euro	-
Verkehr			
Schiene (Neubau und Digitalisierung)	50 Mrd. Euro	-	-
ÖPNV	-	100 Mrd. Euro	-
E-Prämien	-	-	30 Mrd. Euro
E-Ladeinfrastruktur	-	-	20 Mrd. Euro
Innovationen			
Innovationsförderung	-	-	10 Mrd. Euro
Humankapital			
Stärkung Weiterbildung und Bauämter	20 Mrd. Euro	-	-
Gesamt	90 Mrd. Euro	170 Mrd. Euro	200 Mrd. Euro

⁹ Eigene Darstellung, Herleitung und Quellen der einzelnen Bedarfspositionen im Anhang. Alle Angaben sind als inflationsbereinigte Werte mit 2021 als Basisjahr zu interpretieren, wobei die relevante Inflationsrate die künftige Preisveränderung der entsprechenden Investitionsgüter ist.

¹⁰ Es ist davon auszugehen, dass der Großteil der hier betrachteten öffentlichen Förderungen privater Investitionen bis 2030 durch den Bund bereitgestellt wird.

¹¹ Der Ausbau der Übertragungs- und Verteilernetze und die damit verbundenen Investitionen sind von zentraler Bedeutung für das Erreichen der Klimaziele in Deutschland, aber aufgrund großer regulatorischer Unsicherheiten ist derzeit keine seriöse Abschätzung des öffentlichen Finanzierungsbedarfs möglich, siehe Abschnitt 4.1 und den Anhang für weitere Details.

¹² Der Finanzbedarf von 10 Milliarden Euro entspricht der EEG-Deckungslücke für Neuanlagen im Zeitraum 2022-2030, die im bestehenden Umlagesystem über die EEG-Umlage finanziert würde. Wird die EEG-Umlage entsprechend den parteiübergreifenden Forderungen abgeschafft, so muss die Deckungslücke über den Haushalt finanziert werden. In diesem Fall beträgt der Finanzbedarf für die vollständige EEG-Deckungslücke im Zeitraum 2022-2030 insgesamt etwa 145 Milliarden Euro für Neu- und Altanlagen (10 bzw. 135 Milliarden Euro). In der Tabelle wird nur der Bedarf für EEG-Neuanlagen berücksichtigt, der Bedarf für Altanlagen in Klammern wird dem Gesamtbedarf nicht hinzuaddiert, da nur zukünftige Investitionen berücksichtigt werden. Siehe Abschnitt 4.1 und den Anhang für weitere Details.

Die Ergebnisse der in Tabelle 1 dargestellten Bedarfsschätzungen können wie folgt zusammengefasst werden.

Erstens ist der öffentliche Finanzbedarf für Klimainvestitionen 2021-2030 (Bund und Kommunen) mit insgesamt 460 Milliarden Euro (im Durchschnitt 46 Milliarden Euro jährlich) absolut gesehen sehr groß. Gleichzeitig entspricht der jährliche Gesamtbedarf etwa 6,3 Prozent der gesamtwirtschaftlichen Bruttoinvestitionen im Jahr 2019 und 1,3 Prozent des Bruttoinlandsproduktes im Jahr 2019.¹³ Aus makroökonomischer Perspektive erscheint der hier identifizierte Gesamtbedarf zwar groß, aber der Größe der Herausforderung angemessen.

Zweitens entfällt der größte Anteil des Finanzbedarfs mit 200 Milliarden Euro (jährlich 20 Milliarden Euro) auf die öffentliche Förderung privater Klimainvestitionen. Dabei sind die Förderprojekte mit dem größten Finanzvolumen die energetische Gebäudesanierung mit 100 Milliarden Euro, die Förderung der E-Mobilität mit 30 Milliarden Euro sowie die ökologische Transformation der Industrie mit 25 Milliarden Euro. Diese Analyse spiegelt damit die in anderen Studien identifizierte erhebliche Finanzierungslücke für private Klimatechnologien, die in den nächsten Jahren noch keinen Business Case haben.¹⁴ Der hohe öffentliche Förderbedarf sollte jedoch nicht davon ablenken, dass der gesamte private Investitionsbedarf bis 2030 den öffentlichen Förderanteil um ein Vielfaches übersteigt.

Drittens besteht der größte Bedarf an öffentlichen Klimainvestitionen mit 170 Milliarden Euro (jährlich 17 Milliarden Euro) im kommunalen Bereich, während der Finanzbedarf für Klimainvestitionen des Bundes mit 90 Milliarden Euro (jährlich 9 Milliarden Euro) relativ moderat ausfällt. Dies hat unter anderem Implikationen für die Frage, in welcher Höhe der Bund kommunale Investitionen fördern kann und sollte, die in Abschnitt 4 diskutiert werden. Insgesamt beläuft sich der Finanzbedarf für öffentliche Klimainvestitionen (Bund, Länder und Kommunen) auf 260 Milliarden Euro.

Viertens beträgt der Finanzbedarf aus Bundessicht insgesamt mindestens 290 Milliarden Euro unter der Prämisse, dass neben den öffentlichen Bundesinvestitionen auch die öffentliche Förderung privater Investitionen vollständig über Bundesmittel finanziert wird. Dieser Finanzbedarf des Bundes steigt weiter an, wenn der Bund einen Teil der Finanzierung der kommunalen Klimainvestitionen übernimmt, wovon angesichts des erheblichen Investitionsstaus der Kommunen auszugehen ist.¹⁵ Der Finanzbedarf sinkt hingegen, wenn Länder und Kommunen einen Teil der Finanzierung der Förderung privater Klimainvestitionen übernehmen.

¹³ Vgl. Destatis (2021)

¹⁴ Vgl. zum Beispiel D'Aprile et al (2020)

¹⁵ Vgl. Raffer und Scheller (2021) für einen Überblick des kommunalen Investitionsrückstandes.

Die in Tabelle 1 dargestellten Ergebnisse sind nicht direkt vergleichbar mit den Ergebnissen bereits existierender Studien, die den gesamtwirtschaftlichen Investitionsbedarf abschätzen. Dennoch ist ein Blick auf zwei aktuelle Studien zur Einordnung der Ergebnisse hilfreich.¹⁶

In einer viel beachteten Studie haben Bardt et al (2019) die öffentlichen Investitionsbedarfe für Deutschland bis 2030 auf insgesamt 450 Milliarden Euro (jährlich 45 Milliarden Euro) geschätzt. Dieser Bedarf kann jedoch nicht direkt mit dem in der vorliegenden Studie geschätzten Bedarf verglichen werden, denn die Analyse von Bardt et al (2019) enthält auch öffentliche Investitionsbedarfe in den Bereichen Infrastruktur (Ersatzinvestitionen), Digitalisierung und Bildung (Kitas und Schulen). Werden nur die öffentlichen Investitionsbedarfe im Klimabereich berücksichtigt, wie sie in der vorliegenden Studie definiert sind, dann ergibt die Studie von Bardt et al (2019) einen Bedarf von circa 135 Milliarden Euro.¹⁷ Die vorliegende Studie schätzt also einen Bedarf an öffentlichen Klimainvestitionen, der mit 260 Milliarden Euro (nur Bundesinvestitionen und kommunale Investitionen) erheblich höher liegt als der von Bardt et al (2019) geschätzte Bedarf. Einer der wesentlichen Gründe dafür ist die Annäherung der öffentlichen Investitionen für die Dekarbonisierung auf Basis eines pauschalen Anteils von 15 Prozent des in Gerbert et al (2018) berechneten Gesamtbedarfs für eine THG-Minderung von 95 Prozent bis 2050 (siehe unten). Die Ergebnisse der Bottom-up-Analyse in der vorliegenden Studie legen nahe, dass der Finanzierungsbedarf für öffentliche Klimainvestitionen deutlich höher ist.

In der Studie „*Klimapfade für Deutschland*“ haben Gerbert et al (2018) den gesamtwirtschaftlichen Investitionsbedarf für eine THG-Minderung von 95 Prozent bis 2050 auf jährlich etwa 70 Milliarden Euro geschätzt. Gerbert et al (2018) unterscheiden dabei nicht zwischen öffentlichen und privaten Investitionen, sondern schätzen nur den gesamten Investitionsbedarf, der für den Staat und die Privatwirtschaft anfällt. Zudem wird nicht zwischen privatem Investitionsbedarf und öffentlichem Förderbedarf für private Investitionen unterschieden. Ein Vergleich mit den Ergebnissen in Tabelle 1 ist also schwierig, weil der private Investitionsbedarf wesentlich höher ist als der in der dritten Säule

¹⁶ Krebs (2021b) verwendet die hier beschriebene Methode, um den öffentlichen Finanzbedarf für notwendige Investitionen im Wasserstoffbereich zu schätzen.

¹⁷ Dieser Finanzbedarf von 135 Milliarden Euro ist die Summe folgender Einzelbedarfe in Bardt et al (2019): 70 Milliarden Euro für die Dekarbonisierung, 30 Milliarden für die Deutsche Bahn, 20 Milliarden Euro für den ÖPNV und 15 Milliarden für den staatlich geförderten Wohnungsbau. Der in Bardt et al (2019) geschätzte Finanzbedarf von 60 Milliarden Euro für die Deutsche Bahn wird hier nur hälftig berücksichtigt, weil es sich zum Teil um Ersatzinvestitionen handelt, die vom Bund über die Leistungs- und Finanzierungsvereinbarung finanziert werden. Der in Bardt et al (2019) mit 138 Milliarden Euro angesetzte Finanzbedarf für die kommunale Infrastruktur wird nicht mitgerechnet, weil dieser Betrag hauptsächlich Ersatzinvestitionen zur „Sanierung“ der bestehenden Infrastruktur enthält.

dargestellte öffentliche Finanzbedarf zur Förderung privater Investitionen. Es lässt sich dennoch sagen, dass der in der vorliegenden Studie ermittelte öffentliche Finanzierungsbedarf für Klimainvestitionen im Zeitraum 2021-2030 von insgesamt 460 Milliarden Euro im Verhältnis zu dem von Gerbert et al (2018) geschätzten gesamtwirtschaftlichen Investitionsbedarf für einen Zehn-Jahres-Horizont von etwa 700 Milliarden Euro groß ausfällt. Einer der Gründe dafür ist das deutlich niedrigere Ambitionsniveau bei Gerbert et al (2018) verglichen mit dem Szenario KN2045, das die Grundlage der Berechnungen der vorliegenden Studie bildet.¹⁸ Zudem berücksichtigt die vorliegende Studie Finanzbedarfe für Klimainvestitionen, die bei Gerbert et al (2018) nicht Bestandteil der Analyse sind. Dazu gehören öffentliche Investitionen in die Weiterbildung und Bauämter, Investitionen zur Stärkung der Innovationsstärke privater Unternehmen sowie die öffentliche Förderung betrieblicher Mehrkosten klimafreundlicher Technologien im Energie- und Industriesektor.

4. ANMERKUNG ZUR INTERPRETATION DER ERGEBNISSE

Die in Tabelle 1 dargestellten Schätzungen der öffentlichen Finanzbedarfe für Klimainvestitionen werfen eine Reihe von ökonomischen Fragen auf, die im Folgendem diskutiert werden sollen.

4.1. Öffentliche Klimainvestitionen

Zur Abschätzung der Finanzierungsbedarfe für öffentliche Klimainvestitionen werden zwei staatliche Ebenen unterschieden: Bundesebene und kommunale Ebene. Dabei entspricht die Aufteilung der öffentlichen Investitionen in Bundesinvestitionen und kommunalen Investitionen in etwa der entsprechenden Gliederung in der VGR. Die Finanzierung der in Tabelle 1 ausgewiesenen kommunalen Investitionsbedarfe ist zum Teil auch eine Bundesaufgabe, weil die Bewältigung der Klimakrise eine nationale (und globale) Aufgabe ist. Darüber hinaus wird der Klimaschutz einen erheblichen Strukturwandel mit sich bringen, der bestehende regionale Ungleichheit verstärken kann. Es sind daher zusätzliche Anstrengungen des Bundes erforderlich, um das Ziel der gleichwertigen Lebensverhältnisse in Deutschland zu erreichen.

¹⁸ So beträgt die THG-Minderung bis 2030 im 95-Prozent-Klimapfad von Gerbert et al (2018) lediglich 57 Prozent, im Szenario KN2045 65 Prozent. Aufgrund konservativerer Annahmen zu den Kostenentwicklungen in den einzelnen Sektoren unterscheiden sich die sektorspezifischen Transformationspfade in Gerbert et al (2018) zudem erheblich. Zum Beispiel sind im Verkehrssektor im Jahr 2030 bei Gerbert et al (2018) nur 6 Millionen E-Pkw (inkl. Plug-in-Hybrid) zugelassen, im Szenario KN2045 sind es 14 Millionen E-Pkw. Auch spielt der Einsatz von Wasserstoff im Szenario bei Gerbert et al (2018) eine untergeordnete Rolle. Entsprechend dürften Investitionen in die Wasserstoffinfrastruktur wesentlich geringer ausfallen.

Diese Überlegungen zeigen, dass der Bund sich an der Finanzierung der in der zweiten Säule dargestellten Investitionsbedarfe durch entsprechende Förderprogramme beteiligen kann. Dem Bund sind jedoch bei der Unterstützung der Kommunen innerhalb des föderalen Systems der Bundesrepublik Deutschland enge Grenzen gesetzt, wenn nicht das Konnexitätsprinzip gänzlich aus den Angeln gehoben werden soll.¹⁹ Zudem ist der Bundesanteil an den notwendigen kommunalen Klimainvestitionen auch eine politische Frage, die in Bund-Länder-Verhandlungen geklärt werden muss. Aus diesem Grund wird in der zweiten Säule der Tabelle 1 kein anteiliger Finanzierungsbedarf des Bundes für den kommunalen Bereich ausgewiesen und die Finanzbedarfe werden vollständig den Kommunen beziehungsweise Ländern zugerechnet.

Ein weiteres Abgrenzungsproblem hinsichtlich der öffentlichen Klimainvestitionen folgt aus dem Umstand, dass der Ausbau der Übertragungsnetzwerke und Verteilernetzwerke zwar eine öffentliche Infrastrukturaufgabe ist, diese Aufgabe jedoch mehrheitlich von Unternehmen durchgeführt wird, die sich derzeit nicht im Eigentum des deutschen Staates befinden. Beispielsweise ist der Übertragungsbetreiber TenneT aktuell zu 100 Prozent im Eigentum des niederländischen Staates und dieses Unternehmen ist unter anderem dafür verantwortlich, den in Norddeutschland auf Basis von Windenergie produzierten Strom zu den Industriezentren im Westen und Süden Deutschlands zu transportieren (Südlink).²⁰ Im Prinzip könnte sich der Bund an der Finanzierung der entsprechenden Infrastrukturinvestitionen durch den Erwerb von Beteiligungen (Eigenkapital) oder durch direkte Zuschüsse beteiligen. Ebenso sind die Verteilernetze häufig im Eigentum privater Unternehmen und die Kommunen oder Länder können die notwendigen Infrastrukturinvestitionen in den Verteilernetzen nur durch finanzielle Beteiligungen unterstützen. Diese und ähnliche Entscheidungen werden künftige Regierungen treffen müssen.

Aufgrund der genannten regulatorischen Unsicherheiten ist es zurzeit nicht möglich, einen öffentlichen Finanzbedarf für die Übertragungs- und Verteilernetze abzuschätzen. In der vorliegenden Studie wird daher der Ausbau dieser zentralen Infrastruktur in Tabelle 1 erwähnt, aber es erfolgt keine Schätzung des öffentlichen Finanzbedarfs und somit auch kein zahlenmäßiger Eintrag in der Tabelle. Im Anhang wird eine Schätzung der gesamten Investitionskosten zum Ausbau der Übertragungs- und

¹⁹ Vgl. Mückl (2006)

²⁰ Aus ökonomischer Sicht ist die Bereitstellung einer solchen Transportinfrastruktur eine originäre Aufgabe des deutschen Staates beziehungsweise des Bundes, weil sich in diesem Bereich aufgrund einer nicht veränderbaren Monopolstellung (natürlicher Monopolist) kein nennenswerter Wettbewerb entwickeln kann. In einer solchen Situation gibt es prinzipiell zwei Lösungsansätze: Ein staatlich regulierter Monopolist (TenneT im Eigentum des niederländischen Staates) oder ein staatlicher Monopolist (TenneT mit Mehrheitsbeteiligung des Bundes), vgl. Krebs (2021b) für eine ausführliche ökonomische Analyse dieser zwei Optionen.

Verteilernetze vorgenommen, die jedoch nicht mit dem öffentlichen Finanzbedarf gleichgesetzt werden sollte. Für die Übertragungsnetze ergibt sich für den Zeitraumraum 2021-2020 ein geschätzter Investitionsbedarf von mindestens 120 Milliarden Euro und für die Verteilernetze von 50 bis 100 Milliarden Euro.

4.2. Förderung privater Investitionen

Die vorliegende Bedarfsschätzung umfasst die staatliche Förderung privater Klimainvestitionen – die dritte Säule in Tabelle 1. Solche Fördermaßnahmen sind bereits zentraler Bestandteil der Klimapolitik und können ökonomisch sinnvoll sein, wenn heterogene Anpassungskosten und Unsicherheit die ökologische Transformation der Wirtschaft erschweren (Krebs, 2021a). Anders gesagt: Ökologische Industriepolitik ist in der Regel Teil eines optimalen (wohlfahrtsmaximierenden) Instrumentenmix und kann im Zusammenspiel mit weiteren Instrumenten (CO₂-Preis, Infrastrukturpolitik) effektiven Klimaschutz mit Wirtschaftswachstum verbinden.

Die geschätzten Förderbedarfe für private Klimainvestitionen entsprechen nicht unbedingt der optimalen Förderung aus gesamtwirtschaftlicher Sicht, denn zur Ermittlung der Finanzbedarfe werden im Wesentlichen als Fördersätze die aktuellen Werte laufender Förderprogramme verwendet. Die Berechnung von gesamtgesellschaftlich optimalen Fördersätzen und den entsprechenden F

Zudem wird nicht die Frage erörtert, in welchem Ausmaß die staatliche Förderung zusätzliche private Investitionen schafft und nicht nur bereits geplante Investitionen subventioniert (sogenannte „Mitnahmeeffekte“).

Die Abschätzung des öffentlichen Förderbedarfs im Bereich der Erneuerbaren Energien stellt in gewisser Weise einen Sonderfall dar. Der Bedarfsschätzung liegt die politische Annahme zugrunde, dass die EEG-Umlage auf null reduziert wird – eine Senkung/Abschaffung wird von CDU/CSU, SPD, Bündnis 90/Die Grünen und der FDP gefordert – und die öffentliche Förderung solcher EE-Investitionen zukünftig anderweitig finanziert werden muss und dies einen entsprechenden Finanzbedarf schafft. Dieser Finanzbedarf wird basierend auf den dem KN2045-Szenario zugrundeliegenden Rahmendaten (sowie weiterer notwendiger Annahmen zur Prognose der EEG-Umlage)²¹ berechnet. Gemäß den Berechnungen betragen die notwendigen EEG-Vergütungszusagen für den Zeitraum 2022-2030 circa 65 Milliarden Euro für Anlagen, die ab 2022 in Betrieb genommen werden. Abzüglich der prognostizierten Strommarkterlöse ergibt sich eine Deckungslücke für Neuanlagen von etwa 10 Milliarden Euro.

²¹ Vgl. Öko-Institut (2021b)

Die EEG-Vergütungszusagen der öffentlichen Hand für den Zeitraum 2022-2030 sind aufgrund von Förderzusagen für bereits getätigte Investitionen (Altlasten) erheblich höher als 65 Milliarden Euro. Gemäß den Rahmendaten im KN2045-Szenario werden insgesamt rund 290 Milliarden Euro kumulierte EEG-Vergütungszusagen bis 2030 anfallen. Abzüglich der zu erwartenden Markterlöse der EEG-Anlagenbetreiber an der Strombörse, ergibt sich eine nominale EEG-Deckungslücke für Alt- und Neuanlagen von insgesamt circa 145 Milliarden Euro bis zum Jahr 2030 (135 beziehungsweise 10 Milliarden Euro). Dies ist im Falle der Abschaffung der EEG-Umlage ab dem Jahr 2022 der geschätzte Finanzierungsbedarf des Bundes.

Schließlich sei noch angemerkt, dass die Bewältigung der Klimakrise eine Gemeinschaftsaufgabe von Bund, Ländern und Kommunen ist. Entsprechend müssen die Kosten der Förderung privatwirtschaftlicher Investitionen von 200 Milliarden Euro bis 2030 auch zusammen von Bund und Ländern getragen werden. Die genaue Aufteilung dieser Förderkosten ist eine politische Frage, die in Bundes-Länder Verhandlungen geklärt werden muss und nicht nur aus ökonomischen Überlegungen abgeleitet werden kann.

4.3. Realisierung öffentlicher Investitionen

Die in Tabelle 1 dargestellten Bedarfsschätzungen beschreiben den zusätzlichen Mittelbedarf für die zum Erreichen der Klimaziele notwendigen Investitionen. In der öffentlichen Debatte ist häufig der Einwand zu hören, dass die Bereitstellung zusätzlicher Finanzmittel für Investitionsprojekte nicht zu mehr realwirtschaftlichen Investitionen führen würde. Kurz gesagt: Mehr Geld bringt nichts. Als Beweis für diese Hypothese wird das Argument angeführt, dass vorhandene Investitionsmittel im Bundeshaushalt nicht abfließen würden. Dieses Argument greift aus zwei Gründen zu kurz.

Erstens ist der Abfluss der Investitionsmittel im Bundeshaushalt relativ hoch und hat sich in den letzten Jahren sogar verbessert, obwohl die Investitionsausgaben stark gestiegen sind (Krebs, 2020). Und auch der Mittelabfluss bei den Sondervermögen des Bundes ist nicht außergewöhnlich niedrig, wenn die Zeit für Planung, Genehmigung und Umsetzung von Investitionsprojekten berücksichtigt wird (Krebs, 2020). Mehr Geld führt also zu mehr realwirtschaftlichen Investitionen.

Zweitens ist die Bereitstellung zusätzlicher Finanzmittel eine notwendige Bedingung für eine erfolgreiche Investitionsoffensive, auch wenn es keine hinreichende Bedingung ist. Planungsengpässe in den kommunalen Verwaltungen und Fachkräftemangel in der Bauwirtschaft sind weitere beispielhafte Investitionshemmnisse, die durch strukturelle Maßnahmen überwunden werden müssen (Scheller et al, 2021). Doch ohne eine angemessene Finanzierung wird der notwendige Investitionsschub nicht gelingen. Erst wenn Bund und Länder Planungssicherheit schaffen und die Finanzierung einer

langfristig angelegten Investitionsoffensive sicherstellen, werden die Kommunen ihre Personaldecke stärken und die Bauwirtschaft ihre Kapazitäten ausweiten.

Diese Überlegungen sprechen für eine Finanzpolitik, die politisch ambitioniert und gleichzeitig ökonomisch sinnvoll ist. Das bedeutet unter anderem, dass der Investitionspfad im Zeitraum 2021-2030 schrittweise steigen sollte, damit Planungs- und Baukapazitäten ausgeweitet werden können und zusätzliche Finanzmittel nicht hauptsächlich zu steigenden Preisen für Investitionsgüter führen. Entsprechend sind die Bedarfsschätzungen in Tabelle 1 zu interpretieren. Das bedeutet, dass aus ökonomischer Sicht von dem gesamten öffentlichen Finanzbedarf von 460 Milliarden Euro für Klimainvestitionen im Zeitraum 2021-2025 weniger als die Hälfte und im Zeitraum 2026-2030 entsprechend mehr als die Hälfte bereitgestellt werden sollte.²²

4.4. Existierende Bundesprogramme für Klimainvestitionen

Die Bundesregierung hat mit dem Klimaschutzprogramm, dem Konjunkturprogramm und dem Klimaschutz-Sofortprogramm bereits eine Reihe von Klimamaßnahmen auf den Weg gebracht und diese Maßnahmen im Bundeshaushalt 2021 sowie dem Finanzplan 2022-2025 gesetzlich verankert. Dies ist ein Schritt in die richtige Richtung und es stellt sich die Frage, inwieweit die zur Verfügung gestellten Finanzmittel zur Deckung des in Tabelle 1 dargestellten Finanzbedarfs für Klimainvestitionen beitragen.

Tabelle 2 – Existierende Bundesprogramme für Klimainvestitionen²³

Programm	Mittelhöhe
Klimaschutzprogramm 2030 (2019)	54 Mrd. Euro
Konjunkturprogramm (2020)	25 Mrd. Euro
Sofortprogramm Klimaschutz (2021) ²⁴	8 Mrd. Euro
Gesamt	87 Mrd. Euro

Am 9. Oktober 2019 hat das Bundeskabinett das Klimaschutzprogramm 2030 beschlossen, das insgesamt 54 Milliarden Euro zur Finanzierung zusätzlicher Ausgaben für Klimamaßnahmen über vier Jahre bereitstellt (BMF, 2019). Davon kommen knapp 40 Milliarden Euro aus dem Energie- und

²² Die genaue Aufteilung der Finanzmittel hängt von dem geplanten Investitionspfad ab.

²³ Quellen: BMF (2019), BMF (2020), BMF (2021a)

²⁴ Das Sofortprogramm 2022 ist bisher lediglich ein unverbindliches Vorhaben, das von der nächsten Bundesregierung erst noch bestätigt und umgesetzt werden muss.

Klimafonds. Mindestens 25 Milliarden Euro davon können der Förderung privater Investitionen gemäß der in Tabelle 1 verwendeten Abgrenzung zugerechnet werden: 13,1 Milliarden Euro für die energetische Sanierung und weitere Maßnahmen zur CO₂-Einsparung im Gebäudebereich, 9,3 Milliarden Euro zur Förderung der Elektromobilität (E-Prämie, E-Ladeinfrastruktur) und 2,4 Milliarden Euro für Energieeffizienz und Dekarbonisierung in der Industrie. Zudem enthält das Klimaschutzprogramm circa 6 Milliarden Euro zur Finanzierung öffentlicher Klimainvestitionen gemäß der hier verwendeten Abgrenzung: 4 Milliarden Euro zur Aufstockung des Eigenkapitals der Deutschen Bahn, 1,2 Milliarden Euro für den Ausbau des ÖPNV-Schienenverkehrs und 0,9 Milliarden Euro zur Förderung von Radwegen.

Im Juni 2020 hat die Bundesregierung ein Konjunkturprogramm auf den Weg gebracht, das circa 25 Milliarden Euro zur Finanzierung zusätzlicher Investitionsausgaben im Klimabereich enthält (BMF, 2020). Davon sind circa 14,5 Milliarden Euro Förderung privater Investitionen gemäß Tabelle 1: 7 Milliarden Euro für die nationale Wasserstoffstrategie und 2 Milliarden Euro für internationale Projekte im Wasserstoffbereich, eine Milliarde Euro für die energetische Sanierung im Gebäudesektor, 2 Milliarden Euro zum Ausbau der Ladeinfrastruktur für E-Mobilität und 2 Milliarden Euro für Innovation in der Autoindustrie. Darüber hinaus wurden 6,2 Milliarden Euro für öffentliche Klimainvestitionen bereitgestellt: 5 Milliarden Euro zur Aufstockung des Eigenkapitals der Deutschen Bahn und nochmals 1,2 Milliarden Euro für den Ausbau des ÖPNV Schienenverkehrs.²⁵

Am 12. Mai 2021 hat das Bundeskabinett ein Sofortprogramm für den Klimaschutz mit einem Finanzvolumen von 8 Milliarden Euro vorgelegt (BMF, 2021a). Dabei sind circa 7 Milliarden Euro der Förderung privater Klimainvestitionen zuzurechnen (energetische Gebäudesanierung, klimagerechter sozialer Wohnungsbau, Industrie, Energiewirtschaft) und eine Milliarde Euro für öffentliche Investitionen im Verkehrsbereich. Es sei jedoch angemerkt, dass das Sofortprogramm 2022 bisher lediglich ein unverbindliches Vorhaben ist, das von der nächsten Bundesregierung erst noch bestätigt und umgesetzt werden muss.

In der Summe hat die Bundesregierung mit den drei genannten Programmen zusätzliche Finanzmittel für Klimainvestitionen von 87 Milliarden Euro bis 2025 zur Verfügung gestellt (siehe Tabelle 2).

²⁵ Eine weitere wichtige im Konjunkturprogramm enthaltene Maßnahme zur Stützung der kommunalen Investitionen ist der „Kommunale Solidarpakt 2020“, der eine Kompensation der kommunalen Gewerbesteuerausfälle durch Bund und Länder vorsieht. Diese 12 Milliarden Euro werden hier nicht berücksichtigt, weil es sich nicht um die Finanzierung zusätzlicher Investitionen handelt.

Jedoch sind davon nur etwa 60 Milliarden Euro den in dieser Studie betrachteten Investitionsbereichen zuzuordnen.²⁶ Werden davon die circa 5 Milliarden Euro abgezogen, die im Jahr 2020 zur Finanzierung von Förderprogrammen aus dem Energie- und Klimafonds abgeflossen sind (BMF, 2021b), verbleiben rund 55 Milliarden Euro, die der Bund für öffentliche Bundesinvestitionen und Förderung privater Investitionen gemäß der hier betrachteten Investitionsbereiche im Fünf-Jahres-Zeitraum 2021-2025 bereitstellt.

Weitere Finanzmittel für Klimainvestitionen werden im Zeitrahmen 2021-2030 über europäische Förderprogramme zur Verfügung stehen. Dies betrifft unter anderem die etwa 25 Milliarden Euro, die Deutschland aus der Aufbau- und Resilienzfazilität zustehen (BMF, 2021c). Hiervon fallen circa 12 Milliarden Euro auf Klimamaßnahmen, jedoch wird ein Teil der Mittel für die Finanzierung des oben beschriebenen Konjunkturprogramms verwendet und sollte daher nicht vollständig berücksichtigt werden. Zusätzlich werden Mittel über das Forschungsrahmenprogramm Horizon Europe und den ETS Innovation Fund bereitgestellt, die zu großen Teilen in den Klimabereich fallen. Einen ausführlichen Überblick über die verschiedenen europäischen Programme zur Klimafinanzierung bietet Agora Energiewende (2021b). Eine optimistische Abschätzung der zusätzlichen Mittel aus europäischen Programmen im Zeitraum 2021-2025 beläuft sich auf rund 15 bis 30 Milliarden Euro: 5 bis 10 Milliarden Euro aus der Aufbau- und Resilienzfazilität und 10 bis 20 Milliarden Euro aus weiteren europäischen Klima- und Forschungsprogrammen.²⁷

Die Analyse zeigt, dass über Bundesprogramme und europäische Programme im Zeitraum 2021-2025 Mittel zur Finanzierung von Klimainvestitionen von etwa 80 Milliarden bereitgestellt werden. Die Analyse in Abschnitt 3 hat einen öffentlichen Finanzbedarf für Klimainvestitionen von 460 Milliarden Euro ergeben, sodass sich der entsprechende Finanzbedarf im Zeitraum 2021-2025 auf 230 Milliarden Euro beläuft, wenn die Investitionsausgaben zeitlich in etwa gleichförmig verteilt sind. Für den Zeitraum 2021-2025 besteht somit eine öffentliche Finanzierungslücke von circa 150 Milliarden Euro für alle staatlichen Ebenen unter der Annahme, dass die von den Ländern und Kommunen bereitgestellten Mittel vernachlässigt werden können. Wird ein steigender Investitionspfad angenommen (siehe Abschnitt 4.3), dann verringert sich der öffentliche Finanzbedarf im Zeitraum 2021-2025 und der Bedarf im Zeitraum 2026-20230 steigt entsprechend an.

²⁶ Nicht berücksichtigt werden beispielsweise Maßnahmen in den Bereichen Wald und Landwirtschaft, Zuschüsse zur EEG-Umlage für Altanlagen sowie Beiträge zur internationalen Klimafinanzierung. Sie sind Bestandteil der genannten Programme der Bundesregierung, jedoch nicht Bestandteil der vorliegenden Studie. Insofern werden diese Positionen bei der Schätzung der Finanzierungslücke nicht berücksichtigt.

²⁷ Nicht berücksichtigt sind dabei Mittel aus dem Just Transition Fund und anderer Vehikel, die nicht in den Definitionsbereich der hier identifizierten Finanzbedarfe für Klimainvestitionen passen.

Eine Analyse der bereits bereitgestellten Mittel der Länder und Kommunen für den Zeitraum 2021-2025 konnte im Rahmen dieser Studie nicht vorgenommen werden. Es muss jedoch davon ausgegangen werden, dass für einen Großteil der Investitionen bisher keine Mittel eingeplant bzw. vorhanden sind. So fordern die Länder beispielsweise, dass sie 70 Milliarden Euro an zusätzlichen Bundeszuschüssen benötigen, um die Klimaziele im Verkehrsbereich zu erreichen.²⁸

5. FAZIT UND AUSBLICK

Der in der vorliegenden Studie identifizierte öffentliche Finanzierungsbedarf für Modernisierungsinvestitionen im Klimabereich im Zeitraum 2021-2030 in Höhe von 460 Milliarden Euro (Bund und Kommunen) verdeutlicht die Dimension der Herausforderung: Der Weg in die Klimaneutralität ist ein gewaltiges Transformationsprojekt für den Industriestandort Deutschland und verlangt ein umfassendes Investitionsprogramm – von öffentlichen und privaten Akteuren. Die Ergebnisse der Bedarfsanalyse sind als Annäherungswerte zu verstehen, denn die Quantifizierung einzelner Positionen ist mit makroökonomischen, technologischen und politischen Unsicherheiten verbunden. So ist der öffentliche Förderbedarf für private Investitionen beispielsweise abhängig von der Ausgestaltung der nationalen und europäischen CO₂-Bepreisung sowie Art und Umfang ordnungspolitischer Maßnahmen.

Trotz des erheblichen öffentlichen Finanzbedarfs für Klimainvestitionen ist die Schlussfolgerung der Analyse nicht, dass Klimaschutz aus ökonomischer Sicht zu teuer ist. Im Gegenteil: Verschiedene Studien zeigen, dass den Investitionskosten, welche die Transformation in Richtung Klimaneutralität mit sich bringt, mittel- bis langfristig gesamtwirtschaftliche und fiskalische Gewinne in mindestens gleicher Höhe gegenüberstehen.²⁹ Dabei sind in diesen Berechnungen zusätzliche Kosten, die durch die Folgen des Klimawandels entstehen, nicht berücksichtigt, sodass die gesamtwirtschaftliche Bilanz der Transformation hin zur Klimaneutralität noch positiver ausfällt. Anders gesagt: Klimainvestitionen legen den Grundstein für ökologisch nachhaltiges Wachstum und verbinden so Klimaschutz mit Wohlstand (Krebs, 2021a).

Die vorliegende Studie betrachtet ausschließlich die Ausgabenseite. Einnahmeargumente finden in der Schätzung der Finanzbedarfe keine Berücksichtigung. Beispielsweise werden die Einnahmen der nationalen CO₂-Bepreisung sowie des EU-ETS in den nächsten Jahren deutlich steigen. Solche und

²⁸ Vgl. Handelsblatt vom 16.07.2021 „Jeder Bürger soll 296 Euro für den Nahverkehr zahlen – ohne eine Fahrkarte zu bekommen“.

²⁹ Vgl. zum Beispiel D'Aprile (2020) oder Gerbert et al (2018)

andere Einnahmen werden bei der Bedarfsschätzung nicht gegengerechnet, da die Verwendung der prognostizierten Einnahmen sehr ungewiss ist. Ebenso nicht berücksichtigt sind Vorschläge für neue Finanzierungsmechanismen wie eine Klima-Umlage auf Produkte der Grundstoffindustrie oder die Umgestaltung der Kfz-Steuer zugunsten der Finanzierung von E-Prämien.³⁰

Der Fokus auf den öffentlichen Finanzbedarf für Klimainvestitionen sollte nicht davon ablenken, dass der private Investitionsbedarf den öffentlichen Bedarf um ein Vielfaches übersteigt und verlässliche Rahmenbedingungen unabdingbar sind, um diese privaten Investitionen zu ermöglichen. Zudem muss betont werden, dass eine öffentliche Investitionsoffensive nur ein – wenn auch zentrales – Instrument im notwendigen Instrumentenmix auf dem Weg in die Klimaneutralität ist. Eine moderne Klimapolitik fußt neben einer ambitionierten Infrastruktur- und Industriepolitik (öffentliche Investitionen beziehungsweise Förderung privater Klimainvestitionen) auch auf der Bepreisung von Treibhausgasen sowie einer wirkungsvollen Ordnungspolitik. Dieser Mix ist ökonomisch sinnvoll und gesamtgesellschaftlich wünschenswert (Krebs, 2021a).

In Anbetracht der erheblichen Finanzierungsbedarfe stellt sich die Frage, wie Bund, Länder und Kommunen die zusätzlichen Investitionen finanzieren können. Die Bekämpfung der Corona-Krise hat zum sprunghaften Anstieg der Staatsschulden geführt, die im Rahmen der nationalen Schuldenregeln ab 2023 schrittweise zurückgeführt werden müssen. Dies führt zu einer zusätzlichen Belastung des Bundeshaushalts in den nächsten Jahren und schränkt die Spielräume für die Finanzierung von Klimainvestitionen weiter ein (BMF, 2021). Die teils engeren Schuldenregeln auf Landesebene sowie der erhebliche bereits existierende kommunale Investitionsrückstand werfen zudem die Frage auf, wie der Finanzbedarf für Klimainvestitionen auf kommunaler Ebene finanziert werden soll. Die vorliegende Studie möchte insofern auch einen Anstoß geben, die Frage zu priorisieren, wie die öffentlichen Klimainvestitionen bis 2030 finanziert werden können.

³⁰ Vgl. zum Beispiel Stiftung Klimaneutralität et al (2021)

ANHANG

Der in Abschnitt 3 beschriebene aggregierte Finanzbedarf für Klimainvestitionen im Zehn-Jahres-Horizont 2021-2030 basiert auf den folgenden Einzelpositionen. Die Liste hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit und ist gemäß der in Abschnitt 2 beschriebenen Methodik erarbeitet.

A.1 Energiesektor

Übertragungsnetz

Das Investitionsvolumen für den Ausbau der deutschen Höchstspannungsnetze schätzen die vier Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) im jüngsten Netzentwicklungsplan Strom (NEP) auf etwa 75 bis 79 Milliarden Euro bis 2035 (50Hertz Transmission GmbH et al, 2021). Hinzu kommen 33 bis 38 Milliarden Euro für den Ausbau der Offshore-Netze. Nicht berücksichtigt im Szenariorahmen, der dem NEP zugrunde liegt, sind die neuen Klimaziele der Bundesregierung. Das zeigt sich auch in den angenommenen EE-Erzeugungskapazitäten bis 2035: Im Szenario C, in der die Sektorenkopplung und das stromnetzorientierte Einsatzverhalten von Erzeugern und Verbrauchern die größte Rolle spielt, liegt die angenommene erneuerbare Erzeugungskapazität im Jahr 2035 mit 260 Gigawatt unterhalb der im Szenario KN2045 modellierten EE-Kapazität im Jahr 2030 in Höhe von 268 Gigawatt (Prognos et al, 2021). Für den mit den Klimazielen konformen Ausbau der deutschen Hochspannungsnetze bis 2030 (inkl. Offshore-Netze) werden in dieser Studie zusätzliche Investitionen in die Übertragungsnetze von 120 Milliarden Euro angenommen.

Der Betrieb und Ausbau der Übertragungsnetze ist derzeit Aufgabe von vier ÜNB, die den Netzausbau finanzieren und die Investitionskosten anschließend auf die Endkunden umlegen. Dabei übernimmt der ÜNB TenneT (ein niederländisches Staatsunternehmen) die für den Erfolg der Energiewende außerordentlich wichtige Aufgabe, die offshore produzierte Windenergie an das Übertragungsnetz anzuschließen und die im Norden produzierte Windenergie (onshore und offshore) zu den industriellen Abnehmern im Westen und Süden zu transportieren (Südlink). Neben einer direkten staatlichen Bezuschussung ist eine Option zur Finanzierung eines Teils des Investitionsbedarfs von 120 Milliarden Euro eine Eigenkapitalerhöhung, die der Bund über den Erwerb von Beteiligungen an TenneT oder anderen ÜNBs umsetzen könnte.³¹ Da in der existierenden Regulierung eine Teilfinanzierung des Bundes nicht vorgesehen ist, wird der hier identifizierte Bedarf nicht berücksichtigt und nicht in Tabelle 1 ausgewiesen.

³¹ Gespräche zwischen der deutschen und niederländischen Regierung über eine Beteiligung des Bundes an TenneT gibt es seit einiger Zeit. Vgl. Handelsblatt vom 22.10.2020 „Tennet: Wir sind nicht auf frisches Kapital des deutschen Staates angewiesen“.

Wasserstoffleitungsnetz

Um eine THG-Minderung um 65 Prozent gegenüber 1990 zu erreichen, muss erneuerbar produzierter Wasserstoff bereits vor 2030 in den drei Endverbrauchssektoren Verkehr, Industrie und Raffinerien sowie zur Erzeugung von Strom und Fernwärme in großen Mengen eingesetzt werden. Im Jahr 2030 liegt die Nachfrage im Szenario KN2045 in Summe bei 63 Terawattstunden, nur etwa 19 Terawattstunden werden davon im Inland erzeugt (Prognos et al, 2021). Die Versorgung der Verbraucher erfordert daher den raschen Aufbau eines leistungsfähigen Wasserstofftransportnetzes. Der Entwurf des von den Fernleitungsnetzbetreibern entwickelten Wasserstoffstartnetz sieht Investitionen von circa 0,6 Milliarden Euro bis 2030 vor, wird den Anforderungen des Einsatzes von 63 Terrawattstunden im Jahr 2030 jedoch nicht ansatzweise gerecht. So wird durch das vorgeschlagene Startnetz beispielsweise keine Anbindung der Chemie- beziehungsweise großen KWK-Standorte in Süd-Deutschland erreicht (Öko-Institut, 2021). Nach dem Konzept der European Hydrogen Initiative erfährt das deutsche (und europäische) Wasserstoffnetz bis 2040 eine massive Ausweitung, wodurch die wichtigsten Erzeugungs- und Nachfragezentren verbunden und auch der grenzüberschreitende Transport von Wasserstoff in zunehmendem Maße möglich wäre. Die Investitionskosten werden insgesamt auf 43 bis 81 Milliarden Euro geschätzt (Creos et al, 2021). Dabei wurden diese Werte unter der Annahme abgeleitet, dass zu 69 Prozent bestehende Erdgasnetze umgerüstet werden. Krebs (2021b) schätzt, dass der deutsche Kostenanteil am Aufbau eines leistungsfähigen Wasserstoffnetzes in Deutschland und Europa circa 25 Milliarden Euro beträgt. In der vorliegenden Studie werden öffentliche Investitionskosten von 20 Milliarden Euro bis 2030 angenommen, weil nicht der gesamte Finanzrahmen bis 2030 zur Verfügung gestellt werden muss.

Der Investitionsbedarf für den Aufbau des Wasserstofffernleitungsnetzes wird vollständig den Bundesinvestitionen zugerechnet. Dies beruht auf der Prämisse, dass der Aufbau dieser Infrastruktur originäre Aufgabe des Staates ist und die mit dem Aufbau einhergehenden finanziellen und regulatorischen Risiken den Aufbau der Infrastruktur durch den Bund begünstigen.³² Es sind jedoch auch andere Optionen denkbar. Beispielsweise könnte das Startnetz auch von privaten Unternehmen entwickelt werden, die im Rahmen von Ausschreibungen öffentliche Zuschüsse erhalten. Der öffentliche Finanzierungsbedarf für den Bund variiert in Abhängigkeit der gewählten Option.

Verteilernetz

Im Zuge der raschen Elektrifizierung der Sektoren Verkehr, Gebäude und Industrie steigen die Anforderungen an die Verteilernetze erheblich. Der kumulative Investitionsbedarf in die Verteilernetze

³² Vgl. Krebs (2021b)

von 2015 bis 2030 liegt schätzungsweise bei 36 bis 72 Milliarden Euro, wobei flexibel gesteuerte Verbrauchseinrichtungen Nachfragespitzen glätten und somit auch den Ausbau der Verteilernetze reduzieren können (Agora Verkehrswende et al, 2019). Diese Schätzung berücksichtigt nur die Nieder- und Mittelspannungsebenen, nicht die Hochspannungsebene. Andere Studien kommen zu höheren Bedarfen. Die im Auftrag des BMWi von einem Projektkonsortium angefertigten „Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland“ beziffern die annuitätischen Netzkosten der deutschen Verteilernetze insgesamt auf etwa 8 bis 10 Milliarden Euro jährlich von 2018 bis 2030 (Sensfuß et al, 2021). Für den in dieser Studie betrachteten Zehn-Jahres-Horizont ergibt das einen geschätzten Bedarf von 50 bis 100 Milliarden Euro.

Die Verteilernetze (Nieder-, Mittel- und Hochspannung) werden durch die circa 900 Verteilnetzbetreiber unterhalten, die typischerweise zu kommunalen Energieversorgern, teils aber auch zu privatwirtschaftlichen Energiekonzernen gehören. Die Investitionskosten werden über die Netzentgelte auf die Endkunden umgelegt. Der Bund kann die Kommunen bei dem Ausbau der Verteilernetze finanziell durch Zuweisungen oder ein Beteiligungsprogramm unterstützen, was jedoch im heutigen System nicht vorgesehen ist. Der Umfang der öffentlichen Finanzierung des Ausbaus der Verteilernetze ist damit abhängig von den Entscheidungen künftiger Regierungen. Aufgrund dieser Unsicherheiten ist es zurzeit nicht möglich, einen öffentlichen Finanzbedarf für die Übertragungs- und Verteilernetze abzuschätzen.

Fernwärmenetze

Zur Deckung des künftigen Gebäudewärmebedarfs sieht das Szenario KN2045 bereits bis zum Jahr 2030 einen deutlich erhöhten Fernwärmeabsatz vor: Im Zeitraum 2021-2030 sollen etwa 220 Tausend Wohnungen pro Jahr neu an Fernwärmenetze angeschlossen werden, das entspricht in etwa einer Steigerung des Anteils der Fernwärme um 50 Prozent (Prognos et al, 2021). Der Investitionsbedarf für den Ausbau der Fernwärmeinfrastruktur in dieser Größenordnung bis 2030 beträgt circa 20 Milliarden Euro (Prognos und Hamburg Institut, 2020). Davon fallen 16 Milliarden Euro auf Netzerweiterungen und -verdichtungen sowie 4 Milliarden Euro auf Leitungen zur Anbindung von neuen klimaneutralen Wärmequellen. Der Ausbau des Fernwärmenetzes ist überwiegend eine Aufgabe kommunaler Unternehmen, weshalb der Bedarf den kommunalen Finanzbedarfen in Tabelle 1 zugerechnet wird.

Differenzkosten erneuerbarer Wasserstoff für Strom und Fernwärme

Für die Dekarbonisierung des Stromsektors ist ein rasches Auslaufen der Kohleverstromung essenziell. Im Szenario KN2045 führt der steigende Preis für CO₂-Zertifikate in Kombination mit niedrigen

Erdgaspreisen dazu, dass die bis dahin verbliebenen Kohlekraftwerke bis 2030 unwirtschaftlich werden und vom Netz gehen. Um die Deckung der Residuallast und Leistungsabsicherung des Stromsystems dennoch zu gewährleisten, steigt die Leistung regelbarer Gaskraftwerke bis 2030 um 20 GW. Für etwa 2,5 Gigawatt Kraftwerksleistung werden im Jahr 2030 rund 20 Terawattstunden Wasserstoff eingesetzt, um damit Strom und Fernwärme zu produzieren (Prognos et al, 2021). Die Kostenlücke zu Erdgas für den Einsatz dieser Wasserstoffmenge beträgt schätzungsweise 1,3 Milliarden Euro jährlich für den Zeitraum 2026 bis 2030 (Öko-Institut, 2021). Werden diese Zusatzkosten nicht über entsprechende Strommarktinstrumente (beispielsweise über die KWK-Umlage) auf die Verbraucher umgelegt – was im Kontext der Diskussionen um zu hohe Strompreise und die Reduzierung der EEG-Umlage unwahrscheinlich erscheint – ergibt sich ein öffentlicher Förderbedarf von mindestens 5 Milliarden Euro bis 2030.

Erneuerbare Erzeugungsanlagen / EEG

Der Ausbau Erneuerbarer Energien muss in den nächsten Jahren drastisch beschleunigt werden. Im Szenario KN2045 steigt die benötigte Leistung installierter EE-Leistung um mehr als 100 Prozent auf 268 Gigawatt im Jahr 2030. Hierfür muss pro Jahr im Mittel 10 Gigawatt Photovoltaik, etwa 4,5 Gigawatt Onshore-Wind und 1,7 Gigawatt Offshore-Wind zugebaut werden (Prognos et al, 2021). Der Ausbau und Betrieb Erneuerbarer Energien wird über das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) gefördert. Basierend auf den dem KN2045-Szenario zugrundeliegenden Rahmendaten, betragen die kumulierten EEG-Vergütungszusagen für den Zeitraum 2022-2030 schätzungsweise 290 Milliarden Euro, wobei nur circa 65 Milliarden Euro hiervon auf Anlagen fallen, die ab 2022 in Betrieb genommen werden.³³ Abzüglich der zu erwartenden Markterlöse der EEG-Anlagenbetreiber an der Strombörse, ergibt sich insgesamt eine nominale EEG-Deckungslücke von circa 145 Milliarden Euro bis zum Jahr 2030, die im bestehenden System über die EEG-Umlage finanziert würde. Davon sind etwa 10 Milliarden Euro für Neuanlagen ab 2022.³⁴

Im heutigen System wird die jährliche Deckungslücke über die EEG-Umlage durch die Stromverbraucher finanziert. Im Jahr 2021 drohte sie auf Rekordhöhen zu steigen, da der Börsenstrompreis im Gefolge der Corona-Krise einbrach und die EEG-Differenzkosten deutlich stiegen. Die Bundesregierung hat daraufhin im Juni 2020 im Rahmen des Corona-Konjunkturpakets beschlossen, Rücklagen aus dem Energie- und Klimafonds und Einnahmen aus der nationalen CO₂-Bepreisung zur Senkung der EEG-Umlage einzusetzen, um sie so im Jahr 2021 auf 6,5 Cent und im Jahr 2022 auf 6 Cent je

³³ Eigene Berechnungen auf Basis von Öko-Institut (2021b).

³⁴ Ibid.

Kilowattstunde zu stabilisieren. Nun sprechen sich Parteien entlang des politischen Spektrums für eine schrittweise oder sogar sofortige Abschaffung der EEG-Umlage aus. In diesem Fall müsste die EEG-Deckungslücke durch Bundeszuschüsse finanziert werden, wobei bisher ungeklärt ist, in welchem Umfang dafür die Einnahmen der nationalen CO₂-Bepreisung verwendet werden können.³⁵

Im Rahmen dieser Analyse wird nur die EEG-Deckungslücke für Neuanlagen ab 2022 in Höhe von 10 Milliarden angesetzt, da die Analyse ausschließlich Finanzbedarfe für zukünftige Investitionen berücksichtigt. Wird die EEG-Umlage jedoch abgeschafft, muss auch die Deckungslücke für Altanlagen finanziert werden. In Abhängigkeit des Zeitpunktes der Abschaffung beträgt der Finanzbedarf zum Ausgleich der EEG-Deckungslücke dann bis zu 145 Milliarden Euro.

A.2 Industrie

Stahlindustrie

Die deutsche Stahlindustrie ist die größte industrielle CO₂-Quelle und steht vor der großen Herausforderung, die emissionsintensive Hochofenroute durch klimaneutrale Produktionsanlagen zu ersetzen. Im Szenario KN2045 werden keine Hochöfen mehr neu zugestellt, sondern stattdessen ab Mitte der 2020er-Jahre alle zur Reinvestition anstehenden Hochöfen durch klimafreundliche Eisen-Direktreduktionsanlagen (DRI) ersetzt. Bis 2030 kommen in diesem Zuge etwa 12 Millionen Tonnen DRI-EAF-Kapazitäten in den Anlagenbestand, die den flexiblen Betrieb mit Erdgas und Wasserstoff erlauben (Prognos et al, 2021). Da die CO₂-Minderungskosten für eine Tonne DRI-Rohstahl gegenüber der Hochofen-Route etwa 96 bis 208 Euro (mit Erdgas beziehungsweise Wasserstoff betrieben) betragen, sind Anschaffung und Betrieb dieser Anlagen heute nicht rentabel und müssen über Klimaschutzverträge abgesichert werden (Agora Energiewende und FutureCamp, 2021a). Für den schrittweisen Aufbau von 12 Millionen Tonnen an DRI-Kapazitäten bis 2030 fallen bis zu 8 Milliarden Euro an zusätzlichen Investitionskosten an (verglichen mit Ersatzinvestitionen in konventionelle Referenztechnologien). In Abhängigkeit der Entwicklung der Kosten für erneuerbaren Wasserstoff, des CO₂-Preises im EU-ETS sowie der Entwicklung grüner Leitmärkte, betragen die betrieblichen Mehrkosten bis 2030 etwa 10 Milliarden Euro im Basisszenario und 2 Milliarden Euro im günstigsten

³⁵ Der von Stiftung Klimaneutralität et al (2021) gemachte Regelungsvorschlag für die Reform des BEHG würde etwa 180/255 Milliarden Euro (min./max.) an BEHG-Einnahmen bis 2030 einbringen. Der Vorschlag sieht vor: CO₂-Festpreis im BEHG zum 01.01.2023 in Höhe von 60 Euro, Preiskorridor ab 2024 zwischen 60 und 80 Euro. Ab dem Jahr 2025 Einführung eines Mindestpreises von 80 Euro sowie Maximalpreis von 100 Euro, der in den Folgejahren um 10 Euro pro Jahr steigt. Im aktuellen gesetzlich vereinbarten Aufwuchspfad im BEHG ist mit Einnahmen von etwa 130 Milliarden Euro zu rechnen.

Szenario (Agora Energiewende und FutureCamp, 2021a).³⁶ Im Rahmen dieser Analyse werden 5 Milliarden Euro zusätzliche Betriebskosten bis 2030 angesetzt, die über Klimaschutzverträge durch den Bund bereitgestellt werden.³⁷ Zuzüglich anteiliger Anschaffungsinvestitionen für klimaneutrale Anlagen ergibt sich ein öffentlicher Finanzierungsbedarf in Höhe von etwa 10 Milliarden Euro.³⁸

Chemieindustrie

Die Transformation der Chemieindustrie hin zu Klimaneutralität ist außerordentlich komplex. Der Großteil der Emissionen geht auf drei Bereiche zurück: die Erzeugung von Plattformchemikalien im *Steamcracker*, die Wasserstofferzeugung zur Produktion von Ammoniak und die Bereitstellung von Dampf in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK). Wie in der Stahlindustrie wird die Transformation nur gelingen, wenn die Transformation der Chemieindustrie über Klimaschutzverträge abgesichert wird. Vor 2030 betrifft dies insbesondere die Herstellung von Ammoniak, deren Emissionen durch die schrittweise Beimischung von erneuerbarem Wasserstoff gemindert werden können. Neben dem Aufbau von Elektrolysekapazitäten werden dafür keine weiteren signifikanten Investitionen benötigt. Für die Beimischung von 4,5 Terawattstunden erneuerbarem Wasserstoff in bereits existierenden Erzeugungsanlagen fallen bis zum Jahr 2030 zusätzliche Betriebskosten von etwa 1 bis 3 Milliarden Euro an (Agora Energiewende und FutureCamp, 2021b, i.A.).³⁹ Wird die Ammoniakerzeugung vor 2030 bereits weitestgehend auf erneuerbarem Wasserstoff umgestellt, müssen neue Erzeugungsanlagen errichtet werden, die mit bis zu 100 Prozent erneuerbarem Wasserstoff betrieben werden können. Im Szenario KN2045 wächst der jährliche Bedarf an erneuerbarem Wasserstoff in der Grundstoffindustrie bis zum Jahr 2030 auf 15 Terawattstunden (Prognos et al, 2021). Daraus ergeben sich zusätzliche Betriebskosten von etwa 3 bis 9 Milliarden Euro. Hinzu kommen zusätzliche Investitionskosten für neue Erzeugungsanlagen, für die keine genauen Schätzungen vorliegen.

³⁶ Die notwendigen Finanzierungszusagen für zehnjährige Klimaschutzverträge, die vor 2030 starten und bis spätestens 2040 laufen, betragen 4,9 bis 26,4 Milliarden Euro und übersteigen damit die tatsächlich vor 2030 anfallenden betrieblichen Mehrkosten deutlich.

³⁷ Dabei gehen wir von der im *Fit-for-55*-Packet der EU-Kommission angekündigten Reform zur Vergabe von freien Zuteilungen aus.

³⁸ Dies beruht auf der Annahme, dass ein wesentlicher Teil der Mehrkosten für Anschaffungsinvestitionen in DRI-Anlagen vor 2030 durch öffentliche Fördermittel gedeckt wird, sodass die Anlagen im internationalen Wettbewerb konkurrenzfähig sind.

³⁹ Die Finanzierungszusagen für zehnjährige Klimaschutzverträge, die vor 2030 anlaufen, betragen etwa 2 bis 6 Milliarden Euro.

Für die Erzeugung von Plattformchemikalien im *Steamcracker*, beispielsweise über Elektrocracker, die Methanol-to-Olefin (MTO) beziehungsweise -Aromaten (MTA)-Route oder chemisches Recycling, lassen sich Investitionen und Betriebskosten heute noch nicht genau abschätzen.⁴⁰ Da ein Teil der zuletzt genannten Verfahren vermutlich erst zum Ende dieses Jahrzehnts zur großtechnischen Anwendung kommt und zudem noch offen ist, welche Verfahren sich durchsetzen, ist eine präzise Bewertung schwierig. Für den Chemiesektor wird insgesamt für den Zeitraum bis 2030 ein öffentlicher Finanzierungsbedarf (Zuschüsse zu privaten CAPEX und OPEX) von 10 Milliarden Euro angesetzt, was am unteren Ende der zu erwartenden Bandbreite liegen dürfte. Dies beinhaltet die Differenzkosten für den Einsatz von erneuerbarem Wasserstoff.

Zementindustrie und andere Branchen

Auch in der Zementindustrie muss die Transformation abgesichert werden. Ein wesentlicher Hebel zur nahezu klimaneutralen Zementproduktion ist der Einsatz von CO₂-Abscheidung und Speicherung (CCS). Das Szenario KN2045 geht davon aus, dass bis zum Jahr 2030 Zementwerke mit CCS-Technologie mit einer Jahresproduktion von 2,5 Millionen Tonnen Klinker auf- beziehungsweise umgebaut werden (Prognos et al, 2021). Im Vergleich zu einem konventionellen Referenzszenario fallen dafür Mehrinvestitionen von etwa 300 Millionen Euro an (Agora Energiewende und FutureCamp, 2021c, i.A.). Ein Großteil dieser Mehrkosten für die Investition und den Betrieb dieser Anlagen wird langfristig über den CO₂-Preis in einem reformierten EU-ETS kompensiert. Diese CO₂-Preis-Entwicklung muss jedoch über Klimaschutzverträge antizipiert und abgesichert werden. Um den Fall von nur leicht ansteigenden CO₂-Preisen abzudecken⁴¹ müssen dafür bis 2030 Finanzierungszusagen von etwa 250 Millionen Euro gemacht werden, um damit die notwendigen Investitionen mit Klimaschutzverträgen mit einer Laufzeit von je zehn Jahren abzusichern (Agora Energiewende und FutureCamp, 2021c, i.A.).

Für den Einsatz der CCS-Technologie im Zementsektor und – nach 2030 – auch in anderen Sektoren zur Kompensation von nicht anderweitig vermeidbaren Emissionen (insbesondere aus der Landwirtschaft) bedarf es des Aufbaus einer grenzüberschreitenden CO₂-Infrastruktur, die heute nicht existiert. Da Umfang und Gestalt dieser neuen Infrastruktur noch ungewiss sind, kann hierfür keine genaue Schätzung vorgenommen werden.

Neben den Sektoren Stahl, Chemie und Zement entstehen auch bei der Herstellung von Glas, Kalk, Nichteisenmetallen und Papier signifikante CO₂-Emissionen. Sektorübergreifend muss zudem die

⁴⁰ Vgl. Agora Energiewende und Wuppertalinstitut (2019).

⁴¹ Linearer Anstieg von 54 Euro/EUA im Jahr 2025 auf 80 Euro/EUA 2040.

Umstellung auf erneuerbare Wärme- und Dampferzeugung angereizt werden, die heute noch teurer ist. Auch hier kann im Rahmen dieser Analyse keine fundierte Schätzung des öffentlichen Finanzierungsbedarfs geleistet werden. Für die genannten Branchen und Anwendungen wird der Bedarf bis 2030 insgesamt auf fünf Milliarden Euro geschätzt.

A.3 Gebäude/Wohnen

Energetische Sanierung und erneuerbare Wärmeversorgung

Zentrale Maßnahmen zur Erreichung der Klimaziele im Gebäudebereich sind die Umstellung der Wärmeversorgung sowie die Verbesserung der Effizienz von Gebäudehüllen und Anlagen. Im Szenario KN2045 nimmt die Sanierungsaktivität deutlich zu, die mittlere Sanierungsrate steigt von etwa 1,1 Prozent (2010-2016) auf 1,5 Prozent pro Jahr (2021-2030). Zudem werden nach 2025 keine neuen Wärmeerzeuger auf Basis von Öl und Gas installiert. Dem Rückgang steht ein starker Anstieg der elektrischen Wärmepumpen gegenüber. Bis 2030 wächst die Zahl der betriebenen Wärmepumpen von knapp einer Million auf sechs Millionen (Prognos et al, 2021).

Der Förderbedarf zum Erreichen der Klimaneutralität bis 2045 und 65 Prozent THG-Reduktion bis 2030 schätzen Öko-Institut und Hamburg Institut (2021) auf 10 bis 15 Milliarden Euro jährlich, wobei dieser Bedarf ab 2025 sinkt. Die Schätzung beinhaltet ausschließlich zielkonforme Maßnahmen – Kosten für die energetischen Vollsanierungen, Mehrkosten des Neubaus von energieeffizienten Wohngebäuden und Nichtwohngebäuden sowie die Kosten von Einzelmaßnahmen, insbesondere die Umstellung auf erneuerbare Wärmeerzeuger. Für die zielkonforme Sanierung von Gebäudehüllen wird angenommen, dass zur Erreichung der Ziele etwa eine Vervierfachung der Förderfälle im Vergleich zum Jahr 2020 notwendig ist.⁴² Für die Förderung von Wärmepumpen wird eine sukzessive Verringerung der Fördersätze ab dem Jahr 2025 angenommen, da im Zuge der in der Studie zugrunde liegenden starken Marktdurchdringung von Wärmepumpen mit einer deutlichen Kostenreduktionen (Lernkurve/Skaleneffekte) zu rechnen ist. Angenommen wird außerdem, dass zukünftig auch ordnungsrechtlich gebotene Maßnahmen gefördert werden, um Akzeptanz für schärfere Regeln zur Energieeffizienz von Gebäuden zu schaffen.⁴³

Die vom Bund gesetzten Sanierungsanforderungen und -anreize sind nur dann wirksam, wenn die Maßnahmen rasch umgesetzt werden können. Dazu müssen genügend ausgebildete Fachkräfte zur

⁴² Die Berechnungen legen die derzeitigen Fördersätze in der BEG zugrunde.

⁴³ Dena (2018) schätzt die Kosten der energetischen Sanierung (inklusive Neubau) zum Erreichen der Klimaziele im Gebäudebereich auf jährlich 13 bis 29 Milliarden Euro. Bei einer durchschnittlichen Förderquote von 50 Prozent entspricht dies einem Förderbedarf von 6,5 bis 14,5 Milliarden Euro jährlich.

Verfügung stehen. In Deutschland fehlen jedoch aktuell circa 100.000 Fachkräfte, um die Sanierungsaktivitäten deutlich zu beschleunigen (Öko-Institut, 2018). Neben der Stärkung des Handwerks bietet die serielle Sanierung großes Potenzial für die Erreichung eines klimaneutralen Gebäudestandes. In den Niederlanden werden Gebäude zum Beispiel nach dem Prinzip des Energiesprongs mithilfe vorgefertigter Fassadenteile in Kombination mit Wärmepumpen und Solaranlagen auf dem Dach innerhalb weniger Wochen auf einen Nullenergiestand saniert (Stiftung Klimaneutralität et al, 2021). In Deutschland fehlt es der energetischen Sanierung an Marktreife, obwohl ein Energiesprung-Potenzial von etwa 500.000 Wohnhäusern existiert (Dena, 2020). Durch staatliche Zuschüsse kann der industriellen Sanierung zur Marktreife geholfen werden, die im Rahmen eines Sonderprogramms speziell gefördert werden sollte (Agora Energiewende, 2021a).

Für den in dieser Analyse betrachteten Zehn-Jahre-Zeitraum wird insgesamt eine Fördersumme in Höhe von 100 Milliarden Euro angesetzt, die im Rahmen der neuen Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) verfügbar gemacht werden kann.⁴⁴ Dies würde beispielsweise Förderung von jährlich 400.000 Sanierungsmaßnahmen am Gebäude mit einem durchschnittlichen Zuschuss von 20.000 Euro und 400.000 Wärmepumpen mit einem durchschnittlichen Zuschuss von 5.000 Euro bedeuten. Zum Vergleich: Die Anzahl der Förderanträge hat sich von knapp 200.000 im Jahr 2019 auf über 500.000 im Jahr 2020 mehr als verdoppelt und das Volumen der abgeflossenen Fördermittel betrug im Jahr 2020 circa 2 Milliarden Euro (BMF, 2021b). Da eine Aufteilung zwischen privaten und kommunalen Investitionen schwierig ist, wird der Bedarf vollständig den privaten Investitionen zugerechnet, die den Großteil ausmachen werden.

Öffentliche Liegenschaften des Bundes

Bis zum Jahr 2030 soll die Bundesverwaltung vollständig klimaneutral werden, so sieht es das Klimaschutzgesetz vor. Dazu müssen auch die Immobilien des Bundes energetisch saniert werden, so dass sie konform mit dem Zielpfad sind. Dazu gehören unter anderem Gebäude der Bundeswehr, Bundespolizei, obersten Bundesbehörden, Bundesoberbehörden und Bundesanstalten sowie Gebäude des Bundes im Ausland. Der Investitionsbedarf dürfte erheblich sein, da jedoch keine belastbaren Schätzungen vorliegen, wird der Bedarf in der Analyse nicht berücksichtigt und nicht in Tabelle 1 aufgelistet.

Klimaneutraler sozialer Wohnungsbau

⁴⁴ Derzeit werden im Rahmen des BEG Tilgungszuschüsse (Kredit) und/oder direkte Zuschüsse gewährleistet. Die direkten Zuschüsse haben einen Fördersatz zwischen 15 und 50 Prozent der Investitionskosten und der maximale Zuschussbetrag ist 75.000 Euro.

Der Bedarf an öffentlicher Wohnraumförderung in den städtischen Ballungsräumen ist in den vergangenen Jahren stark angestiegen, wohingegen das Angebot bis vor Kurzem stetig gefallen ist. So ist der Bestand an Sozialwohnungen von vier Millionen Anfang der 1980er-Jahre auf derzeit etwa 1,5 Millionen Wohnungen zurückgegangen und jährlich fallen weiterhin etwa 80.000 Wohnungen aus der Förderung heraus (Krebs und Scheffel, 2017b). Wenngleich der Neubau von Sozialwohnungen an Fahrt gewonnen hat, reichen die gegenwärtigen Anstrengungen nicht aus, um den Bedarf an Sozialwohnungen in absehbarer Zeit zu bedienen. Eine ähnlich große Lücke zwischen Angebot und Bedarf besteht im mittleren Preissegment der städtischen Wohngebiete, wo auch Haushalte mit mittleren Einkommen häufig die Marktmieten nicht bezahlen können.

Energetische Sanierung des bestehenden Gebäudebestands und energetische Vorgaben im Neubau werden diese Entwicklungen weiter verschärfen und in einem ohnehin angespannten Wohnungsmarkt weiteren Druck auf die Mieten in den Ballungsräumen ausüben, der besonders die unteren und mittleren Einkommen trifft. Für einen sozial gerechten Klimaschutz im Gebäudesektor ist es daher notwendig, dass die Maßnahmen zur Beschleunigung der energetischen Sanierung mit einem Ausbau des sozialen beziehungsweise geförderten Wohnungsbau kombiniert werden. Verschiedene Studien zeigen, dass jährlich circa 100.000 neue Sozialwohnungen gebaut werden müssen (Krebs und Scheffel, 2017b). Bei einem Förderbetrag von 50.000 Euro pro Wohnungseinheit entspricht das einer Förderung des sozialen Wohnungsbaus von jährlich fünf Milliarden Euro beziehungsweise insgesamt 50 Milliarden Euro im Zeitraum 2021-2030. Der Bedarf ist den kommunalen Investitionen zuzuordnen, wobei der Bund durch die Partnerschaft Deutschland und die Gründung einer neuen Beteiligungsgesellschaft die Kommunen unterstützen kann (Dullien und Krebs, 2020).

A.4 Verkehr

Schieneverkehr / Deutsche Bahn

Im Szenario KN2045 kommt es bereits bis 2030 bei insgesamt etwa gleichbleibenden Personenkilometern zu einer deutlichen Veränderung bei den Anteilen der Verkehrsmittel. Zwischen 2016 und 2030 nimmt die Verkehrsnachfrage im Pkw-Segment um 11 Prozent zugunsten des Schienenverkehrs, des Rad- und Fußverkehrs sowie des öffentlichen Straßenverkehrs ab (Prognos et al, 2021). Der Schienenverkehr steigt im gleichen Zeitraum um etwa 70 Prozent.

Der Ausbau der Bahn soll mit der Einführung des Deutschlandtakts umgesetzt werden. Bis 2030 soll das Fahrgastaufkommen verdoppelt werden und der Marktanteil des Schienengüterverkehrs auf mindestens 25 Prozent steigen (BMVI, 2021a). Der Schienenausbaubedarf für die Umsetzung des Deutschlandtaktes wird auf Basis eines vom BMVI beauftragten Gutachtens (Entwurf) auf knapp 50

Milliarden Euro geschätzt (Trimode und intraplan, 2021). Darüber hinaus wird die vollständige Digitalisierung des Schienenverkehrs etwa 32 Milliarden Euro im Zeitraum 2020-2040 kosten (McKinsey & Company, 2018). Der größere Teil des Ausbaus sollte noch in diesem Jahrzehnt erfolgen und im Rahmen dieser Studie wird der Digitalisierungsbedarf auf 20 Milliarden Euro für den Zeitraum 2021-2030 geschätzt. Da auch ein Teil des Investitionsbedarfs zur Umsetzung des Deutschlandtakts erst nach 2030 anfallen wird, wird im Rahmen dieser Studie ein Investitionsbedarf von insgesamt 50 Milliarden Euro für den Ausbau und die Digitalisierung des Schienennetzes der Deutschen Bahn angesetzt. Der Bedarf wird den Bundesinvestitionen zugeordnet.

Zusätzlich zu den Modernisierungsinvestitionen sind im Zeitraum 2020-2029 mindestens Ausgaben von 86,2 Milliarden Euro für Ersatzinvestitionen und die Instandhaltung des bestehenden Schienennetzes geplant (Eisenbahn Bundesamt). Davon werden gemäß Leistungs- und Finanzierungsvereinbarung vom 20.01.2020 (LuFV III) 63,4 Milliarden Euro vom Bund bereitgestellt. Dieser Betrag wird nicht in der Bedarfsschätzung berücksichtigt, weil es sich um reine Ersatzinvestitionen handelt.

Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV)

Auch der ÖPNV muss und soll bis zum Jahr 2030 zur Erreichung der angehobenen Klimaziele erheblich ausgebaut werden. ver.di (2021) schätzt den Finanzierungsbedarf für den Ausbau des ÖPNV auf circa 8 Milliarden Euro jährlich (ohne zusätzliche Personalkosten), wobei diese Schätzung nicht den Ausbau des regionalen Schienenverkehrs enthält. Krebs (2021b) schätzt Mehrkosten eines Programms, das bis 2030 circa 1.000 Dieselmotoren durch klimafreundliche Alternativen ersetzt, auf circa 10 Milliarden Euro. Der notwendige Aus- und Umbau des ÖPNV wird also voraussichtlich bis 2030 einen zusätzlichen Investitionsbedarf auf kommunaler Ebene von gut 100 Milliarden Euro erzeugen. Dieser Bedarf liegt in der Mitte der vom KCW (2019) im Auftrag des Umweltbundesamts ermittelten jährlichen Mehrkosten für den ÖPNV durch Angebotsausweitung und Umstellung auf klimaneutrale Fahrzeugflotten. In der vorliegenden Studie wird ein Finanzierungsbedarf von 100 Milliarden Euro für den klimafreundlichen Ausbau des ÖPNV angesetzt. Dies ist ein zusätzlicher Finanzierungsbedarf, der nicht durch Regionalisierungsmittel (derzeit knapp 9 Milliarden Euro jährlich) abgedeckt wird.

Zuschüsse für E-Fahrzeuge

Neben der zunehmenden Verlagerung auf die Schiene, ist einer der zentralen Hebel zur Erreichung der 2030-Ziele im Verkehrssektor der schnelle Aufwuchs der Elektromobilität. Der Anteil der Elektrofahrzeuge an den Neuzulassungen steigt im Szenario KN2045 näherungsweise linear an und erreicht im Jahr 2030 bereits 78 Prozent. Damit sind im Jahr 2030 rund 14 Millionen Elektrofahrzeuge (9 Millionen BEV und 5 Millionen PHEV) im Bestand (Prognos et al, 2021).

Bereits heute fördert die Bundesregierung den Kauf von Elektrofahrzeugen. Bis Ende 2025 können Interessierte den „Umweltbonus“ sowie die „Innovationsprämie“ erhalten. Die Fördersätze betragen für Elektrofahrzeuge bis zu 40.000 Euro Nettolistenpreise 6.000 Euro für rein elektrisch betriebene Fahrzeuge und 4.500 Euro für Plug-in-Hybride. Für Elektrofahrzeuge über 40.000 Euro Nettolistenpreis betragen die Fördersätze bis zu 5.000 Euro für einen rein elektrischen Antrieb und bis zu 3.750 Euro für Plug-in-Hybride.⁴⁵

Wird die Förderung wie vorgesehen bis Ende 2025 gezahlt, so ergibt sich für den Zeitraum 2021 bis 2025 bei einem linear ansteigenden Fahrzeugbestand gemäß Szenario KN2045 auf insgesamt 5 Millionen Elektrofahrzeuge im Jahr 2025 ein Förderbedarf von knapp 20 Milliarden Euro. Wird die Förderung über 2025 hinaus verlängert, steigt der Förderbedarf entsprechend. Dies erscheint wahrscheinlich, da sich der Aufwuchs der Elektromobilität in der zweiten Hälfte des Jahrzehnts deutlich beschleunigen muss. Sinkt die Prämie für den Zeitraum 2026 bis 2030 auf 50 Prozent der bis 2025 gewährten Prämien, ergibt sich ein zusätzlicher Förderbedarf für den Zeitraum 2026 bis 2030 von gut 20 Milliarden Euro, um den im Szenario KN2045 prognostizierten Bestand von 14 Millionen Elektrofahrzeugen zu erreichen. Insgesamt ergäbe sich damit ein Förderbedarf bis 2030 von rund 40 Milliarden Euro. Hinzu kommen Förderungen für den Umstieg auf elektronisch oder Wasserstoff-betriebene Last- und Sattelzüge sowie Lkw.

Da nicht absehbar ist, wie stark die Kosten für Elektrofahrzeuge in den nächsten Jahren sinken werden, und eine Prognose für den Fortlauf und die Höhe der Förderung nach 2025 daher unsicher ist, werden im Rahmen dieser Studie 30 Milliarden Euro für die Förderung der Elektrofahrzeuge bis 2030 angesetzt.⁴⁶ Der Bedarf wird der Förderung privater Investitionen zugeordnet.

E-Ladeinfrastruktur

Mit steigenden Fahrzeugzahlen von BEV und PHEV im Bestand muss der Ausbau der öffentlichen und privaten E-Ladeinfrastruktur bis 2030 konsequent vorangetrieben werden.

Gemäß den Berechnungen der Nationalen Leitstelle für Ladeinfrastruktur (2020) im Auftrag des BMVI bedarf es im Jahr 2030 zwischen 5,5 und 8,8 Millionen privaten Ladepunkten am Wohnort, zwischen 2,5 und 2,7 Millionen privaten Ladepunkten am Arbeitsplatz und zwischen 0,4 und 0,8

⁴⁵ Vgl. BAFA (2021)

⁴⁶ Durch eine Umgestaltung der Kfz-Steuer, sodass zukünftig allein der spezifische CO₂-Ausstoß maßgeblich für die Höhe der Besteuerung ist, kann in Kombination mit degressiv gestalteten Kaufprämien für Niedrig- und Nullemissionsfahrzeuge ein wirkmächtiges Bonus-Malus-System entstehen, das ohne zusätzliche Bundesmittel auskommt (Agora Energiewende et al, 2021). Da die vorliegende Studie nur die Ausgabenseite betrachtet, fließen zusätzliche Steuereinkommen durch die Umgestaltung der Kfz-Steuer nicht in die Analyse ein.

Millionen öffentlich zugänglichen Ladepunkten. Die den Szenarien zugrunde liegenden Fahrzeugzahlen im Jahr 2030 (Medianwert) liegen mit 9,6 Millionen BEV und 5,6 Millionen PHEV sehr nahe an den Ergebnissen des Szenarios KN2045. Ausgehend von den heute bereits existierenden Ladepunkten ergibt sich unter Berücksichtigung konstanter Fördersätze je Ladepunkt in Höhe der heute verfügbaren Förderungen (Mischkalkulation Schnell- und Normalladepunkt) – 900 Euro für private Ladestationen am Wohnort, 2.000 Euro für private Ladestationen bei Unternehmen und zwischen 2.500 und 20.000 Euro für öffentlich zugängliche Ladepunkte⁴⁷ – ein Förderbedarf bis 2030 für das Mittel der Szenariowerte von etwa 16 Milliarden Euro. Davon fallen rund 5 Milliarden Euro auf die Förderung öffentlich zugänglicher Ladepunkte und 11 Milliarden Euro auf private Ladepunkte – am Wohnort und in Unternehmen. Zusätzliche fallen Kosten für den Netzanschluss der Ladepunkte an, die in Abhängigkeit der Anschlussleistung erheblich sein können und ebenfalls anteilig gefördert werden.⁴⁸ Unter der Annahme sinkender öffentlicher Zuschüsse pro Ladepunkt sinken die Finanzbedarfe entsprechend.

Im Szenarios KN2045 kommen neben rein batterieelektrischen Fahrzeugen im Segment Last- und Sattelzüge auch Oberleitungs-Lkw und Brennstoffzellen-Lkw zum Einsatz (Prognos et al, 2021). Der Aufbau eines Kern-Oberleitungsnetzes bis 2030 beträgt schätzungsweise 12 Milliarden Euro (StratOn, 2020). Der Aufbau eines Wasserstoff-Tankstellennetzes wird auf etwa 2 Milliarden Euro geschätzt (Öko-Institut, 2021).

Da aus heutiger Sicht fraglich ist, inwiefern sich die genannten Technologien im Segment Last- und Sattelzüge gegenüber rein batterieelektrischen Fahrzeugen durchsetzen, werden im Rahmen dieser Studie keine öffentlichen Finanzbedarfe für den Aufbau dieser Infrastrukturen angesetzt. Dieser Posten wird daher nicht in Tabelle 1 aufgeführt.

Der Förderbedarf für E-Ladeinfrastrukturen zur Erreichung des 2030-Ziels wird im Rahmen dieser Studie auf 20 Milliarden Euro geschätzt und den privaten Investitionen zugerechnet, da die Mehrzahl der Ladestationen in privater Hand sein werden.

A.5 Innovationen

Eine staatliche Forschungsförderung für klimafreundliche Technologien ist ein wichtiges Instrument, um der Wirtschaft zusätzliche grüne Innovationsanreize zu bieten. Eine solche Förderung ist ökonomisch sinnvoll, weil private Unternehmen die positiven Externalitäten ihrer Forschungsaktivitäten

⁴⁷ Vgl. KfW (2021), BMVI (2021b); BMVI (2021c)

⁴⁸ Vgl. Prognos (2020) und BMVI (2021c)

nicht vollständig berücksichtigen und daher ohne Förderung weniger Forschung betreiben als gesamtgesellschaftlich wünschenswert wäre. Die positiven Spillover-Effekte der Wissensproduktion – sogenannte Wissens-Externalitäten – sind theoretisch gut fundiert und empirisch hinreichend belegt (Bloom et al, 2019). Zudem können Pfadabhängigkeiten dazu führen, dass zu wenig Forschung und Entwicklung im Bereich der klimafreundlichen Technologien betrieben wird. Eine einflussreiche makroökonomische Arbeit von Acemoglu et al (2012) zeigt formal, dass eine gesellschaftlich optimale Klimapolitik beide Instrumente – CO₂-Preis und Forschungsförderung – verwenden sollte.

Gezielte steuerliche Förderung von Forschung und Entwicklung ist eine Möglichkeit, die privaten Investitionen in innovative Technologien zu steigern. Die empirische Evidenz unterstützt die These, dass solche Maßnahmen einen nennenswerten, positiven Effekt auf das Volumen und die Qualität der Innovationen privater Unternehmen haben (Akcigit und Stantcheva, 2020). Daher ist es ökonomisch sinnvoll, dass die Bundesregierung seit dem 1. Januar 2020 über das Forschungszulagengesetz die Forschung und Entwicklung steuerlich fördert. Dabei werden die mit dem Gesetz verbundenen Steuererminderungen, die von Bund, Ländern und Gemeinden getragen werden müssen, auf circa 1,4 Milliarden Euro pro Jahr geschätzt (BMF, 2020d). Dies ergibt eine Fördersumme von insgesamt 14 Milliarden Euro in dem Zehn-Jahres Zeitraum 2021-2030.

Das Forschungszulagengesetz sollte mit Fokus auf die Entwicklung und Nutzung klimaneutraler Technologien ausgeweitet werden, indem die Förderparameter für Projekte im Klimabereich entsprechend angepasst werden. Beispielsweise könnte die Förderquote, die zurzeit 25 Prozent der förderfähigen Aufwendungen beträgt, für innovative Projekte im Klimabereich auf 50 Prozent angehoben werden. So kann die Entwicklung klimafreundlicher Technologien beschleunigt werden sowie die Ansiedlung wichtiger Zukunftsbranchen für den Industriestandort Deutschland, zum Beispiel die Herstellung und das Recycling von innovativen Fahrzeugbatterien, zusätzlich unterstützt werden. Für die Ausweitung des Förderprogramm werden eine Milliarde Euro jährlich veranschlagt, so dass sich die zusätzliche Fördersumme bis 2030 auf 10 Milliarden Euro beläuft.

A.6 Humankapital

Die ökologische Transformation der Wirtschaft erfordert neben der (Weiter)Entwicklung neuer Technologien und Infrastrukturen in sehr vielen Fällen auch die Weiterbildung oder Umschulung der Fachkräfte. Dies betrifft die Fachkräfte in der Automobil-, Stahl- oder Chemiebranche ebenso wie die Heizungsmonteure und Handwerkskräfte im Gebäudesektor. Insbesondere für Unternehmen mit Beschäftigten in Kurzarbeit ist jetzt der richtige Zeitpunkt, die notwendige Weiterbildung des Personals durchzuführen. Denn die Opportunitätskosten dieser Investitionen sind besonders niedrig, wenn

die Beschäftigten ihre Arbeitszeit nicht vollständig zur Güterproduktion nutzen. Doch was aus gesamtwirtschaftlicher Sicht sinnvoll ist, können die häufig krisengeschädigten mittelständischen Unternehmen häufig nicht umsetzen. Zudem besteht für kleinere Betriebe und deren Beschäftigten oft ein großes Problem darin, dass sie nicht über die erforderlichen Kapazitäten und das Know-how verfügen, um eine systematische Personalentwicklung zu betreiben. Deshalb muss in den nächsten Jahren der Staat die Unternehmen und Beschäftigten besonders stark dabei unterstützen, die zur Transformation in Richtung Klimaneutralität notwendige Weiterbildung und Qualifizierung durchzuführen.

Die Bundesregierung hat bereits mit verschiedenen Maßnahmen den Grundstein dafür gelegt, mit einer Qualifizierungsoffensive den notwendigen Transformationsschub einzuleiten. So hat der Bund mit dem im März 2020 verabschiedeten „Gute-Arbeit-Gesetz“ das Qualifizierungschancengesetz verbessert. Für weitere Verbesserungen und einen Ausbau der Berufsschulen sollte der Bund über die Bundesagentur für Arbeit (BA) zusätzliche Maßnahmen ergreifen. Dazu sollten zusätzliche Finanzmittel von insgesamt 15 Milliarden Euro bis 2030 bereitgestellt werden. Zum Vergleich: Die BA sowie das Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) förderten die berufliche Weiterbildung im Jahr 2019 mit einer Summe von rund 3,36 Milliarden Euro (Destatis, 2020).

Zur Stärkung der kommunalen Planungskapazitäten wird ein Programm „Zukunft kommunale Verwaltungen“ empfohlen, das die Digitalisierung in den kommunalen Verwaltungen vorantreiben und den Personalbestand in den kommunalen Bauämtern aufstocken soll. Dabei soll nicht nur die Personaldecke in den kommunalen Bauämtern aufgestockt werden, sondern es soll auch eine nennenswerte personelle Stärkung der Partnerschaft Deutschland erfolgen.⁴⁹ Das ist wichtig, denn der zügige Aufbau neuer Infrastrukturen und EE-Erzeugungsanlagen erfordert zügige Genehmigungsverfahren. Als Teil dieses Programms sollte die Personaldecke des Bundesamts für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) gestärkt werden, das eine entscheidende Rolle bei der Planung von Offshore Windenergieparks spielt. Für dieses Programm wird insgesamt wie in Krebs (2021b) ein Finanzbedarf von 5 Milliarden Euro angesetzt.

A.7 Klimaanpassungen

Die Folgen des fortschreitenden Klimawandels sind überall – auch in Deutschland – zunehmend deutlich zu spüren. 2020 war für Europa das wärmste Jahr seit Beginn der Wetteraufzeichnungen

⁴⁹ Die Partnerschaft Deutschland ist eine Bundesgesellschaft zu 100 Prozent im öffentlichen Eigentum, die die Kommunen bei der Digitalisierung der Verwaltung unterstützt und bei der Planung und Umsetzung von öffentlichen Infrastrukturprojekten kompetent begleitet.

(ECMWF, 2021). Die Häufigkeit an Wetterextremen wird durch den zunehmenden Klimawandel weiter zunehmen (IPCC, 2021). Die schwere Hochwasser-Katastrophe in Deutschland und anderen Ländern Europas im Sommer 2021 ist ein Vorbote für die Art an Wetterextremen, die in den kommenden Jahren häufiger zu erwarten sind.

Allein für die Unterstützung der von Hochwasser und Starkregen besonders betroffenen Regionen hat die Bundesregierung nun ein Sondervermögen „Aufbauhilfe 2021“ in Höhe von 30 Milliarden Euro eingerichtet, das von Bund und Ländern jeweils zur Hälfte getragen wird (BMF, 2021e). Mit den Geldern sollen die entstandenen Schäden beseitigt und der Wiederaufbau der zerstörten Infrastrukturen finanziert werden.

Um in Zukunft besser vor Klimafolgen und Wetterextremen geschützt zu sein, müssen weitreichende Maßnahmen getroffen werden. Dazu gehört nicht nur der präventive Umbau beziehungsweise die Anpassung von Infrastrukturen in besonders gefährdeten Gebieten, sondern auch die Entwicklung von alternativen Anwendungen und Verfahren, zum Beispiel in der Landwirtschaft. Hinzukommt, dass die Systeme und Abläufe des Katastrophenschutzes weiterentwickelt werden müssen.

Der bis 2030 dafür anfallende öffentliche Finanzbedarf ist schwer zu schätzen, wird sich aber voraussichtlich im zwei- bis dreistelligen Milliardenbereich bewegen. Der Bedarf wird im Rahmen dieser Studie nicht berücksichtigt und auch nicht in Tabelle 1 ausgewiesen, da sich die Analyse auf Vermeidungsstrategien konzentriert. Dies ändert jedoch nichts daran, dass der Finanzbedarf potenziell erheblich ist und im Rahmen der Finanzplanung des Bundes und der Länder berücksichtigt werden muss.

LITERATUR

50Hertz Transmission GmbH et al (2021): *Netzentwicklungsplan Strom 2035*. Version 2021, 2. Entwurf

Acemoglu, D., Aghion, P., Bursztyl, L., and Hemous, D. (2012): *The environment and directed technical change*. American Economic Review 102: 131-166

Agora Energiewende (2021a): *Ein Gebäudekonsens für Klimaneutralität. 10 Eckpunkte wie wir bezahlbaren Wohnraum und Klimaneutralität bis 2045 zusammen erreichen*

Agora Energiewende (2021b): *Matching money with green ideas. A guide to the 2021-2027 EU budget*

Agora Energiewende und FutureCamp (2021a): *Klimaschutzverträge für die Industrietransformation. Hintergrundstudie zur Stahlbranche*. Diskussionspapier zur öffentlichen Konsultation

Agora Energiewende und FutureCamp (2021b, i.A.): *Klimaschutzverträge für die Industrietransformation. Hintergrundstudie zur Ammoniakbranche*. Diskussionspapier zur öffentlichen Konsultation

Agora Energiewende und FutureCamp (2021c, i.A.): *Klimaschutzverträge für die Industrietransformation. Hintergrundstudie zur Zementbranche*. Diskussionspapier zur öffentlichen Konsultation

- Agora Energiewende, Agora Verkehrswende, Stiftung Klimaneutralität (2021): *Das Klimaschutz-Sofortprogramm. 22 Eckpunkte für die ersten 100 Tage der neuen Bundesregierung*
- Agora Verkehrswende, Agora Energiewende, Regulatory Assistance Project (RAP) (2019): *Verteilnetzausbau für die Energiewende – Elektromobilität im Fokus*
- Agora Energiewende und Wuppertal Institut (2019): *Klimaneutrale Industrie: Schlüsseltechnologien und Politikoptionen für Stahl, Chemie und Zement*. Berlin, November 2019
- Akcigit, U. und Stantcheva, S. (2020): *Taxation and Innovation: What Do We Know?* NBER Working Paper Nr. 27109
- Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) (2021): *Umweltbonus für Batterieelektro- oder Brennstoffzellenfahrzeuge*. Abrufbar unter: https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Elektromobilitaet/Neuen_Antrag_stellen/neuen_antrag_stellen.html
- Bardt, H., Dullien, S., Hüther, M., Riezler, K. (2019): *Für eine solide Finanzpolitik: Investitionen ermöglichen*. IMK Report 152
- Bloom, N., Van Reenen, J. und Williams, H. (2019): *A Toolkit of Policies to Promote Innovation*. Journal of Economic Perspective
- Bundesfinanzministerium (BMF) (2019): *Finanzierung des Klimaschutzprogramms auf dem Weg*. Abrufbar unter: <https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Schlaglichter/Klimaschutz/2019-10-02-finanzierung-klimaschutzprojekt.html>
- Bundesfinanzministerium (BMF) (2020): *Das Konjunkturprogramm für alle in Deutschland*. Abrufbar unter: https://www.bundesfinanzministerium.de/Web/DE/Themen/Oeffentliche_Finanz/Konjunkturpaket/Konjunkturprogramm-fuer-alle/zusammen-durch-starten.html
- Bundesfinanzministerium (BMF) (2021a): *Sofortprogramm für mehr Klimaschutz*. Abrufbar unter: <https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Schlaglichter/Klimaschutz/klimaschutz-sofortprogramm.html>
- Bundesfinanzministerium (BMF) (2021b): *Bericht des Bundesministeriums der Finanzen über die Tätigkeit des Energie- und Klimafonds im Jahr 2020 und über die im Jahr 2021 zu erwartende Einnahmen- und Ausgabenentwicklung*
- Bundesfinanzministerium (BMF) (2021c): *Deutscher Aufbau- und Resilienzplan (DARP)*. Abrufbar unter: <https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Europa/DARP/deutscher-aufbau-und-resilienzplan.html>
- Bundesfinanzministerium (BMF) (2020d): *Steuerliche Förderung von Forschung und Entwicklung*. Abrufbar unter: <https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Schlaglichter/Forschung-Entwicklung/2020-11-09-Foerderung-Forschung.html>
- Bundesfinanzministerium (BMF) (2021e): *Aufbauhilfe für vom Hochwasser betroffene Regionen*. Abrufbar unter: <https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Pressemitteilungen/Finanzpolitik/2021/08/2021-08-18-aufbauhilfe-fuer-vom-hochwasser-betroffene-regionen.html>
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (2021a): *Deutschlandtakt. Konzept*. Abrufbar unter: <https://www.deutschlandtakt.de/konzept/>
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (2021b): *Förderrechtlinie Ladefrastruktur Elektrofahrzeuge*. Abrufbar unter: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/foerderrichtlinie-ladefrastruktur-elektrofahrzeuge.html>

- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (2021c): *Förderrechtlinie Ladefrastruktur Elektrofahrzeuge*. Abrufbar unter: https://www.bav.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/LIS/Richtlinien_und_Aufrufe/3_LIS25_Richtlinie.pdf;jsessionid=992A2147EDC341B8F8B54B42B5322016.live21321?__blob=publicationFile&v=1
- Bundesregierung (2021). *Achtundzwanzigster Subventionsbericht. Bericht der Bundesregierung über die Entwicklung der Finanzhilfen des Bundes und der Steuervergünstigungen für die Jahre 2019 bis 2022*
- Creos et al (2021): *Extending the European Hydrogen Backbone. A European Hydrogen Infrastructure Vision Covering 21 Countries*. April 2021
- D’Aprile et al (2020): *Net-Zero Europe. Decarbonization Pathways and Socioeconomic Implications*. McKinsey & Company
- Destatis (2020): *Bildungsfinanzbericht 2020*. Abrufbar unter: https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-Kultur/Bildungsfinanzen-Ausbildungsfoerderung/Publikationen/Downloads-Bildungsfinanzen/bildungsfinanzbericht-1023206207004.pdf;jsessionid=0139A0073A5866EC9B2E8EFAF0B34674.live721?__blob=publicationFile
- Destatis (2021): *Finanzen. Methoden der Finanzstatistiken*. Abrufbar unter: https://www.destatis.de/DE/Themen/Staat/Oeffentliche-Finanzen/methoden-finanzstatistiken-5710001209004.pdf;jsessionid=D53B31EE84A8271E36C48E9E7EB8DF91.live721?__blob=publicationFile
- Destatis (2021): *Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung. Bruttoinlandsprodukt ab 1970*. Abrufbar unter: https://www.efgs2021.de/DE/Themen/Wirtschaft/Volkswirtschaftliche-Gesamtrechnungen-Inlandsprodukt/Tabellen/bruttoinland-vierteljahresdaten-ab-1970-pdf.pdf;jsessionid=7F9A2D4821EA24386D08FF1649C0BA61.live711?__blob=publicationFile
- Deutsche Energie-Agentur (Dena) (2018): *Dena-Leitstudie Integrierte Energiewende*
- Deutsche Energie-Agentur (2021): *NetZero-Standard in wenigen Wochen. Das Energiesprong-Prinzip*
- Dullien, S. und Krebs, T. (2020): *Wege aus der Wohnungskrise: Vorschlag für eine Bundesinitiative „Zukunft Wohnen“*- IMK Report
- European Centre for Medium-Range Weather Forecast (ECMWF) (2021): *European State of the Climate*. Summary 2020
- Gerbert, P., Herhold, P., Burchardt, J., Schönberger, S., Rechenmacher, F., Kirchner, A., Kemmler, A. und Wünsch, M. (2018): *Klimapfade für Deutschland*. Studie von BCG und Prognos im Auftrag des BDI
- IPCC (2021): *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. In Press
- KCW (2019): *Finanzierung des ÖPNV. Status quo und Finanzierungsoptionen für die Mehrbedarfe durch Angebotsausweitung*. Im Auftrag des Umweltbundesamt
- KfW (2021): *Ladestationen für Elektroautos – Wohngebäude*. Abrufbar unter: [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestehende-Immobilie/F%C3%B6rderprodukte/Ladestationen-f%C3%BCr-Elektroautos-Wohngeb%C3%A4ude-\(440\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestehende-Immobilie/F%C3%B6rderprodukte/Ladestationen-f%C3%BCr-Elektroautos-Wohngeb%C3%A4ude-(440)/)
- Krebs, T. (2021a): *Moderner Klimaschutz und nachhaltiges Wachstum*. Perspektiven der Wirtschaftspolitik

- Krebs, T. (2021b): *Klimaschutz und der moderne Staat: Ein Wasserstoffpaket für Deutschland*. Forum New Economy Working Paper
- Krebs, T. (2020) *Öffentliche Investitionen: Bedarfe und Finanzierung*. Schriftliche Stellungnahme für die Anhörung im Haushaltsausschuss des Deutschen Bundestages zu den Anträgen der Fraktionen DIE LINKE, FDP und BÜNDNIS90/DIE GRÜNEN (Drucksachen 19/14375, 19/14424, 19/15919, 19/16831 und 19/16841) zum Thema Schuldenbremse und Investitionen
- Krebs, T. und Scheffel, M. (2017a): *Lohnende Investitionen. Perspektiven der Wirtschaftspolitik*. 18 (3): 245–262
- Krebs, T. und Scheffel, M. (2017b): *Öffentliche Investitionen und Inklusives Wachstum*. Studie im Auftrag der Bertelsmann Stiftung
- Lenk, T., Hesse, M., Kilian, M., Rottmann, O., und Starke, T. (2016): *Zukunftswirksam Ausgaben der öffentlichen Hand*. Studie im Auftrag der Bertelsmann Stiftung
- McKinsey & Company (2018): *Machbarkeitsstudie zum Rollout von ETCS/DSTW*. Zusammenfassung der Ergebnisse. Studie im Auftrag des BMVI.
- Mückl, S. (2006): *Konnexitätsprinzip in der Verfassungsordnung von Bund und Ländern*. In: Henneke/Pünder/Waldhoff (Hrg.): *Recht der Kommunalfinanzen*. S. 33 ff
- Nationale Leitstelle für Ladeinfrastruktur (2020): *Ladeinfrastruktur nach 2025/2030: Szenarien für den Markthochlauf*. Studie im Auftrag des BMVI
- Öko-Institut (2018): *Das Handwerk als Umsetzer der Energiewende im Gebäudesektor*
- Öko-Institut (2021a): *Die Wasserstoffstrategie 2.0 für Deutschland. Untersuchung für die Stiftung Klimaneutralität*
- Öko-Institut (2021b): *EEG-Rechner. Berechnungs- und Szenarienmodell zur Ermittlung der EEG-Umlage*. Erstellt im Auftrag der Agora Energiewende. Modellversion 4.2.2, Berlin, 30.08.2021
- Öko-Institut und Hamburg Institut (2021): *Agenda Wärmewende 2021*. Studie im Auftrag der Stiftung Klimaneutralität und Agora Energiewende
- Prognos (2020): *Lade-Report. Entwicklung der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur für die Elektromobilität sowie Vergleich der Ladetarife in Deutschland*. Im Auftrag der EnBW Energie Baden-Württemberg AG
- Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2021): *Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Ziele schon vor 2050 erreichen kann*. Studie im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende, Agora Verkehrswende
- Prognos und Hamburg Institut (2020): *Perspektive der Fernwärme, Maßnahmenprogramm 2030. Aus- und Umbau städtischer Fernwärme als Beitrag einer sozial-ökologischen Wärmepolitik*
- Raffer, C. und Scheller, H. (2021): *KfW-Kommunalpanel 2021*. Herausgeber: KfW Bankengruppe
- Scheller, H., Rietzler, K., Raffer, C., und Köhl, C. (2021): *Baustelle zukunftsfähige Infrastruktur: Ansätze zum Abbau nichtmonetärer Investitionshemmnisse bei öffentlichen Infrastrukturvorhaben*. Studie im Auftrag der Friedrich-Ebert-Stiftung
- Sensfuß et al (2021): *Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland*. 3. Kurzbericht: 3 Hauptszenarien. Studie im Auftrag des BMWi.
- Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende, Agora Verkehrswende (2021): *Politikinstrumente für ein klimaneutrales Deutschland. 50 Empfehlungen für die 20. Legislaturperiode (2021–2025)*
- StratOn (2020): *Bewertung und Einführungsstrategien für oberleitungsgebundene schwere Nutzfahrzeuge*. Endbericht

Trimode und intraplan (2021): *Deutschlandtakt. Bewertung Infrastrukturmaßnahmen für den 3. Gutachterentwurf*. Entwurf, Stand: 17.08.2021. Abrufbar unter: https://downloads.ctfassets.net/scbs508bajse/4k7eoC8AXcRCCdzngTDYKp/a48ad12ca02b754418b1456f9e2bbf3e/Bewertung_der_Infrastrukturmaßnahmen.pdf

Vereinte Dienstleistungsgewerkschaft (ver.di) (2021): *Stellungnahme „Öffentliche Anhörung des Ausschusses für Verkehr und digitale Infrastruktur des deutschen Bundestages am 13. Januar 2021: Künftige Modelle für Finanzierung und Organisation des ÖPNV“*. Abrufbar unter: <https://www.bundestag.de/resource/blob/816528/bc866fb2bedf9ad4f46d3ae9206d96a4/19-15-442-F-data.pdf>