Nachhaltige Soziale Marktwirtschaft

Focus Paper | #8

Wachstum oder Schrumpfung in der sozial-ökologischen Transformation: Eine Frage der Entkopplung

BertelsmannStiftung

Impressum

© April 2023
Bertelsmann Stiftung, Gütersloh

Bertelsmann Stiftung
Carl-Bertelsmann-Straße 256
33311 Gütersloh
Telefon +49 5241 81-0

Verantwortlich
Sara Holzmann, Thieß Petersen und Marcus Wortmann

Autoren und Autorinnen
Sara Holzmann, Thieß Petersen und Marcus Wortmann

Lektorat
Paul Kaltefleiter

Grafikdesign
Jürgen Schultheiß

Bildnachweis
© artjazz - stock.adobe.com

Über uns

Nachhaltige Soziale Markwirtschaft

Wirtschaftliche Leistungsfähigkeit und soziale Teilhabe produktiv miteinander zu verbinden – das ist der Kerngedanke und das Erfolgsrezept der Sozialen Marktwirtschaft. Doch der Klimawandel und die Begrenzung natürlicher Ressourcen, ein abnehmendes Erwerbspersonenpotenzial, Globalisierungsprozesse und der digitale Wandel setzen unser bisheriges Wirtschafts- und Gesellschaftsmodell unter Druck. Damit die Soziale Marktwirtschaft auch für künftige Generationen ein verlässliches Leitbild bleibt, müssen wir sie zu einer Nachhaltigen Sozialen Marktwirtschaft transformieren.

Die ökologische Transformation erzeugt Wechselwirkungen und Konflikte zwischen den verschiedenen Zieldimensionen einer Nachhaltigen Sozialen Marktwirtschaft. Der Arbeitsschwerpunkt „Economics of Transformation“ widmet sich den makroökonomischen Wirkungszusammenhängen zwischen verschiedenen Zielparametern und schafft empirisches Steuerungswissen zu wirtschaftspolitischen Maßnahmenbündeln, die den inhärenten Zielkonflikten vorbeugen, sie auflösen oder Synergiepotenziale freisetzen können. Dieses Focus Paper ist Teil einer Reihe von Publikationen zu den wirtschaftspolitischen Zielkonflikten einer Nachhaltigen Sozialen Marktwirtschaft.

Nachhaltige Soziale Marktwirtschaft

Focus Paper | #8

Wachstum oder Schrumpfung in der sozial-ökologischen Transformation: Eine Frage der Entkopplung

Sara Holzmann, Thieß Petersen und Marcus Wortmann

BertelsmannStiftung

Inhalt

Inhalt 5
Abbildungen 6
Tabellen 6
Textboxen 6
1. Wachstum, Entkopplung und das Akkumulationsproblem 7
1.1. Starke Entkopplung erlaubt ein steigendes BIP 9
1.2. Schwache Entkopplung verlangt schrumpfendes BIP 10
2. Emissionsbegrenzung statt Wirtschaftsschrumpfung 12
2.1. Materieller Wohlstand bleibt weiterhin ein wichtiges Ziel 13
2.2. Wirtschaftswachstum hat ökonomische Grenzen 14
2.3. Materieller Wohlstand ist ein Transformationsfaktor 15
3. Wie stellt sich die Entkopplung in Deutschland dar? 16
3.1. Der Blick zurück: Die bisherige Entwicklung von Emissionsvolumen, BIP und Emissionsintensität 16
3.2. Was bedeutet Klimaneutralität 2045? 18
3.3. Emissionsvolumen, BIP und Emissionsintensität: Eine einfache Beispielrechnung bis 2045 22
4. Wie kann die Entkopplung gelingen? 28
4.1. Entkopplung durch technologische Innovationen 29
4.2. Entkopplung durch strukturelle Innovationen und ein anderes Wohlstandsverständnis 30
5. Eine aktive Wirtschafts- und Sozialpolitik ist gefragt 32
6. Literatur 34

Abbildungen

Abbildung 1: Auswirkungen eines technologisch-strukturellen Entkopplungsfortschritts (TF) 9
Abbildung 2: Grünes Wachstums durch technologisch-strukturellen Entkopplungsfortschritt (TF) 10
Abbildung 3: Geringer technologisch-struktureller Entkopplungsfortschritt (TF) verlangt BIP-Verringerung 11
Abbildung 4: Ökonomisches und unökonomisches Wachstum 15
Abbildung 5: Entwicklung des realen BIP in Deutschland zwischen 1991 und 2022, Angaben in Milliarden Euro (preisbereinigt, Kettenindex) 17
Abbildung 6: Entwicklung des realen BIP und der Treibhausgasemissionen in Deutschland im Zeitraum 1991–2022..... 18
Abbildung 7: Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland (ohne Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft), Angaben in Millionen Tonnen CO_2-Äquivalenten 19
Abbildung 8: Ambitionslücke des Klimaschutzgesetzes 22
Abbildung 9: Reduktionspfade der Treibhausgasemissionen in Deutschland zum Erreichen der Klimaneutralität 2045 .. 25
Abbildung 10: Mögliche Kombinationen der Veränderungsraten des realen BIP und der Emissionsintensität (in Prozent), mit denen Deutschland 2045 das Ziel der Klimaneutralität erreichen kann 26
Abbildung 11: Szenarien für den Verlauf der Emissionsintensität und des realen BIP für das Erreichen der Klimaneutralität 2045. Oben: Entkopplung gelingt; unten: Entkopplung scheitert 27
Abbildung 12: Szenarien für den Verlauf des BIP bis 2045 bei einer Reduktion des Emissionsvolumens um durchschnittlich 10,06 Prozent pro Jahr 28

Tabellen

Tabelle 1: Folgen von zulässigen Restemissionen auf die Emissionsverringerungen zum Erreichen der Klimaneutralität 20

Textboxen

Textbox 1: Der Begriff der Entkopplung 8
Textbox 2: Der Wachstumsdiskurs zwischen Green Growth und Degrowth 12
Textbox 3: Das Zusammenspiel von nationalen und internationalen Klimazielen 21
Textbox 4: Emissionsreduktionspfade zum Erreichen der Klimaneutralität 24

Ist Wirtschaftswachstum mit dem Ziel der Klimaneutralität vereinbar? Ein Konsens über die Antwort auf diese Frage ist nach wie vor nicht in Sicht. Eine zentrale Konfliktlinie verläuft dabei zwischen denen, die ein grünes oder sogar nachhaltiges Wirtschaftswachstum für möglich und erstrebenswert halten, und jenen, die eine bewusste Verringerung der wirtschaftlichen Aktivitäten als notwendig ansehen. Dieser Disput ist unserer Ansicht nach nicht zielführend. Es geht nicht um die Festlegung, ob die Wirtschaftsleistung eines Landes wachsen oder schrumpfen soll, sondern vielmehr darum, durch technologische und strukturelle Innovationen den Ressourcenverbrauch inklusive der damit verbundenen Treibhausgasemissionen schleunigst vom Ausmaß der Güterproduktion zu entkoppeln, sodass eine konstante oder sogar wachsende Gütermenge mit immer weniger Treibhausgasemissionen hergestellt werden kann.

„Grünes Wachstum“ oder „nachhaltiges Wachstum“ sind schillernde Begriffe, deren Verwendung zumeist eine Art ökologisch verträgliches Wirtschaftswachstum als Ziel unseres Wirtschaftens ausgeben soll. So sprechen etwa die Bundesregierung[1] sowie die Europäische Kommission[2] davon, ein solches Wachstum anstreben zu wollen. Dahinter steht häufig die Vorstellung, durch die Entwicklung und den Einsatz technologischer Innovationen unsere Produktions- und Verhaltensweisen so zu verändern, dass dadurch eine neue, aber umwelt- und ressourcenschonende sowie klimaneutrale wirtschaftliche Dynamik erreicht werden kann.

Doch was zunächst schön und selbstverständlich klingt, ist keineswegs so eindeutig oder einfach möglich. Vereinfachende Lösungen wie „grünes Wachstum“ bergen sogar die Gefahr, an tradierten Denkmustern festzuhalten und dringende Handlungsbedarfe aus den Augen zu verlieren – denn der Fokus wirtschaftspolitischen Handelns droht dann weiterhin auf ebendieses „Wachstum“ eines statistischen Konstrukts wie des Bruttoinlandsproduktes (BIP) gelegt zu werden. Dabei sollte die absolute Reduktion von Emissionen und Umweltschäden, die infolge unserer Wirtschaftsaktivität entstehen, akut im Vordergrund stehen.

Das vorliegende Fokuspapier versucht in diesem Kontext, die Grundzusammenhänge zwischen Wirtschaftsleistung, Wachstum und Umwelt am Beispiel der Treibhausgasemissionen herauszuarbeiten und mit Daten, Fakten sowie einer vereinfachenden Beispielrechnung zu einer Versachlichung der aufgeheizten „Wachstumsdebatte“ beizutragen. Dabei wird für eine klare Fokusverschiebung vom „Wachstum“ zum „Wohlstand“ plädiert sowie einige damit verbundene wirtschaftspolitische Schlüsse gezogen.

1. Wachstum, Entkopplung und das Akkumulationsproblem

Die Herstellung von Waren (also physischen Produkten) und Dienstleistungen sowie die Nutzung dieser Güter verbrauchen natürliche Ressourcen. Beim Einsatz fossiler Energieträger kommt es zudem zur Emission von Treibhausgasen.[3] Zur Erreichung der in Deutschland bis 2045 angestrebten Klimaneutralität oder des 1,5-Grad-Ziels des Pariser Klimaschutzabkommens ist es daher notwendig, den Ressourcenverbrauch und das Emissionsvolumen stark zu reduzieren. Langfristig ist ein Nettoemissionsvolumen von null erforderlich. Hierfür ist ein ressourcensparender technologischer und struktureller Fortschritt notwendig, der unsere Wirtschaftsaktivität insgesamt von den negativen Umweltauswirkungen – in diesem Fall den Treibhausgasemissionen – entkoppelt. Der Begriff Entkopplung beschreibt in diesem Focus Paper eine Entwicklung, bei der die Relation zwischen dem Volumen an Treibhausgasemissionen und dem realen BIP kleiner wird (siehe Textbox 1). Der Zusammenhang zwischen Emissionsvolumen und BIP wird durch die

[1] Siehe Koalitionsvertrag von SPD, Grüne und FDP (2021).

[2] Vergleiche etwa Europäische Kommission (o. J.).

[3] Ressourcenverbrauch und Treibhausgasemissionen sind hochgradig miteinander korreliert. Schätzungen des Ressourcenrates der Vereinten Nationen zufolge wird rund die Hälfte der globalen Treibhausgasemissionen durch die Gewinnung und Verarbeitung von natürlichen Ressourcen verursacht (vgl. IRP 2019). Deshalb wird an dieser Stelle teilweise auch von der Entkopplung von Ressourcenverbrauch und Umweltbelastung gesprochen, die Aussagen behalten aber auch in Bezug auf das Emissionsvolumen ihre Gültigkeit.

Emissionsintensität beschrieben. Sie meint das Volumen an Treibhausgasemissionen, das bei der Produktion von einem Euro Wirtschaftsleistung (also einer Einheit des BIP) verursacht wird. Die Senkung der Emissionsintensität durch technologische und strukturelle Innovationen stellt unserer Ansicht nach den zentralen Hebel für das Erreichen der Klimaneutralität dar. Das Ziel ist demnach eine sehr umfangreiche Verringerung der Emissionsintensität – so stark, dass mit der Herstellung jedes Euros Wirtschaftsleistung fast keine Treibhausgasemissionen verbunden sind. Nur bei einer sehr niedrigen Emissionsintensität der BIP-Produktion wird es möglich sein, den gleichen oder einen höheren Wert an Wirtschaftsleistung wie bisher mit einem Nettoemissionsvolumen von null herzustellen.

Textbox 1: Der Begriff der Entkopplung

Der Ausdruck „Entkopplung“ bezieht sich auf das Verhältnis von zwei Größen, die in Relation zueinander gesetzt werden (vgl. zu den nachfolgenden Ausführungen Madlener und Alcott 2011). Im Kontext der Klimaneutralität handelt es sich dabei um das Emissionsvolumen und das reale BIP. Wenn das Emissionsvolumen bei dieser Relation den Zähler bildet und das reale BIP den Nenner, entspricht dieses Verhältnis der Emissionsintensität. Grundsätzlich liegt eine Entkopplung vor, sobald sich das Verhältnis dieser beiden Größen verändert. Eine Entkopplung besteht also sowohl bei einem Rückgang der Emissionsintensität als auch bei deren Anstieg – beide Entwicklungen haben zur Folge, dass sich das zahlenmäßige Verhältnis von Emissionsvolumen zu realem BIP ändert.

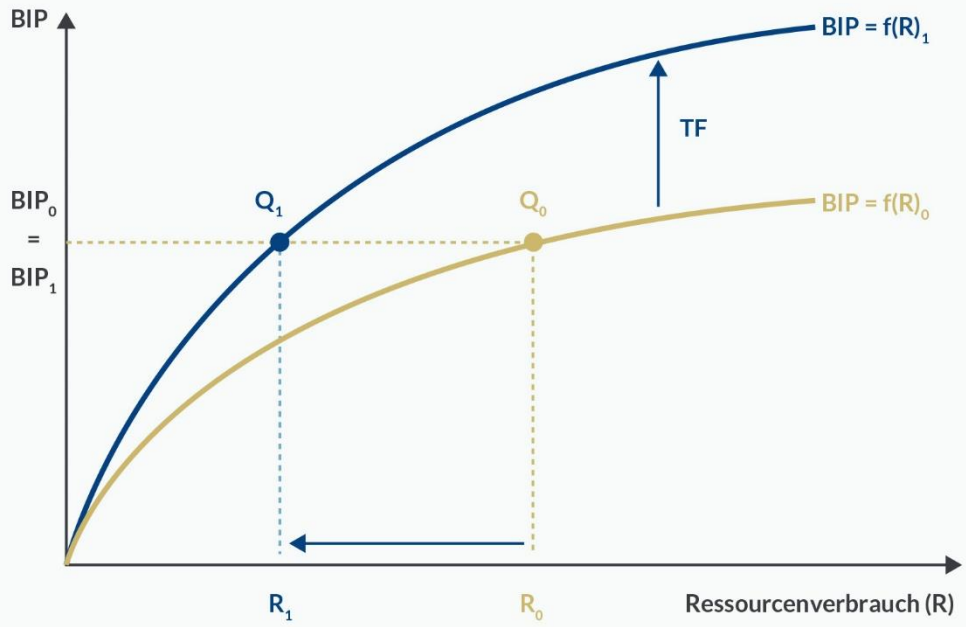
Für einen Umwelt- bzw. Klimaschutz wird jedoch ein Rückgang der Emissionsintensität anvisiert. Eine Entkopplung liegt dann also vor, wenn die Emissionsintensität sinkt. In diesem Focus Paper wird diese Definition des Entkopplungsbegriffs verwendet. Dabei ist noch zwischen einer relativen und einer absoluten Entkopplung zu unterscheiden. Bei einer relativen Entkopplung steigen das reale BIP und die Emissionen innerhalb eines bestimmten Zeitraums (z. B. einem Jahr), wobei der prozentuale Zuwachs des realen BIP stärker ausfällt als der Zuwachs der Emissionen. Das hat zur Folge, dass die Emissionsintensität zwar sinkt, aber das Emissionsvolumen des betrachteten Jahres steigt. Bei einer absoluten Entkopplung geht neben der Emissionsintensität auch das Emissionsvolumen zurück. Das ist z. B. der Fall, wenn das reale BIP steigt und das Emissionsvolumen gleichzeitig sinkt. Um das Ziel der Klimaneutralität zu erreichen, ist im Zeitablauf eine absolute Entkopplung mit nur noch geringen Restemissionen erforderlich.

Wie genau die Wirtschafts- und die Emissionsentwicklung mit dem Grad der Entkopplung, d. h. mit dem Erfolg bei der Senkung der Emissions- oder Ressourcenintensität, zusammenhängen, lässt sich anschaulich mithilfe einer Grafik erläutern. Ausgangspunkt ist eine gesamtwirtschaftliche Produktionsfunktion, die jeder Menge an verbrauchten Ressourcen (R) die damit maximal herstellbare Menge an Waren und Dienstleistungen zuordnet (siehe Abbildung 1).

Der Wert der innerhalb eines Jahres hergestellten Waren und Dienstleistungen entspricht dabei dem realen Bruttoinlandsprodukt (BIP) eines Landes. Wird mit der in der Volkswirtschaftslehre üblichen neoklassischen Produktionsfunktion gearbeitet, ergibt sich der dargestellte Verlauf mit BIP = f(R). Die Einsatzmengen der anderen volkswirtschaftlichen Produktionsfaktoren – z. B. Arbeit und Kapital – werden konstant gehalten.

Wenn es nun einen emissions- oder ressourcensparenden technologischen Fortschritt (TF) gibt, der es ermöglicht, fossile Produktionsweisen durch klimaneutrale Alternativen zu ersetzen und die Ressourcenproduktivität zu steigern, wird die gesamtwirtschaftliche Produktionsfunktion nach oben gedreht. Die neue Produktionsfunktion [$BIP = f(R)_1$] erlaubt es, dass ein konstantes BIP mit einem geringeren Ressourceneinsatz hergestellt werden kann (Q_1 mit $R_1 < R_0$). Gleiches gilt für strukturelle Verbesserungen bei Produktion und Konsum, etwa im Zuge einer stärkeren Sharing Economy, in der nicht mehr der Besitz von bestimmten Gütern, sondern in erster Linie die Nutzung ihrer Funktionen im Fokus steht (siehe auch Abschnitt 4).

Abbildung 1: **Auswirkungen eines technologisch-strukturellen Entkopplungsfortschritts (TF).**



Quelle: Eigene Darstellung.

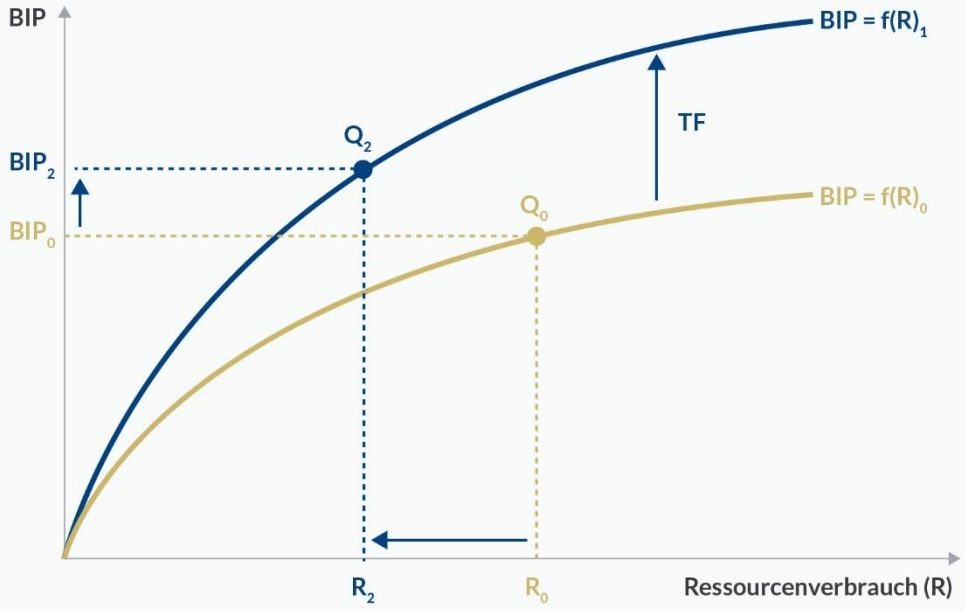
BertelsmannStiftung

1.1. Starke Entkopplung erlaubt ein steigendes BIP

Die Frage, welches BIP-Volumen mit dem Ziel einer Verringerung des jährlichen Ressourcenverbrauchs und der damit verbundenen Treibhausgasemissionen möglich ist, hängt von zwei Faktoren ab: dem Ausmaß des technologisch-strukturellen Entkopplungsfortschritts (also dem Ausmaß der Verringerung der Ressourcenintensität der BIP-Produktion) und der anvisierten Verringerung des Ressourcenverbrauchs.

Bei einer hohen Steigerung der Ressourcenproduktivität ist es möglich, dass die Gesellschaft die erwünschte Verringerung des Ressourcenverbrauchs (von R_0 auf R_2) realisieren kann und gleichzeitig ihr reales BIP erhöht. Dies kann als ein „grünes Wachstum“ bezeichnet werden (siehe Abbildung 2).

Abbildung 2: **Grünes Wachstum durch technologisch-strukturellen Entkopplungsfortschritt (TF).**



Quelle: Eigene Darstellung.

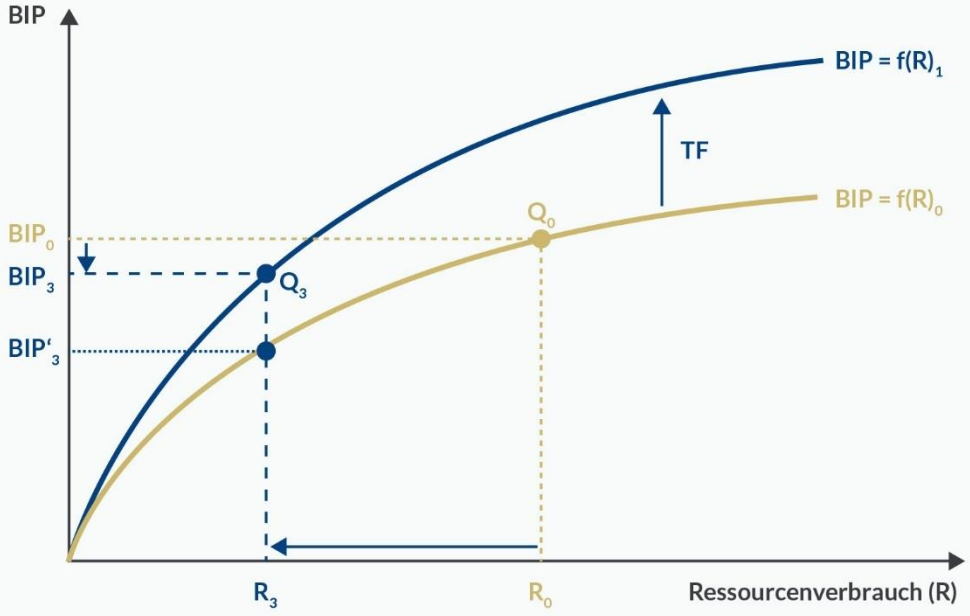
BertelsmannStiftung

1.2. Schwache Entkopplung verlangt schrumpfendes BIP

Falls die technologisch-strukturellen Fortschritte nur gering sind und die gesellschaftlich erforderlichen Verringerungen des Ressourcenverbrauchs hoch, kann es dazu kommen, dass die Gesellschaft ihren anvisierten Ressourcenverbrauch (R_3) nur realisieren kann, wenn auch das reale BIP schrumpft (Q_3 mit $BIP_3 < BIP_0$, siehe Abbildung 3). Diese Verringerung des realen BIP wird also nicht intendiert, sie ist vielmehr das Resultat ökologischer Notwendigkeiten und damit verbundener politischer Emissionsreduktionsvorgaben.

Trotz dieser BIP-Entwicklung haben die Anstrengungen zur Senkung der Ressourcen- oder Emissionsintensität aber einen positiven ökonomischen Effekt, denn ohne den ressourcensparenden technologischen und strukturellen Fortschritt wäre das reale BIP noch geringer. In diesem Fall müsste die Volkswirtschaft nämlich mit der ursprünglichen Produktionsfunktion [$BIP = f(R)_0$] arbeiten. In Kombination mit dem ökologisch maximal zulässigen Ressourcenverbrauch (R_3) erlaubt dies nur ein reales BIP in Höhe von BIP'_3. Der ressourcensparende technologische und strukturelle Fortschritt, der eine Entkopplung von Ressourcenverbrauch und BIP ermöglicht, bewirkt somit eine höhere Wirtschaftsleistung ($BIP_3 > BIP'_3$).

Abbildung 3: **Geringer technologisch-struktureller Entkopplungsfortschritt (TF) verlangt BIP-Verringerung.**



Quelle: Eigene Darstellung.

BertelsmannStiftung

In Abhängigkeit des Entkopplungsgrades, der maximal noch zulässigen Ressourcenverbrauchsmengen sowie der damit verbundenen Treibhausgasemissionen lässt sich aus den obigen statischen Zusammenhängen das zur Zielerreichung mögliche Level des BIP zwar immer mathematisch bestimmen. Die dafür nötigen jährlichen Änderungsraten sind jedoch eine Frage der verbleibenden Zeit. Denn Treibhausgasemissionen sind ein kumulatives Problem: Selbst bei jährlich gleichbleibendem BIP erhöht sich die planetare Belastung immer weiter.

Während es deshalb bei nur langsamem Rückgang der Emissionsintensität oder nur noch geringem „Rest-Budget“ an „klimazielkompatiblen“ Treibhausgasemissionen schwierig sein dürfte, den jährlichen Fußabdruck unserer Wirtschaftsleistung hinreichend zu senken und derweil sogar Wachstumsraten aufrechtzuerhalten, wäre Wachstum in einer Nachhaltigen Sozialen Marktwirtschaft, in der wirtschaftliche und ökologische Entwicklung weitgehend im Einklang miteinander sind, durchaus möglich. In einem solchen Idealbild ließe sich sogar von einem „nachhaltigen“ Wachstum sprechen, wobei auch hierbei langfristig zwischen Theorie, Utopie und Praxis unterschieden werden sollte.

Auch die Beantwortung der viel zitierten Frage, ob permanentes Wachstum auf einem Planeten mit endlichen Ressourcen überhaupt erreicht werden kann, ist nicht so klar, wie sie scheint. Vielmehr verlangt sie zunächst weitere Erklärungen, z. B. was genau denn immer weiter wachsen soll. Während eine mengenmäßige exponentielle Ausweitung der Güterproduktion physikalisch an Grenzen stoßen wird, bedeutet dies jedoch nicht zwangsläufig, dass keine weitere Wertschöpfung mehr möglich ist. Dies hängt davon ab, wie Wirtschaftswachstum gemessen wird und mit welchem Umweltbelastungsfaktor seine Herstellung verbunden ist (vgl. Likaj, Jacobs und Fricke 2022). Es ist auch schwer vorstellbar, dass sich das Wirtschaftswachstum dauerhaft an der heute gängigen Erfassung in Form des BIP bemisst, wenn in Zukunft etwa immaterielle datenbasierte Wirtschaftsaktivitäten weiter zunehmen.

Auch stellt sich die Frage, wozu die Wirtschaft immer weiter wachsen sollte. Denn offensichtlich führt dies nicht unbegrenzt zu einem äquivalenten Zugewinn an Nutzen (siehe folgenden Abschnitt) oder Zufriedenheit. Zusammenfassend kann man also festhalten, dass Wachstumsziele neben der

Akkumulationsproblematik immer auch dahingehend zu hinterfragen sind, auf welche Bemessungsgrundlage sie sich eigentlich beziehen und welchem Zweck eine permanente Ausweitung dienen soll.

2. Emissionsbegrenzung statt Wirtschaftsschrumpfung

Was sollte nun angesichts eines nur noch geringen zeitlichen Spielraums im Hinblick auf die Erderwärmung unternommen werden? Handlungsleitend für die Wirtschaftspolitik sollte dabei unserer Ansicht nach nicht die Frage sein, ob eine Gesellschaft die Menge der produzierten Güter bewusst und direkt reduziert oder erhöht – sofern dies überhaupt durchsetzbar wäre (vgl. Textbox 2). Entscheidend ist vielmehr die strikte Begrenzung der jährlichen Treibhausgasemissionen auf ein mit den Klimazielen kompatibles Niveau, etwa mithilfe eines Emissionshandelssystems (siehe Abschnitt 5).

Letztlich handelt es sich dann um eine empirische Frage, welche Änderungsrate des BIP auf dem Weg in eine Nachhaltige Soziale Marktwirtschaft vorherrschen wird – ob die Wirtschaft also durch Wandel wachsen kann oder durch Unvermögen bei der notwendigen Verringerung der Emissionsintensität der BIP-Produktion schrumpfen muss. Klar ist aber auch, dass es selbst bei „grünem Wachstum“ nach obiger Definition (sinkender Ressourcenverbrauch bei steigendem BIP) dazu kommen kann, dass planetare Kipppunkte überschritten werden. Auch dies sollte uns dazu veranlassen, den Fokus nicht primär auf Wachstumsraten des BIP zu legen.

Daraus lässt sich allerdings nicht ableiten, dass die materielle Ausstattung mit Gütern und Dienstleistungen nun erst mal vernachlässigbar sein sollte. Im Gegenteil: Sie bleibt von großer Bedeutung in vielerlei Hinsicht, sodass massive Anstrengungen zur Reduktion der Emissionsintensität einen starken Rückgang des BIP – als Indikator dieser Ausstattung – möglichst vermeiden sollten. Wie eine solche Entkopplung ablaufen kann, welche Vorteile diese Strategie gegenüber einer absichtlichen Schrumpfung hat und welche Fortschritte bisher gemacht wurden, soll im Folgenden dargelegt werden.

Textbox 2: Der Wachstumsdiskurs zwischen Green Growth und Degrowth

In der wissenschaftlichen, politischen und auch gesellschaftlichen Debatte wird stark auf die Wachstumsfrage fokussiert. Im Zentrum steht dabei der Konflikt zwischen der Möglichkeit weiteren Wirtschaftswachstums und der Notwendigkeit einer Schrumpfung der Wirtschaft in der sozial-ökologischen Transformation. Daraus hervorgegangen sind die Positionen des grünen Wirtschaftswachstums (Green Growth) und der kontrollierten Verringerung der Wirtschaftsleistung (Degrowth).

Beiden Ansätzen gemein ist die Erkenntnis, dass Ressourcenverbrauch und Treibhausgasemissionen so schnell wie möglich sinken müssen, um die Erderwärmung zu bremsen und eine weitere Verschärfung der Klimakrise zu verhindern. Die Positionen unterscheiden sich jedoch fundamental hinsichtlich ihrer Annahmen zu den Zusammenhängen zwischen Wirtschaftswachstum und Umweltbelastung sowie Wirtschaftswachstum und gesellschaftlichem Wohlergehen (vgl. Petschow et al. 2020).

Vertreter:innen von Degrowth unterstellen einen unveränderlich positiven kausalen Zusammenhang zwischen Wirtschaftsleistung und Umweltbelastung. Ausgehend von dieser Prämisse wird es als notwendig erachtet, dass die Wirtschaftsleistung in wohlhabenden Ländern sinken müsse, um die erforderlichen ökologischen Ziele zu erreichen. Anhänger:innen der Degrowth-Position bezweifeln, dass Innovationen die multiplen ökologischen Krisen ausreichend schnell eindämmen können. Gleichzeitig ist Degrowth häufig mit einer generellen Kritik des kapitalistischen Wirtschaftssystems verbunden, da dieses in Konflikt mit sozialer und ökologischer Nachhaltigkeit stehe (vgl. Schmelzer und Vetter 2019).

Weiterhin sind Vertreter:innen der Degrowth-Position davon überzeugt, dass weiteres Wirtschaftswachstum in wohlhabenden Volkswirtschaften zur Aufrechterhaltung des gesellschaftlichen Wohlergehens nicht notwendig sei. Einerseits sei die Wirtschaftsleistung ein unvollständiger Indikator für Lebensqualität und gesellschaftliches Wohlergehen. Andererseits gebe es Sättigungsgrenzen, bei deren Überschreiten eine weitere Zunahme des materiellen Wohlstands die Lebenszufriedenheit oder Gesundheit nicht weiter erhöhe. Daraus wird der Schluss gezogen, dass das Einkommen oder der materielle Wohlstand in reichen Ländern ohne negative Konsequenzen für die Lebensqualität sinken könne (vgl. Schmelzer und Vetter 2019).

Demgegenüber steht die Position des grünen Wachstums, die eine kontinuierliche Steigerung der Wirtschaftsleistung als notwendig und wünschenswert für den Erhalt des gesellschaftlichen Wohlergehens und der individuellen Lebensqualität ansieht. Als Gründe werden u. a. die Verbesserung des materiellen Lebensstandards, die Entschärfung von Verteilungskonflikten und die Verhinderung von Arbeitslosigkeit angeführt (siehe folgenden Abschnitt). Zugleich nehmen Vertreter:innen von Green Growth an, dass die Entkopplung von Wirtschaftsleistung und Umweltbelastung durch geeignete politische Instrumente gelinge.

In seiner ursprünglichen Definition meint „grünes Wachstum“ zunächst lediglich die Verringerung des Ressourcenverbrauchs bei gleichzeitigem Wirtschaftswachstum. In dieser Form herrscht grünes Wachstum in vielen Industrienationen und auch in Deutschland bereits seit den 1990er-Jahren vor. Jedoch ist Green Growth nach dieser Definition bisher nicht mit der Einhaltung der planetaren Grenzen vereinbar. Angestrebt wird also eigentlich ein nachhaltiges Wachstum, das frei von jeglichen Umweltbelastungen ist. Dieses strenge Verständnis von Green Growth wird von internationalen Organisationen wie der OECD oder der Weltbank als politisches Ziel ausgegeben (vgl. Petschow et al. 2020).

2.1. Materieller Wohlstand bleibt weiterhin ein wichtiges Ziel

Wichtig ist uns in diesem Kontext zunächst die Erinnerung daran, dass ein hoher materieller Wohlstand, hier zunächst als zur Verfügung stehende Menge an Gütern und Dienstleistungen verstanden, kein Endzweck ist, sondern ein Mittel für ein selbstbestimmtes und gutes Leben mit möglichst umfangreichen Chancen zur Teilhabe am gesellschaftlichen Leben:

- Ein hoher materieller Wohlstand bedeutet, dass den Bürger:innen eines Landes viele Waren und Dienstleistungen zur Verfügung stehen, also Wohnraum, Kleidung, Lebensmittel, Mobilitätsangebote, Freizeitangebote, Krankenhäuser, Schulen und vieles mehr. Bei einem hohen materiellen Wohlstand können die Menschen viele Güter konsumieren, was ihre Lebenszufriedenheit – zumindest bis zum Erreichen von Sättigungsgrenzen – steigert.
- Ein hoher materieller Wohlstand bietet zudem mehr Spielraum für Umverteilung innerhalb einer Gesellschaft und kann Verteilungskonflikte und ökonomische Disparitäten entschärfen. Wenn vielen oder allen Bevölkerungsteilen eine gerechte Teilhabe am materiellen Wohlstand und seiner Zunahme gewährt wird, ist ein hoher materieller Wohlstand zudem gleichbedeutend damit, dass es zu einem Rückgang der absoluten Armut kommt (bzw. diese verschwindet). Dies wiederum dürfte mit positiven Auswirkungen auf die Lebensbedingungen der Menschen verbunden sein.
- Ein hoher materieller Wohlstand wirkt sich darüber hinaus positiv auf die immateriellen Lebensbedingungen der Menschen aus. So verbessern z. B. eine gesündere Ernährung und gesündere Wohnbedingungen den Gesundheitszustand der Menschen und erhöhen ihre Lebenserwartung.
- Zudem erlaubt ein hoher materieller Wohlstand auch die Möglichkeit höherer Ausgaben für Infrastruktureinrichtungen, z. B. in den Bereichen Bildung, Gesundheit und Sicherheit. Auch dies verbessert die Lebensbedingungen der Menschen.

2.2. Wirtschaftswachstum hat ökonomische Grenzen

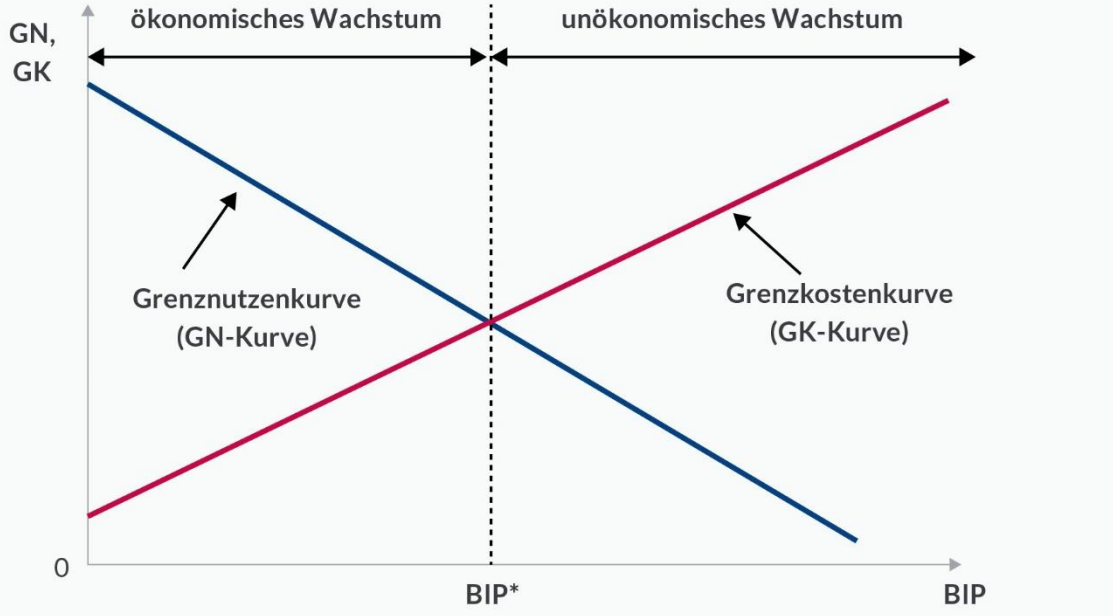
Wird das reale BIP als Indikator für den materiellen Wohlstand herangezogen, führt eine Steigerung des BIP über die genannten positiven Auswirkungen auf die gesellschaftlichen Teilhabechancen auch zu einer Nutzensteigerung bei den Menschen. Allerdings ist dabei von einem abnehmenden Grenznutzen der BIP-Produktion auszugehen. Das bedeutet, dass der Grenznutzen eines Gutes mit zunehmendem Konsum dieses Gutes immer geringer wird. Der zusätzliche Konsum eines Gutes bewirkt zwar eine Erhöhung des Gesamtnutzens, doch diese Zuwächse werden bei steigendem Konsum des betreffenden Gutes immer kleiner. Dies gilt auch für das reale BIP als die Gesamtheit aller Güter.

Den nutzenstiftenden Effekten eines hohen realen BIP sind die mit der BIP-Herstellung verbundenen Kosten gegenüberzustellen. Zu ihnen gehören neben dem Einsatz von Produktionsfaktoren auch soziale und ökologische Zusatzkosten, wie Umweltschäden und klimabedingte Schäden, die mit dem Verbrauch natürlicher Ressourcen und dem Ausstoß von Treibhausgasen verbunden sind (für einen Überblick siehe Likaj, Jacobs und Fricke 2022). Die gesamtwirtschaftlichen Grenzkosten des realen BIP sind die zusätzlichen Kosten, die entstehen, wenn die Gesellschaft eine zusätzliche BIP-Einheit herstellt, und werden annahmegemäß mit jeder zusätzlichen BIP-Einheit größer.

Wenn die Produktion des realen BIP sowohl Kosten als auch Nutzen verursacht, lässt sich mithilfe einer Kosten-Nutzen-Analyse das optimale BIP-Niveau bestimmen. Dazu werden die Höhe des gesamtwirtschaftlichen Grenznutzens (GN) und der gesamtwirtschaftlichen Grenzkosten (GK) in Abhängigkeit von der Höhe des BIP in ein Diagramm abgetragen (siehe Abbildung 4). Ausgehend vom Ursprung (0) ist eine Ausweitung der Güterproduktion ökonomisch sinnvoll, weil der Nutzengewinn für die Gesellschaft größer ist als die anfallenden gesamtgesellschaftlichen zusätzlichen Kosten. Wirtschaftswachstum ist sinnvoll, weil die Vorteile größer sind als die Nachteile bzw. Kosten. Bis zum Erreichen von BIP* überwiegen die Vorteile des Wirtschaftswachstums, sodass eine weitere Ausweitung der Produktion gesamtgesellschaftlich wünschenswert ist.

Die quantitative Ausweitung der produzierten Gütermenge über das Niveau BIP* hinaus macht ökonomisch betrachtet keinen Sinn mehr, weil die zusätzlichen Kosten größer sind als der damit verknüpfte zusätzliche Nutzen. Würde die Produktion weiter gesteigert werden, so wird dies als „Uneconomic Growth“ bezeichnet (Daly 2005: 103). Mit BIP* erreicht die Volkswirtschaft somit ihre ökonomischen Grenzen des Wachstums. Faktisch bedeutet dies, dass eine Volkswirtschaft mit dem Erreichen von BIP* nicht mehr wachsen sollte.

Abbildung 4: **Ökonomisches und unökonomisches Wachstum, in Anlehnung an Daly 2005: 103.**



Quelle: Eigene Darstellung.

| BertelsmannStiftung

Ob in einer Volkswirtschaft die ökonomischen Grenzen des Wachstums bereits erreicht sind oder nicht, lässt sich in der Praxis schwer feststellen. Hierzu ist es erforderlich, den Verlauf von Grenznutzen und Grenzkosten in Abhängigkeit des realen BIP exakt zu quantifizieren. Dies ist jedoch nicht eindeutig möglich, da es die ökonomischen Analysemöglichkeiten übersteigt.

2.3. Materieller Wohlstand ist ein Transformationsfaktor

Aufgrund seiner zuvor genannten weitreichenden positiven Effekte ist hoher materieller Wohlstand aber gerade wichtig für das Gelingen der sozial-ökologischen Transformation selbst, denn ein allzu starker Rückgang der Ausstattung mit Gütern dürfte die Akzeptanz klimapolitischer Interventionen schmälern. Insbesondere liegt das auch an den negativen Verteilungswirkungen, die mit einer schrumpfenden Güterausstattung verbunden wären. Ein politisch verordnetes Schrumpfen der Wirtschaftsleistung, wie es etwa von Befürworter:innen einer Degrowth-Strategie vertreten wird, könnte gar zum gegenteiligen Effekt der erhofften Klimawirkung führen, wenn Klimaschutzmaßnahmen politisch nicht länger durchsetzbar sind. Dies erscheint kein gangbarer Weg.

Dass die Befürchtung realer Wohlstandseinbußen zu erheblichen Widerständen gegen politische Maßnahmen in der Bevölkerung führen kann, wurde Ende 2018 in Frankreich deutlich. Dort führte die geplante Erhöhung der Steuern auf fossile Kraftstoffe im Rahmen der anvisierten Energiewende zur Gründung der Gelbwestenbewegung (vgl. Claeys, Tagliapietra und Zachmann 2019). Die daraus hervorgehenden Proteste zogen sich über mehrere Monate hin. Sie waren immer wieder von gewalttätigen Ausschreitungen begleitet, bei denen es auch zu Sachbeschädigungen, Brandstiftungen, Geschäftsplünderungen und Verletzungen von Personen kam. Die französische Regierung reagierte auf diese Proteste und setzte u. a. die geplante Erhöhung der Benzin- und Dieselsteuer aus. Die politischen Kosten zur Durchsetzung dieser Maßnahme waren zu hoch geworden (vgl. Gagnebin, Graichen und Lenck 2019).

Auch im Verlauf der Energiekrise wurden im Jahr 2022 in Deutschland klimapolitische Maßnahmen zurückgestellt – mit der Begründung, die Bevölkerung dadurch nicht weiter zu belasten. So wurde die für 2023 geplante Erhöhung des deutschen CO_2-Preises für Heizöl, Erdgas, Benzin und Diesel von 25 Euro auf

30 Euro pro Tonne CO_2 um ein Jahr auf 2024 verschoben. Das Aussetzen einer Erhöhung der Preise für Treibhausgasemissionen kann als eine Abschwächung der Klimapolitik angesehen werden, denn höhere CO_2-Preise gelten als ein zentrales Instrument zur Förderung des emissionssparenden technologisch-strukturellen Fortschritts, der die Entkopplung beschleunigt (vgl. Petersen 2021 und Abschnitt 5).

Zusätzlich wurden Entlastungsmaßnahmen zur Kompensation der steigenden Energiepreise beschlossen, die aus klimapolitischer Perspektive Fehlanreize setzen. Der Tankrabatt oder der reduzierte Mehrwertsteuersatz für den Gasverbrauch entlasten die Haushalte zwar direkt, setzen aber keine Anreize für sparsames Verkehrs- oder Heizverhalten bzw. schwächen die durch die Preisanstiege entstandenen Sparanreize sogar. Wie zuvor sind reale Wohlstandseinbußen infolge steigender Lebenskosten und die Befürchtung des Verlusts des sozialen Rückhalts für Klimaschutzbemühungen Hintergrund dieser Maßnahmen.

3. Wie stellt sich die Entkopplung in Deutschland dar?

Nachdem die Notwendigkeit der Entkopplung von Emissionsvolumen und Wirtschaftsleistung sowie die Bedeutung von materiellem Wohlstand dargelegt wurde, möchten wir nun auf die tatsächliche Entwicklung dieser Größen und ihres Zusammenhangs in Deutschland blicken. Dazu wird zunächst retrospektiv die bisherige Entkopplung des BIP vom Emissionsvolumen von 1990 bis heute betrachtet. Außerdem schauen wir uns an, was das deutsche Klimaneutralitätsziel konkret für die zukünftige Entwicklung beider Größen bedeutet. Anhand einer Beispielrechnung wird dann exemplarisch gezeigt, wie die notwendige Emissionsminderung zwischen 2023 und 2045 erfolgen könnte: durch eine entsprechend starke Verringerung der Treibhausgasintensität der BIP-Produktion (erfolgreiche Entkopplung) oder durch einen Rückgang des BIP (gescheiterte Entkopplung). Ziel der vereinfachenden exemplarischen Rechnung ist es, die Dimension der erforderlichen Änderungen von Emissionsintensität oder BIP zum Erreichen eines Nettoemissionsvolumens von null im Jahr 2045 zu verdeutlichen.

3.1. Der Blick zurück: Die bisherige Entwicklung von Emissionsvolumen, BIP und Emissionsintensität

Der Blick auf Deutschland seit der Wiedervereinigung zeigt, dass das Ausmaß der jährlichen Treibhausgasemissionen, die von der UN-Klimarahmenkonvention abgedeckt werden, in den vergangenen Jahrzehnten spürbar gesunken ist: Zwischen 1990 und 2022 ging dieses Emissionsvolumen von 1.241,9 Millionen Tonnen Kohlenstoffdioxid-Äquivalenten (Mio. t CO_2-Äq.) auf etwa 746 Mio. t CO_2-Äq. zurück (siehe Abbildung 6).

Gleichzeitig ist das reale BIP in diesem Zeitraum gestiegen. Die langfristige durchschnittliche Wachstumsrate des realen BIP lässt sich aus den Absolutwerten des BIP berechnen. Das Statistische Bundesamt berechnet das reale BIP Deutschlands mithilfe eines preisbereinigten Kettenindexes. Das Basisjahr dafür ist aktuell das Jahr 2015 (vgl. ausführlicher Destatis 2022).

Der erste ausgewiesene Wert liegt für 1991 vor und beträgt 2.218,8 Milliarden Euro. 2022 erreichte das reale BIP Deutschlands einen Wert von 3.264,3 Milliarden Euro. Aus diesen Werten lässt sich die langfristige durchschnittliche Wachstumsrate des realen BIP (g) für den gesamten Zeitraum von 31 Jahren wie folgt berechnen:

(1) $\mathrm{BIP}_{2022} = \mathrm{BIP}_{1991} \times (1 + \mathrm{g})^{31}$

(2) $\frac{\mathrm{BIP}_{2022}}{\mathrm{BIP}_{1991}} = (1 + \mathrm{g})^{31}$

Mit den genannten Werten des realen BIP der Jahre 1991 und 2022 ergibt sich Gleichung (3):

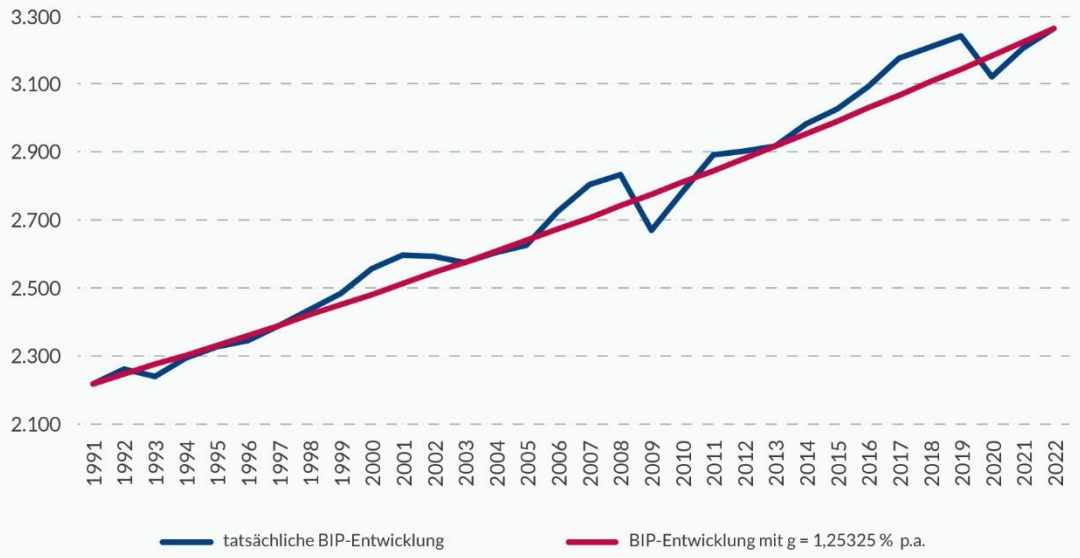
(3) $\frac{3.264,34}{2.218,80} = (1 + g)^{31}$ | 31. Wurzel ziehen

(4) $1,01253251 = 1 + g$

(5) $0,01253251 = g$

Über den Zeitraum von 1991 bis 2022 wuchs das reale BIP also um durchschnittlich 1,25 Prozent pro Jahr. Die tatsächliche Entwicklung des realen BIP in Deutschland zwischen 1991 und 2022 und die hypothetische Entwicklung, die sich bei einer konstanten Wachstumsrate von $g = 1,25$ Prozent ergibt, sind in Abbildung 5 dargestellt.

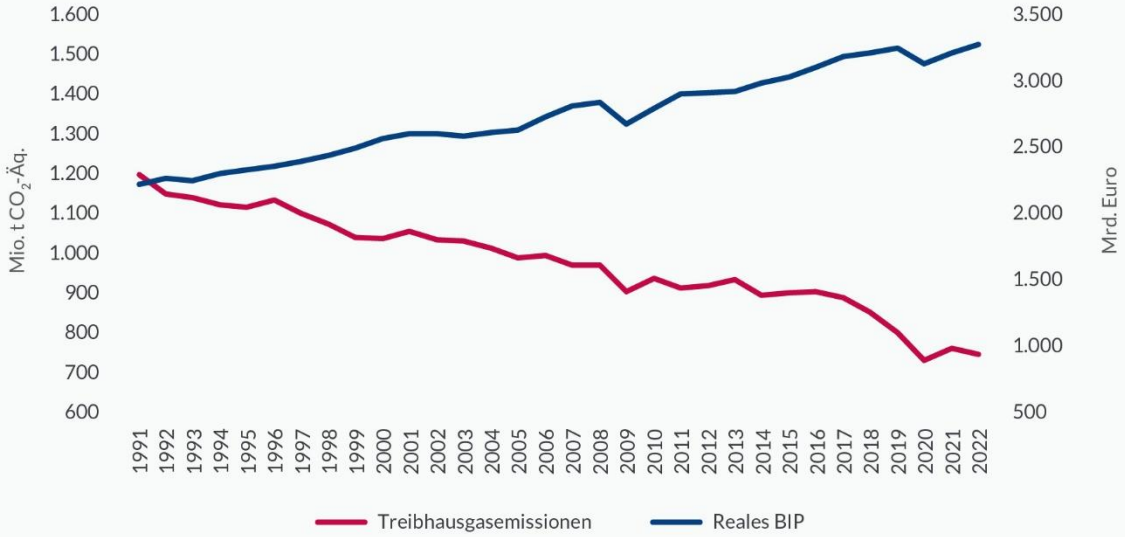
Abbildung 5: **Entwicklung des realen BIP in Deutschland zwischen 1991 und 2022,** Angaben in Milliarden Euro (preisbereinigt, Kettenindex).



Quelle: Statistisches Bundesamt (Destatis) 2023 und eigene Berechnungen (Download der Daten am 14.02.2023). | BertelsmannStiftung

Da die Treibhausgasemissionen gefallen sind und gleichzeitig BIP-Wachstum verzeichnet werden konnte, hat die Emissionsintensität der BIP-Produktion im Betrachtungszeitraum abgenommen. Somit kann in Deutschland von einer Entkopplung der Treibhausgasemissionen vom Ausmaß der wirtschaftlichen Aktivitäten gesprochen werden (siehe Abbildung 6).

Abbildung 6: **Entwicklung des realen BIP und der Treibhausgasemissionen in Deutschland im Zeitraum 1991-2022.**



Quellen: Statistisches Bundesamt (Destatis) 2023 für die Werte des realen BIP und UBA (2023) für die Treibhausgasemissionen.

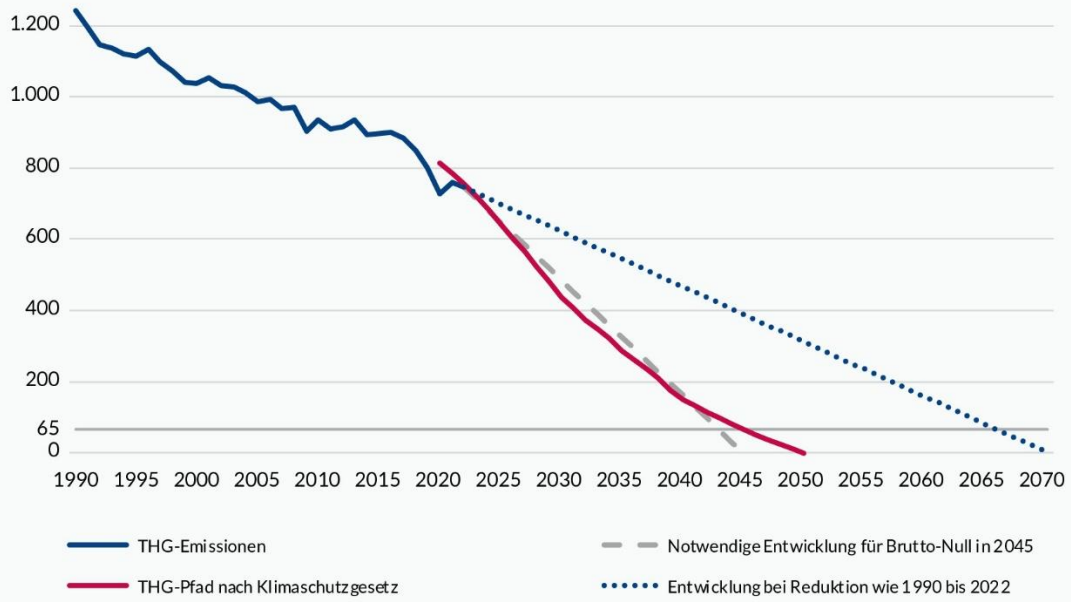
| BertelsmannStiftung

3.2. Was bedeutet Klimaneutralität 2045?

Der Blick auf den jährlichen Ausstoß aller Treibhausgasemissionen zeigt jedoch auch, dass das Ziel der Klimaneutralität bis zum Jahr 2045 deutlich verfehlt wird, wenn das bisherige Tempo der Emissionsreduzierung beibehalten wird (siehe Abbildung 7):

- Zwischen 1990 und 2022 ging das Emissionsvolumen um 496,3 Mio. t CO_2-Äq. zurück. Wird dieser Rückgang auf den betrachteten Zeitraum von 32 Jahren verteilt, macht das eine durchschnittliche Verringerung der Treibhausgasemissionen in Höhe von knapp 15,5 Mio. t CO_2-Äq. pro Jahr aus.
- Wird dieses Ausmaß der jährlichen Emissionsreduktion zukünftig beibehalten, erreichen die Bruttoemissionen erst im Laufe des Jahres 2070 den Wert von null (gepunktete Linie).
- Um bis zum Jahr 2045 die Bruttoemissionen auf den Wert von null zu senken, müssen die Treibhausgasemissionen um 32,4 Mio. t CO_2-Äq. pro Jahr verringert werden. Das jährliche Einsparvolumen muss somit mehr als verdoppelt werden (gestrichelte Linie).

Abbildung 7: **Entwicklung der von der UN-Klimarahmenkonvention abgedeckten Treibhausgasemissionen in Deutschland (ohne Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft),** Angaben in Millionen Tonnen CO_2-Äquivalenten.



Quellen: Werte für 1990 bis 2022: UBA (2023). Werte ab 2022: BMU (2021) und eigene Berechnungen. | BertelsmannStiftung

Das Ziel der Klimaneutralität wird allerdings nicht mithilfe der Brutto-, sondern der Nettoemissionen definiert. Diese ergeben sich, wenn von den insgesamt innerhalb eines Jahres ausgestoßenen Treibhausgasemissionen (also den Bruttoemissionen) die Emissionen abgezogen werden, die in diesem Jahr aus der Atmosphäre entzogen und gespeichert werden. Für diese Treibhausgasspeicherung gibt es natürliche und künstliche Möglichkeiten:

- Ein Beispiel für eine natürliche Speicherung von Treibhausgasen ist die Bindung von Kohlenstoff in Bäumen und anderen Pflanzen. Diese Speicherung kann durch eine Intensivierung der Aufforstung erhöht werden.
- Ein Beispiel für eine künstliche Speicherung von Treibhausgasen ist das technische Auffangen von Treibhausgasen und deren anschließende Speicherung. Die Speicherung erfolgt in Lagerstätten, z. B. in ehemaligen Erdöl- oder Erdgaslagern. Dieses Vorgehen wird als „Carbon Capture and Storage“-Verfahren (kurz: CCS-Verfahren) bezeichnet, also als Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (vgl. DIHK 2020).

Wenn Treibhausgasemissionen durch derartige Verfahren gebunden werden, müssen die jährlichen Bruttoemissionen weniger stark zurückgehen, um das Ziel der Klimaneutralität zu erreichen. Das erforderliche jährliche Reduktionsvolumen hängt davon ab, wie hoch die Speichermöglichkeiten sind. Sie sorgen dafür, dass das Ziel der Klimaneutralität auch mit Restemissionen erreicht werden kann.

Es gibt eine Reihe von Modellrechnungen zur Klimaneutralität in Deutschland im Jahr 2045. Sie kommen zu unterschiedlichen Prognosen zur Höhe der jährlichen Restemissionen, die ab 2045 noch anfallen, aber gespeichert werden. Eine Studie der Prognos AG berechnet Restemissionen in Höhe von 63 Mio. t CO_2-Äq. (vgl. Prognos, Öko-Institut und Wuppertal Institut 2021). Verschiedene Szenarien im Rahmen des Kopernikus-Projekt Ariadne kommen zu Bandbreiten von 41 bis 74 Mio. t CO_2-Äq. (vgl. Kopernikus-Projekt Ariadne 2021).

In ihrem Koalitionsvertrag rechnet die Bundesregierung damit, dass beim Erreichen der Klimaneutralität im Jahr 2045 noch unvermeidbare Restemissionen in Höhe von fünf Prozent der Gesamtemissionen aus 1990

entstehen werden (vgl. SPD, Grüne und FDP 2021). Dies entspricht 62 Mio. t CO_2-Äq., die durch Speicherung kompensiert werden müssen. Laut Klimaschutzgesetz sollen mindestens 40 Mio. t CO_2-Äq. durch natürliche CO_2-Speicher wieder gebunden werden (vgl. BMU 2021).

Wird ausgehend von diesen Bandbreiten angenommen, dass das Erreichen der Klimaneutralität in Deutschland mit Restemissionen in Höhe von 65 Mio. t CO_2-Äq. kompatibel ist, reduziert das die erforderlichen Treibhausgasreduktionserfordernisse geringfügig (siehe Tabelle 1 und Abbildung 7, rote Linie). Voraussetzung dafür ist eine entsprechende Intensivierung der natürlichen und künstlichen Speicherung von Treibhausgasen.

Tabelle 1: Folgen von zulässigen Restemissionen auf die Emissionsverringerungen zum Erreichen der Klimaneutralität

	Bruttoemissionen in Höhe von null	Restemissionen in Höhe von 65 Mio. t CO_2-Äq.
Reduktion im Ausmaß der durchschnittlichen Reduktion von 1990 bis 2022	Ziel erreicht im Jahr 2070	Ziel erreicht im Jahr 2065
Klimaneutralität im Jahr 2045	Jährliche Reduktion um 32,4 Mio. t CO_2-Äq.	Jährliche Reduktion um 29,6 Mio. t CO_2-Äq.

Quelle: eigene Berechnungen.

© Bertelsmann Stiftung

Auch beim Zulassen von Restemissionen, die der Atmosphäre entzogen und gespeichert werden, lässt sich das Ziel einer Klimaneutralität in Deutschland im Jahr 2045 nur erreichen, wenn das jährliche Reduktionsvolumen im Vergleich zu bisherigen Minderungsmengen fast verdoppelt wird (vom Durchschnitt der Jahre 1990 bis 2022 in Höhe von 15,5 Mio. t CO_2-Äq. auf fast 30 Mio. t CO_2-Äq.). Das verlangt eine stärkere Entkopplung wirtschaftlicher Aktivitäten und der damit verbundenen Treibhausgasemissionen als bisher. Im Vergleich zu einem Szenario, in dem im Jahr 2045 auch die Bruttoemissionen auf null gesenkt sein müssen, führen Negativemissionen derweil nur zu geringfügigen Verkleinerungen des jährlichen Reduktionsvolumens (die durchschnittliche jährlich notwendige Verringerung der Emissionen sinkt von 32,4 auf 29,6 Mio. t CO_2-Äq., wenn Restemissionen in Höhe von 65 Mio. t CO_2-Äq. pro Jahr zulässig sind, vgl. Tabelle 1). Daraus folgt, dass der Effekt der CO_2-Speicherung relativ zur Gesamtmenge der Emissionen von untergeordneter Bedeutung ist und der Fokus der Klimapolitik auf der Emissionsreduzierung und der Entkopplung des Wirtschaftens von Treibhausgasemissionen liegen muss.

Um darüber hinaus auch einen angemessenen Beitrag zur Einhaltung des 1,5-Grad-Ziels des Pariser Klimaschutzabkommens zu leisten, müssen die Emissionen noch schneller sinken als im Klimaschutzgesetz festgelegt (vgl. Textbox 3). Dazu nehmen wir ab 2022 ein verbleibendes CO_2-Budget von 2.000 Mio. t CO_2 an; dies ist kompatibel mit der Einhaltung des deutschen Beitrags zum 1,5-Grad-Ziel mit einer Zielerreichungswahrscheinlichkeit von 67 Prozent. Wird die bisherige Geschwindigkeit der Emissionsreduzierung zwischen 1990 und 2022 beibehalten, werden allerdings zwischen 2022 und 2045 kumuliert mehr als 13.624 Mio. t CO_2-Äq. emittiert. Unter der Annahme, dass wie im Jahr 2022 auch zukünftig die CO_2-Emissionen rund 89 Prozent aller Treibhausgasemissionen ausmachen (UBA 2023), entspricht das CO_2-Emissionen in Höhe von etwas mehr als 12.000 Mio. t CO_2 – und bedeutet damit eine deutliche Überschreitung des deutschen CO_2-Budgets zur Einhaltung des 1,5-Grad-Ziels. Das 1,5-Grad-kompatible CO_2-Budget für Deutschland von 2.000 Mio. t CO_2 wäre bei Beibehaltung des aktuellen Reduktionstempos bereits Anfang 2025 aufgebraucht. Internationale Klimaziele erfordern demnach eine noch schnellere Entkopplung der Emissionen von der Wirtschaftsleistung.

Gelingt keine hinreichend hohe Entkopplung der Treibhausgasemissionen von der BIP-Produktion durch eine starke Verringerung der Emissionsintensität, lassen sich die notwendigen Treibhausgasemissionsreduzierungen nur erreichen, wenn das BIP sinkt.

Textbox 3: Das Zusammenspiel von nationalen und internationalen Klimazielen

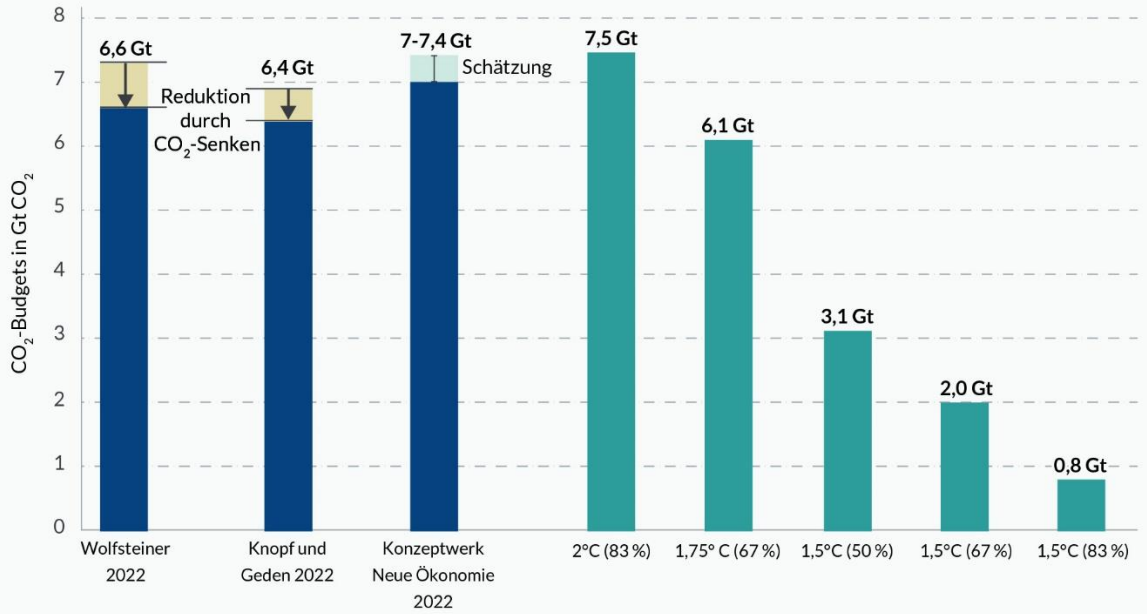
Die Klimaschutzanstrengungen in Deutschland sind an verschiedenen Zielsetzungen orientiert. Auf der einen Seite hat sich Deutschland zu den Temperaturzielen des Pariser Klimaschutzabkommens bekannt. 195 Staaten haben sich dazu verpflichtet, den menschengemachten Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur auf deutlich unter zwei Grad Celsius und möglichst auf 1,5 Grad Celsius gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen. Dies soll durch angemessene, aber freiwillige nationale Beiträge erreicht werden. Bereits heute beträgt der Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur gegenüber dem vorindustriellen Niveau 1,2 Grad Celsius (vgl. Climate Action Tracker 2022).

Auf der anderen Seite schreibt das deutsche Klimaschutzgesetz einen Treibhausgasreduktionspfad vor. Bis 2030 sind abnehmende sektorspezifische jährliche Jahresemissionsmengen festgelegt, die im Zwischenziel 2030 in Summe einer Emissionsminderung von 65 Prozent gegenüber dem Niveau von 1990 entsprechen. Bis 2040 sollen die Emissionen um 88 Prozent niedriger sein als 1990 und im Jahr 2045 soll Deutschland die Nettotreibhausgasneutralität erreicht haben. Das bedeutet, dass ein geringes Volumen an Restemissionen noch zulässig ist, solange dieses durch die natürliche oder künstliche Entnahme von Treibhausgasen aus der Atmosphäre kompensiert wird (BMU 2021).

Aus den Klimazielen von Paris leitet der Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ein globales CO_2-Budget ab. Es gibt die Gesamtmenge der CO_2-Emissionen an, die maximal mit der Einhaltung der Temperaturziele vereinbar ist. Ein deutsches CO_2-Budget berechnet der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) anhand des deutschen Anteils an der Weltbevölkerung im Jahr 2016. Danach beträgt das CO_2-Budget für einen angemessenen und gerechten deutschen Beitrag zur Begrenzung der globalen Erwärmung auf 1,5 Grad Celsius mit einer 67-prozentigen Wahrscheinlichkeit der Zielerreichung ab 2022 noch zwei Gigatonnen (Gt) CO_2. Soll das 1,5-Grad-Ziel mit einer höheren Wahrscheinlichkeit von 83 Prozent erreicht werden, schrumpft das deutsche CO_2-Budget auf 0,8 Gt CO_2 (vgl. SRU 2022). Abbildung 8 stellt auf der rechten Seite basierend auf Berechnungen des Sachverständigenrats für Umweltfragen verschiedene CO_2-Budgets dar, die mit der Einhaltung des deutschen Beitrags zu den Temperaturzielen des Pariser Klimaabkommens kompatibel sind.

Auch aus dem Klimaschutzgesetz lässt sich näherungsweise eine kumulierte Gesamtmenge der CO_2-Emissionen errechnen, die Deutschland bis 2045 ausstoßen darf. Verschiedenen wissenschaftlichen Studien zufolge beträgt das zulässige CO_2-Volumen des Klimaschutzgesetzes ab 2022 etwa 6,4 bis 7,4 Gt CO_2 (vgl. Wolfsteiner 2022, Knopf und Geden 2022, Konzeptwerk Neue Ökonomie 2022). Die aus dem Klimaschutzgesetz abgeleiteten CO_2-Budgets sind auf der linken Seite in Abbildung 8 dargestellt. Die Gegenüberstellung mit den Paris-kompatiblen Budgets verdeutlicht, dass mit dem Emissionsvolumen des Klimaschutzgesetzes alle Paris-kompatiblen CO_2-Budgetszenarien für Deutschland überschritten würden. Berechnungen zufolge würde dies bei den Budgets für das 1,5-Grad-Ziel sogar bereits spätestens in fünf Jahren der Fall sein. Der Reduktionspfad des Klimaschutzgesetzes liegt zumindest in der Nähe des CO_2-Budgets für 1,75 Grad Celsius („deutlich unter zwei Grad“), das mit 67-prozentiger Wahrscheinlichkeit der Zielerreichung in Höhe von 6,1 Gt CO_2 berechnet wird. Das Klimaschutzgesetz ermöglicht wahrscheinlich gerade so das Einhalten des CO_2-Budgets zur Begrenzung der globalen Erwärmung auf zwei Grad Celsius (7,5 Gt CO_2; vgl. SRU 2022). Die Abweichung zwischen den Emissionsmengen des Klimaschutzgesetzes und dem politisch erklärten und international vereinbarten 1,5-Grad-Ziel wird als „Ambitionslücke“ bezeichnet. Die deutschen Klimaziele sind damit in der aktuellen Form inkonsistent mit den Pariser Klimaschutzzielen (vgl. SRU 2022).

Abbildung 8: **Ambitionslücke des Klimaschutzgesetzes.**



Anmerkung: Die Prozentangaben hinter den Temperaturzielen (rechte Säulen) stehen für die Wahrscheinlichkeit der Einhaltung dieses Ziels. Grund dafür ist die Komplexität des Klimasystems, die dazu führt, dass nicht genau vorhergesagt werden kann, wie sich eine bestimmte CO_2-Emissionsmenge auf die Temperaturentwicklung auswirkt.

Quellen: links: wissenschaftliche Studien und rechts: SRU (2022).

BertelsmannStiftung

3.3. Emissionsvolumen, BIP und Emissionsintensität: Eine einfache Beispielrechnung bis 2045

Die definitorischen Zusammenhänge zwischen dem jährlichen Treibhausgasemissionsvolumen ($\mathrm{THG_Vol}$), dem BIP und der Emissionsintensität ($\mathrm{E_Int}$) lassen sich wie folgt darstellen:

(1) $\mathrm{THG_Vol} = \mathrm{BIP} \times \frac{\mathrm{THG_Vol}}{\mathrm{BIP}} = \mathrm{BIP} \times \mathrm{E_Int}$

Diese Zerlegung des jährlichen Emissionsvolumens in das BIP und die Emissionsintensität ist hilfreich, weil sich daraus der mathematische Zusammenhang der Wachstumsraten dieser drei Größen ableiten lässt: Die Veränderungsrate des jährlichen Treibhausgasemissionsvolumens ($g_{\mathrm{THG_Vol}}$ mit g für growth rate) ergibt sich aus der Addition der Veränderungsrate des realen BIP (g_{BIP}) und der Veränderungsrate der Emissionsintensität ($g_{\mathrm{E_Int}}$). Dies erlaubt eine vereinfachende Betrachtung der Zusammenhänge zwischen den drei Größen:

(2) $g_{\mathrm{THG_Vol}} = g_{\mathrm{BIP}} + g_{\mathrm{E_Int}}$

Wenn beispielsweise das reale BIP um vier Prozent wächst und die Emissionsintensität wegen technologischer und struktureller Fortschritte um sechs Prozent sinkt, geht das Emissionsvolumen des betreffenden Jahres um zwei Prozent zurück.

Aus diesen Zusammenhängen lassen sich auch notwendige Anpassungen der Veränderungsraten des realen BIP und der Emissionsintensität ableiten, wenn zur Erreichung der Klimaneutralität eine bestimmte jährliche Verringerung der Treibhausgasemissionen erforderlich ist. Hierfür sind zunächst die Zusammenhänge der letzten Jahre zu berechnen.

Die langfristige Wachstumsrate des realen BIP (g_{BIP}) lag bei 1,25 Prozent (siehe Abbildung 5).

Die jährlichen Treibhausgasemissionen gingen zwischen 1990 und 2022 von 1.241,9 Mio. t CO_2-Äq. auf 745,6 Mio. t CO_2-Äq. zurück. Daraus lässt sich die langfristige durchschnittliche Veränderungsrate des jährlichen Treibhausgasemissionsvolumens (g_{THG_VOL}) wie folgt berechnen:

(3) $\mathrm{THG_Vol}_{2022} = \mathrm{THG_Vol}_{1990} \times (1 + g_{\mathrm{THG_Vol}})^{32}$

(4) $\frac{\mathrm{THG_Vol}_{2022}}{\mathrm{THG_Vol}_{1990}} = (1 + g_{\mathrm{THG_Vol}})^{32}$

Mit den Werten der Treibhausgasemissionen der Jahre 1990 und 2022 aus Abbildung 6 ergibt sich Gleichung (5):

(5) $\frac{745{,}6}{1241{,}9} = 0{,}600382 = (1 + g_{\mathrm{THG_Vol}})^{32}$ | 32. Wurzel ziehen

(6) $0{,}984183 = 1 + g_{\mathrm{THG_Vol}}$

(7) $-0{,}015817 = g_{\mathrm{THG_Vol}}$

Über den Zeitraum von 1990 bis 2022 nahm das jährliche Emissionsvolumen durchschnittlich also um ca. 1,58 Prozent ab.

Aus der langfristigen Wachstumsrate des realen BIP und der durchschnittlichen Verringerungsrate der jährlichen Treibhausgasemissionen lässt sich ableiten, wie stark die Emissionsintensität im Durchschnitt des betrachteten Zeitraums gesunken ist. Wie Gleichung (9) zu entnehmen ist, sank die Emissionsintensität in Deutschland um durchschnittlich rund 2,84 Prozent pro Jahr.

(8) $g_{\mathrm{THG_Vol}} = g_{\mathrm{BIP}} + g_{\mathrm{E_Int}} \Longrightarrow g_{\mathrm{E_{Int}}} = g_{\mathrm{THG_Vol}} - g_{\mathrm{BIP}}$

(9) $g_{\mathrm{E_{Int}}} = -0{,}015815 - 0{,}012533 = -0{,}028350$

Fassen wir den bisherigen Stand der Analyse kurz zusammen:

- Die durchschnittliche Wachstumsrate des realen BIP lag bei rund 1,25 Prozent pro Jahr ($g_{\mathrm{BIP}} = 0{,}012533$).
- Die Emissionsintensität der BIP-Produktion ging um rund 2,84 Prozent pro Jahr zurück ($g_{\mathrm{E_Int}} = -0{,}028350$).
- Da der jährliche prozentuale Rückgang der Emissionsintensität größer ausfiel als die jährliche Zunahme des realen BIP, nahm das jährliche Treibhausgasemissionsvolumen um rund 1,58 Prozent pro Jahr ab ($g_{\mathrm{THG_Vol}} = -0{,}015817$).
- Um im Jahr 2045 das Ziel der Klimaneutralität zu erreichen, muss das Treibhausgasemissionsvolumen von 745,6 Mio. t CO_2-Äq. im Jahr 2022 bis 2045 auf 65 Mio. t CO_2-Äq. sinken.

Aus den genannten erforderlichen Emissionsreduktionen lässt sich berechnen, wie stark das Emissionsvolumen innerhalb der nächsten 23 Jahre sinken muss:

(10) $\mathrm{THG_Vol}_{2045} = \mathrm{THG_Vol}_{2022} \times (1 + g_{\mathrm{THG_Vol}})^{23}$

(11) $\frac{\mathrm{THG_Vol}_{2045}}{\mathrm{THG_Vol}_{2022}} = (1 + g_{\mathrm{THG_Vol}})^{23}$

(12) $\frac{65}{745{,}6} = 0{,}087176 = (1 + g_{\mathrm{THG_Vol}})^{23}$ | 23. Wurzel ziehen

(13) $0{,}899353 = 1 + g_{\mathrm{THG_Vol}}$

(14) $$-0{,}100647 = g_{\mathrm{THG_Vol}}$$

Damit Deutschland also 2045 das Ziel der Klimaneutralität mit einem Restemissionsvolumen in Höhe von 65 Mio. t CO_2-Äq. erreichen kann, müsste in unserer Beispielrechnung das Emissionsvolumen durchschnittlich um 10,06 Prozent pro Jahr sinken. Die durchschnittliche Veränderungsrate des jährlichen Emissionsvolumens von rund zehn Prozent bedeutet nicht, dass dieser Wert in der Realität jedes Jahr exakt eingehalten werden muss. Wenn jedoch beispielsweise in den ersten Jahren geringere prozentuale Reduktionen erfolgen sollten, verlangt dies natürlich in späteren Jahren entsprechend höhere Emissionseinsparungen. Da im Hinblick auf das Erreichen des 1,5-Grad-Ziels jedoch die Gesamtmenge der verursachten Treibhausgasemissionen entscheidend ist, sind gleich zu Beginn des Betrachtungszeitraums hohe Emissionsminderungen anzustreben (vgl. Textbox 4).

Textbox 4: Emissionsreduktionspfade zum Erreichen der Klimaneutralität

In unserer Beispielrechnung ermitteln wir, dass zum Erreichen der Klimaneutralität das Emissionsvolumen durchschnittlich bis 2045 um 10,06 Prozent pro Jahr sinken muss. Zuvor haben wir aufgezeigt, dass das Ziel der Klimaneutralität auch erreicht wird, wenn das Emissionsvolumen jedes Jahr linear um 29,6 Mio. t CO_2-Äq. zurückgeht (siehe Tabelle 1). Beide Pfade für die mögliche Entwicklung der Treibhausgasemissionen führen Deutschland zum Ziel von verbleibenden Restemissionen in Höhe von 65 Mio. t CO_2-Äq. im Jahr 2045. Auf dem Weg dorthin bringen beide Pfade jedoch sehr unterschiedliche Konsequenzen mit sich.

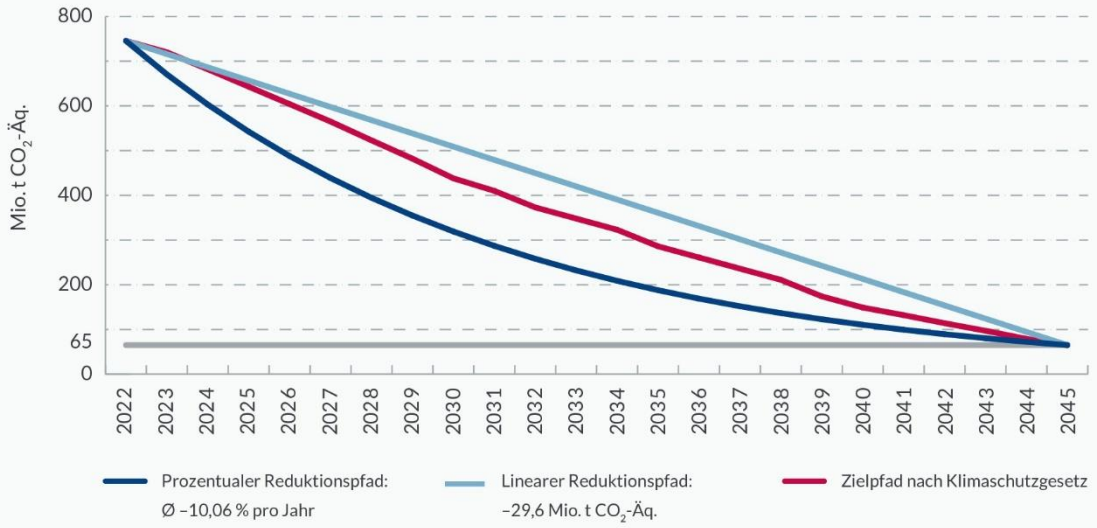
Bei einer prozentualen Reduktion um durchschnittlich 10,06 Prozent jährlich sind die absoluten Emissionsminderungen zu Beginn des Zeitraums deutlich größer und nehmen bis 2045 kontinuierlich ab (vgl. dunkelblaue Linie in Abbildung 9). So müssten im Jahr 2023 allein 75 Mio. t CO_2-Äq. eingespart werden. Eine solch enorme Reduktion des Emissionsvolumens ist in Deutschland in den vergangenen 30 Jahren und sogar während der Coronapandemie nicht vorgekommen. Zum Ende des Betrachtungszeitraums fallen die notwendigen absoluten Einsparungen unter der Annahme der Verringerung der Emissionsintensität um jährlich 10,06 Prozent deutlich geringer aus und liegen ab 2038 bei 15 Mio. t CO_2-Äq. und weniger. Das entspricht etwa dem Umfang, in dem zwischen 2021 und 2022 die Emissionen zurückgegangen sind.

Diesem Pfad gegenüber steht die lineare Emissionsreduktion bis 2045 um jährlich 29,6 Mio. t CO_2-Äq. Gerade in den nächsten Jahren werden mit diesem Reduktionspfad jedoch deutlich zu wenig Emissionen eingespart: Die jährliche Reduktion, die sich aus den Vorgaben des Klimaschutzgesetzes ergibt, ist bis Mitte der 2030er-Jahre kontinuierlich größer als bei der linearen Einsparung vorgesehen. Das führt auch dazu, dass der lineare Reduktionspfad nicht geeignet ist, um das Klimaziel für 2030 zu erreichen (vgl. hellblaue und rote Linien in Abbildung 9).

Zusätzlich ist der lineare Reduktionspfad problematisch, da es sich bei Treibhausgasemissionen um ein Akkumulationsproblem handelt. Es gilt daher insbesondere, die Gesamtemissionen, welche bis 2045 noch verursacht werden, so gering wie möglich zu halten. Daraus folgt, dass Reduktionspfade, die anfangs stärker Emissionen reduzieren, jenen vorzuziehen sind, die die Einsparungsmenge gleichmäßig auf den Gesamtzeitraum verteilen. Unter Berücksichtigung dieses Kriteriums schneidet der lineare Reduktionspfad deutlich schlechter ab als der prozentuale: So sind die Gesamtemissionen, die zwischen 2022 und 2045 verursacht werden, bei prozentualer Reduktion um fast 3.000 Mio. t CO_2-Äq. geringer als bei linearer Reduktion. Die Vorgaben des Klimaschutzgesetzes liegen zwischen unseren beiden errechneten hypothetischen Reduktionspfaden. Vor dem

Hintergrund, dass das Klimaschutzgesetz zur Einhaltung des 1,5-Grad-Ziels nicht ausreicht (vgl. Textbox 3), ist die größere und schnellere Verringerung des Emissionsvolumens jedoch in jedem Fall zu präferieren.

Abbildung 9: **Reduktionspfade der Treibhausgasemissionen in Deutschland zum Erreichen der Klimaneutralität 2045.**



Quellen: BMU (2021) und eigene Berechnungen.

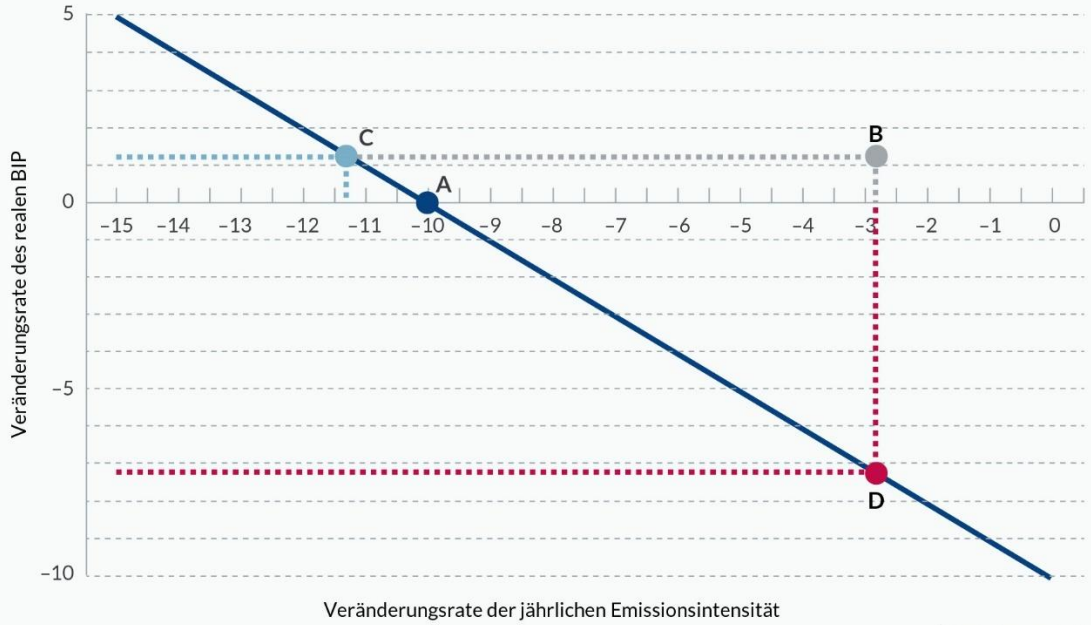
BertelsmannStiftung

Mit Blick auf den gesamten Zeitraum ist die durchschnittliche jährliche Veränderungsrate des Emissionsvolumens jedoch eine valide Berechnungsgrundlage. Sie ist mit dem Klimaneutralitätsziel kompatibel und erlaubt eine vereinfachte Betrachtung der Zusammenhänge. Für die weitere Beispielrechnung nehmen wir sie als eine gesetzte Größe an, d. h. sie kann ohne ein Abrücken vom Ziel der Klimaneutralität im hier definierten Sinne nicht verändert werden.

Entsprechend den in Gleichung (2) stehenden definitorischen Zusammenhängen determiniert diese Emissionsreduzierungserfordernis die möglichen Kombinationen der langfristigen Veränderungsrate des realen BIP und der Verringerung der Emissionsintensität. Das bedeutet beispielsweise, dass das reale BIP in den nächsten Jahren bis 2045 um jährlich 0,94 Prozent wachsen darf, wenn die Treibhausgasemissionsintensität der BIP-Produktion um elf Prozent pro Jahr sinkt. Weitere mögliche Kombinationen, die die Bedingung $-0{,}100647 = g_{BIP} + g_{E_Int}$ erfüllen, sind in Abbildung 10 entlang der blauen Gerade dargestellt. Diese Gerade zeichnet sich durch folgende Eigenschaften aus:

- Bei einer umfangreichen Reduzierung der Emissionsintensität darf die Wachstumsrate des realen BIP höher sein. Fällt die Reduzierung der Emissionsintensität geringer aus, ist auch nur eine geringere Wachstumsrate des realen BIP möglich. Die Gerade hat daher einen fallenden Verlauf.
- Die Gerade schneidet die x-Achse, die die Veränderungsrate der Emissionsintensität angibt, bei dem Wert –10,06 (Punkt A). Das bedeutet, dass das reale BIP schrumpfen muss, wenn die Emissionsintensität im Durchschnitt mit weniger als 10,06 Prozent pro Jahr sinkt.
- Alle Punkte, die rechts oberhalb dieser blauen Geraden liegen, haben zur Folge, dass Deutschland das Ziel der Klimaneutralität 2045 nicht erreicht. Für die jeweiligen Veränderungsraten des realen BIP sind die Reduzierungen der Emissionsintensität zu gering.
- Das bedeutet auch, dass die durchschnittlichen langfristigen Veränderungsraten des realen BIP (+1,25 Prozent) und der Emissionsintensität (–2,84 Prozent) der letzten 32 Jahre nicht ausreichen, damit Deutschland 2045 klimaneutral wird (Punkt B).

Abbildung 10: **Mögliche Kombinationen der Veränderungsraten des realen BIP und der Emissionsintensität (in Prozent), mit denen Deutschland 2045 das Ziel der Klimaneutralität erreichen kann.**



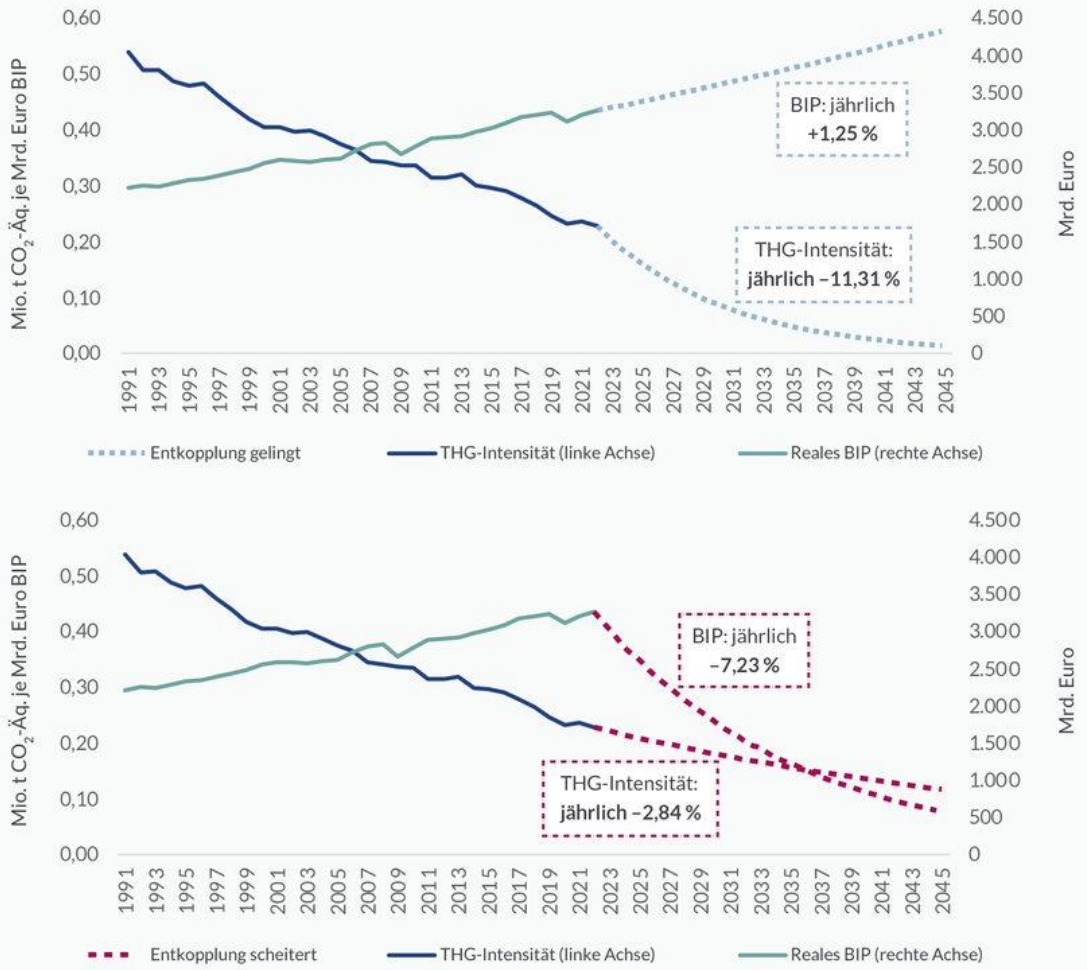
Quelle: eigene Berechnungen.

| BertelsmannStiftung

Um Deutschland ausgehend von den aktuellen Gegebenheiten 2045 klimaneutral zu machen, sind also verschiedene theoretische Lösungen denkbar. Zwei Szenarien sind in Abbildung 11 dargestellt und im Koordinatensystem in Abbildung 10 eingezeichnet:

- Soll das langfristige Wachstum des realen BIP auch zukünftig im bei durchschnittlich 1,25 Prozent pro Jahr liegen, muss die Emissionsintensität im Durchschnitt jedes Jahr um mehr als elf Prozent sinken (aus Gleichung (2) folgt: $g_{E_Int} = g_{THG_Vol} - g_{BIP} = -10{,}06 - 1{,}25 = -11{,}31$). Wenn dies gelingt, ist Wirtschaftswachstum mit dem Erreichen der Klimaneutralität vereinbar, die Entkopplung ist erfolgreich (siehe Abbildung 11 oben und Abbildung 10 Punkt C).
- Ohne weitere Fortschritte bei der Entkopplung der Treibhausgasemissionen vom BIP (also bei einer Konstanthaltung der bisherigen Emissionsintensitätsverringerung von durchschnittlich 2,84 Prozent pro Jahr) müsste das reale BIP bis 2045 jedes Jahr im Durchschnitt um mehr als sieben Prozent sinken (aus Gleichung (2) folgt: $g_{BIP} = g_{THG_Vol} - g_{E_{Int}} = -10{,}06 - (-2{,}84) = -7{,}23$). Grund dafür ist, dass keine hinreichenden Entkopplungsfortschritte in Form einer niedrigeren Emissionsintensität der BIP-Produktion erzielt werden konnten: Die Entkopplung ist gescheitert (siehe Abbildung 11 unten und Abbildung 10 Punkt D).

Abbildung 11: **Szenarien für den Verlauf der Emissionsintensität und des realen BIP für das Erreichen der Klimaneutralität 2045. Oben: Entkopplung gelingt; unten: Entkopplung scheitert.** Angaben sind durchschnittliche jährliche Veränderungsrate in Prozent.

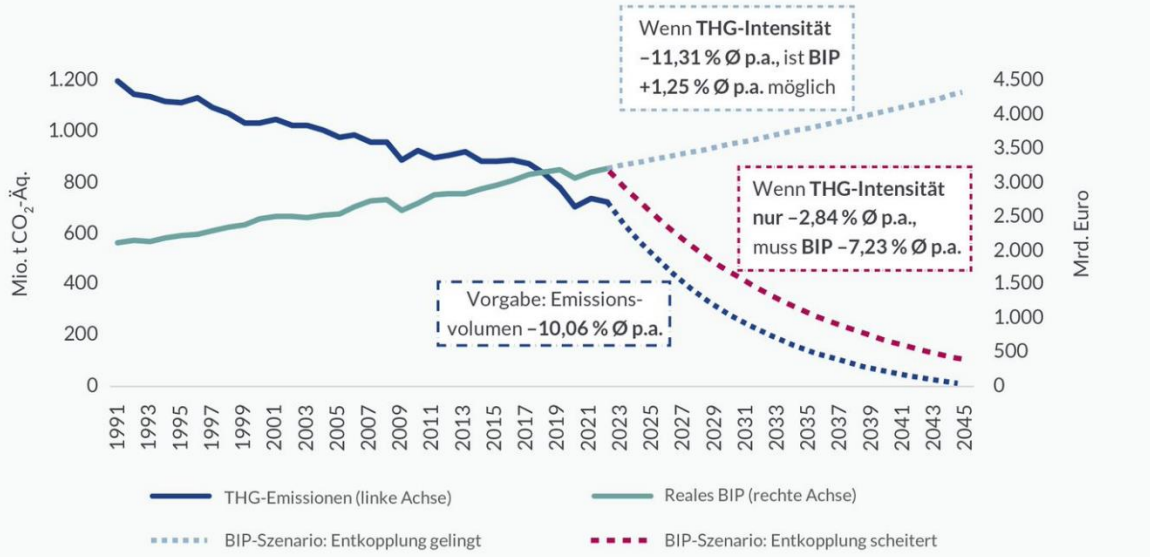


Quelle: eigene Berechnungen.

BertelsmannStiftung

Alternativ lassen sich diese Szenarien auch mithilfe des absoluten Emissionsvolumens aufzeigen. Analog zu Abbildung 6 können die möglichen Entwicklungen des realen BIP und der Treibhausgasemissionen nun bis 2045 fortgeschrieben werden. Während für das BIP je nach Entkopplungserfolg zwei Varianten dargestellt werden, ist für den Verlauf der Emissionen die Minderung um jährlich durchschnittlich 10,06 Prozent gesetzt. Sie ist zu erreichen durch eine ausreichend starke Entkopplung im Sinne der Abnahme der Emissionsintensität oder bei mangelndem Entkopplungserfolg durch einen starken Rückgang des realen BIP (vgl. Abbildung 12).

Abbildung 12: **Szenarien für den Verlauf des BIP bis 2045 bei einer Reduktion des Emissionsvolumens um durchschnittlich 10,06 Prozent pro Jahr.**



Quelle: eigene Berechnungen.

BertelsmannStiftung

Diese beiden Szenarien verdeutlichen, dass die Transformation hin zu einer klimaneutralen Wirtschaft eine Herkulesaufgabe ist. Dennoch gibt es eine wachsende Zahl von wissenschaftlichen Szenarienrechnungen, die zu der Einschätzung kommen, dass eine Steigerung des realen BIP bei gleichzeitiger Klimaneutralität möglich ist. So hat beispielsweise die Internationale Energieagentur (IEA) ein Szenario veröffentlicht, in dem die globalen Nettotreibhausgasemissionen im Jahr 2050 bei null liegen und gleichzeitig das reale BIP der Welt doppelt so hoch ist wie im Jahr 2020 (vgl. IEA 2021). Voraussetzung dafür sind erhebliche technologische und strukturelle Innovationen, die die Entkopplung der Treibhausgasemissionen von wirtschaftlichen Aktivitäten entsprechend stark vorantreiben.

4. Wie kann die Entkopplung gelingen?

Wie beschrieben ist es für eine erfolgreiche Transformation unserer Wirtschaft und Gesellschaft entscheidend, dass sie möglichst nicht auf Kosten des Wohlstands oder einer gerechten Verteilung geht. Insofern muss es sich um eine sozial-ökologische Transformation handeln, bei der eine faire Lastenverteilung der Klimaschutzbemühungen zentral ist. „Fair“ meint dabei sowohl die Leistungs- als auch die Verursachungsgerechtigkeit, die bei der Anpassung an den Klimawandel sowie bei der Entwicklung von politischen Antworten zu dessen Eindämmung bedacht werden müssen (vgl. Posch 2023). Und als „Lasten“ sollten in diesem Kontext nicht nur mögliche monetäre oder eben materielle Einbußen, sondern in erster Linie die temporären Anstrengungen verstanden werden, die zwar mit der Herkulesaufgabe einer derartigen Transformation zweifellos verbunden sind, sich jedoch im Erfolgsfall mittel- bis langfristig auch rentieren (können). Doch dazu müssen zunächst tradierte wirtschaftliche Prozesse und Geschäftsmodelle ersetzt oder umorganisiert werden. Dies dürfte wesentlich über zwei verschiedene Entwicklungen passieren: eine Entkopplung in Form einer umfangreichen Verringerung der Emissionsintensität durch technologische sowie durch strukturelle Innovationen in Verbindung mit einem neuen Wohlstandsverständnis.

4.1. Entkopplung durch technologische Innovationen

Im politischen und öffentlichen Diskurs liegt der Fokus zumeist auf wissenschaftlichen und technologischen Innovationen als Mittel für die Entkopplung von Wirtschaftsleistung und Umweltbelastungen. Es wird argumentiert, dass Innovationen und der Wettbewerb um die besten Lösungen, Prozesse und Geschäftsmodelle zentral für die Bekämpfung des Klimawandels sind.

Bei der Transformation zu einer klimaneutralen Wirtschaft stehen der Ausbau der erneuerbaren Energien und ihr direkter Einsatz in möglichst vielen Wirtschaftssektoren im Fokus. Technologische Fortschritte und Skaleneffekte haben in den vergangenen Jahren die Wirtschaftlichkeit der erneuerbaren Energien enorm gesteigert. So sind zwischen 2010 und 2019 die Stückkosten für Solarenergie und für Lithium-Ionen-Batterien um 85 Prozent und für Windenergie um 55 Prozent gefallen (vgl. IPCC 2022). Dadurch konnte nicht nur die weltweite Diffusion und großskalierte Nutzung dieser Technologien erfolgen, sondern es wurde auch die beginnende Elektrifizierung etwa der Wärmeversorgung oder des Pkw-Verkehrs ermöglicht.

Da jedoch nicht alle Prozesse und Anwendungen direkt strombasiert betrieben werden können, sind in einem klimaneutralen Energiesystem zusätzlich Sekundärenergieträger notwendig, die auf Basis erneuerbarer Energien erzeugt werden. Durch den Einsatz von grünem Wasserstoff lassen sich etwa emissionsintensive Prozesse in der Industrie oder im Schwerlastverkehr dekarbonisieren. Auch der Auf- und Ausbau einer Wasserstoffwirtschaft und die Anwendungsreife in den Endverbrauchssektoren erfordern stetige technologische Weiterentwicklungen und Innovationen (vgl. Petersen 2023.)

Die genannten Entwicklungen sind Beispiele für Konsistenzstrategien, da bestehende Prozesse durch klimafreundliche Alternativen substituiert werden. Technologische Neuerungen sollen es ermöglichen, das Wirtschaftssystem mit den planetaren Grenzen in Einklang zu bringen. Der Konsistenzansatz findet sich auch im Konzept der Circular Economy wieder: Das Schließen von Materialkreisläufen, die Verwendung unbedenklicher Stoffe und das werterhaltende Recycling von Rohstoffen sollen zur Gestaltung eines Wirtschaftssystems im Rahmen der planetaren Belastungsgrenzen beitragen.

Neben Konsistenzstrategien bilden Effizienzsteigerungen den zweiten Baustein der technologisch induzierten sozial-ökologischen Transformation. Effizienzsteigerungen sind in allen Wirtschaftsbereichen und bei uio Privathaushalten vorstellbar. Etwa können Produktionsprozesse optimiert werden, sodass weniger Inputfaktoren für die gleiche Outputmenge benötigt werden. Im Bereich der Energieeffizienz können einfache Maßnahmen wie der Einsatz von LEDs den Stromverbrauch deutlich senken. Energetisch sanierter Wohnraum kann den Energiebedarf für Raumwärme reduzieren. Und Steigerungen der Fahrzeugeffizienz im Pkw-Bestand können die CO_2-Emissionen eines Pkw mit Verbrennungsmotor bis 2030 um bis zu 20 Prozent gegenüber dem Niveau von 2015 senken (vgl. NPM 2019). Zudem sind viele strombasierte Anwendungen, etwa batterieelektrische Fahrzeuge, energieeffizienter, da sie einen höheren Wirkungsgrad aufweisen und Umwandlungsverluste vermieden werden. Somit ermöglichen technische Innovationen und Konsistenzstrategien auch Fortschritte im Handlungsfeld der Effizienz.

Die in Deutschland erzielten Emissionsminderungen lassen sich im Wesentlichen auf Effizienzsteigerungen, den Ausbau der erneuerbaren Energien und den Einsatz von klimaneutral produziertem Strom in verschiedenen Anwendungen zurückführen (vgl. ERK 2022). Sie machen deutlich, dass Konsistenz- und Effizienzstrategien zumindest eine partielle Entkopplung von Wirtschaftsleistung und Klimaschäden ermöglichen. Doch ob allein mithilfe technologischer Fortschritte der Übergang in eine klimaneutrale Ökonomie erfolgen kann, ist sehr unsicher.

Ein zentrales Problem von technologischem Fortschritt ist, dass mit gesteigerter Ressourcenproduktivität der Preis des jeweiligen Outputs sinkt, wodurch die Einsparungen der Effizienzsteigerungen durch eine steigende Nachfrage teilweise oder vollständig kompensiert werden können. Diese sogenannten Rebound-Effekte sind besonders im Verkehrs- oder im Gebäudebereich zu beobachten. So konterkarieren die Trends hin zu höherer Fahrleistung, größeren Autos, mehr Wohnfläche pro Kopf oder mehr Einpersonenhaushalten

weitgehend die Energieeinsparungen, die in der Vergangenheit durch Effizienzsteigerungen erzielt werden konnten. In der Folge sind die Treibhausgasemissionen des Straßenverkehrs seit 1990 nahezu unverändert hoch (vgl. UBA 2023) und der Endenergieverbrauch privater Haushalte ist seit 1990 sogar leicht angestiegen (vgl. BMWK 2022a).

Rebound-Effekte verhindern also, dass das volle Potenzial des technologischen Fortschritts ausgeschöpft werden kann und dass die intendierten Treibhausgasreduktionen in vollem Umfang stattfinden. Weiterhin sorgen Innovationen und stetige technologische Neuerungen dafür, dass Produkte schneller veralten und ersetzt werden. Über die gesteigerte Produktnachfrage ist der technologische Fortschritt ein zentraler Treiber für Wirtschaftswachstum, jedoch ist dieses Wirtschaftswachstum nicht zwingend klimafreundlich, sondern kann zu einem Mehrverbrauch von Energie und Ressourcen führen und die notwendige Entkopplung bremsen.

Zusätzlich ist natürlich zu beachten, dass technologischer Wandel nicht losgelöst von gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Prozessen stattfindet. Vielmehr ist er immer begleitet von Änderungen von Wertschöpfungsprozessen in der Realwirtschaft, von Risikoprofilen in der Finanzwirtschaft und schlussendlich vom Verhalten der privaten Akteure und Konsument:innen. Daher sind technologischer und struktureller Wandel nicht nur eng miteinander verknüpft, sondern auch beide notwendig für die Entkopplung unseres Wirtschaftssystems von Umweltbelastungen.

4.2. Entkopplung durch strukturelle Innovationen und ein anderes Wohlstandsverständnis

Technologische Fortschritte sind immer auch verbunden mit strukturellem und gesellschaftlichem Wandel. Darunter sind sowohl Veränderungen der Art und Weise zu verstehen, wie wirtschaftliche Prozesse ablaufen, aber auch nach welchen Prinzipien und Zielen sich das Verhalten der Akteure richtet. Vielfach ermöglichen technologische Neuerungen erst viele Verhaltensveränderungen und ein Umdenken, indem sie Konsum- und Investitionsentscheidungen zugunsten klimafreundlicher Alternativen beeinflussen. So ersetzen Online-Meetings zunehmend Dienstreisen, hochwertige, geschmackvolle und erschwingliche pflanzenbasierte Lebensmittel und Fleischersatzprodukte erleichtern eine Reduktion des Fleischkonsums und intelligente Strom- und Heizungszähler unterstützen beim Energiesparen im Haushalt. Viele dieser Veränderungen lassen sich nicht nur leicht umsetzen, sondern können Komfort oder Lebensqualität sogar steigern und finanzielle Vorteile bieten.

Das Konzept der Circular Economy ist im Hinblick auf strukturelle Innovationen bei Produktion und Konsum besonders vielversprechend. Denn im Kern steht der Gedanke einer kompletten Neuorganisation des Wirtschaftens in Verbindung mit einem gesellschaftlichen Umdenken: weg vom linearen Herstellen, Konsumieren und Entsorgen von Produkten, hin zu Nutzungsintensivierung, Nutzungsdauerverlängerung und dem Etablieren stofflicher Kreisläufe. Der durch den Übergang in ein solches Wirtschaftsmodell ausgelöste Strukturwandel, etwa in Richtung des Dienstleistungssektors oder sekundärer Ressourcennutzung, hätte in Verbindung mit dem nötigen technologischen Fortschritt großes Potenzial für eine Entkopplung wirtschaftlicher Aktivität vom Ressourcenverbrauch. Die Auswirkungen auf das BIP-Wachstum sind hingegen nicht so eindeutig vorhersehbar, denn viele der Umsetzungsstrategien einer Circular Economy basieren auf der Vermeidung stetig neuer Produktion kurzlebiger Produkte (vgl. García Schmidt, Holzmann und Wortmann 2023).

Neben Konsistenz- und Effizienzstrategien können auch Suffizienzansätze zum Instrumentenkasten für den Weg in eine nachhaltige Wirtschaft und Gesellschaft gehören. Der Begriff „Suffizienz“ ist öffentlich stark mit Verzicht und Enthaltsamkeit assoziiert, doch diese Betrachtung greift deutlich zu kurz. Zutreffend ist, dass Suffizienzstrategien auf die Veränderung des menschlichen Lebensstils und Konsumverhaltens in Einklang mit den ökologischen Grenzen abzielen, also auf strukturelle und soziale Innovationen und nicht primär auf

technologischen Wandel (vgl. UBA 2018). Die mit dem Konsum verbundenen Nutzenaspekte werden reflektiert und verändern sich in Richtung klimafreundlicheres Wirtschaften und Konsumieren. Alternativen werden nicht rein monetär, sondern auch hinsichtlich ihres qualitativen Nutzens und ihrer ökologischen Tragfähigkeit abgewogen. Struktureller Wandel hin zu mehr Suffizienz kann individuell als Verzicht empfunden werden, aber auch als Erleichterung oder Genügsamkeit.

Im Kern dieses strukturell-gesellschaftlichen Wandels steht die sehr grundsätzliche Frage nach dem rechten Maß: Was braucht es für individuelles Wohlergehen und nationalen Wohlstand? Die Antwort liegt eben nicht in einem umfangreichen Verzicht, sondern in einem nachhaltigen, bewussten und verantwortungsvollen Umgang mit den natürlichen Lebensgrundlagen. Damit einher geht auch ein neues Verständnis von Wohlstand und Wohlstandszuwachs. Wohlstand wird nicht länger rein quantitativ durch das Level an materieller Ausstattung definiert, sondern durch eine Vielzahl qualitativer Indikatoren, die neben makroökonomischer Stabilität auch individuelles Wohlergehen, soziale Kohäsion und ökologische Nachhaltigkeit erfassen. Ein Wohlstandszuwachs ergibt sich aus diesen Aspekten jedoch nur, wenn die Menschen diese Indikatoren tatsächlich als wohlstandsrelevant ansehen.

Weiterhin gilt jedoch das BIP oft als wichtigster Maßstab für wirtschaftlichen Erfolg und Wohlstand – trotz zahlreicher Schwachstellen. So berücksichtigt das BIP etwa nicht, auf welche Art und Weise Wertschöpfung entsteht, welche Ressourcen beansprucht oder übernutzt werden, unter welchen Bedingungen Arbeitskräfte tätig sind, welche Teilhabechancen verschiedene gesellschaftliche Gruppen haben oder wie die materiellen Ressourcen innerhalb der Gesellschaft verteilt sind. All diese und noch viele weitere Faktoren sind aber entscheidend für den individuellen und gesamtgesellschaftlichen Wohlstand. Ein strukturell-sozialer Wandel soll also nicht nur zur Entkopplung von Wirtschaftsleistung und Umweltbelastung beitragen, sondern ein Stück weit auch unser Verständnis von Wohlstand und Lebensqualität von ökonomischem Wachstum entkoppeln.

Der Jahreswirtschaftsbericht 2022 der Bundesregierung ist der neuste Anlauf, jenseits des BIP ergänzende Dimensionen für Wohlstand und individuelle Lebensqualität in einer Nachhaltigen Sozialen Marktwirtschaft zu etablieren. Dabei wird eine Vielzahl quantitativer Indikatoren vorgeschlagen, mit deren Hilfe ökonomische, ökologische und soziale Dimensionen des materiellen und immateriellen Wohlstands in Deutschland erfasst werden sollen. Mithilfe dieser Indikatorik soll zudem ermittelt werden, in welchen Bereichen sich Deutschland bereits auf einem sozial, ökologisch und ökonomisch nachhaltigen Weg befindet und wo politischer Handlungsbedarf besteht (vgl. BMWK 2022b).

Ein allgemein breiteres Wohlstandsverständnis würde eine Entkopplung von Umweltbelastungen insofern erleichtern, als dass auch eine schwache BIP-Entwicklung nicht automatisch eine entsprechende Wohlstandsbelastung bedeuten müsste. Wie in Abschnitt 1 dargelegt, spielt die Bemessungsgrundlage und die Frage, was eigentlich zu welchem Zweck wie stark wachsen soll oder darf, hier eine entscheidende Rolle. Während es Ziel jeder Politik sein sollte, den Wohlstand aller Menschen zu erhöhen, gilt dies nicht unbedingt und unendlich für die Erhöhung der Produktion von Waren und Dienstleistungen.

Auch die materielle Wohlstandsdimension, die das BIP erfassen soll, muss nicht notwendigerweise gleichbedeutend mit hohen individuellen Verbrauchsmöglichkeiten und dem privaten Besitz von Gütern sein. Vielmehr geht es darum, dass alle Gesellschaftsteile Zugang zu wichtigen Ressourcen und Anwendungen haben. Nach diesem Verständnis ist etwa nicht mehr der Besitz eines Produktes, wie eines eigenen Autos, wohlstandssteigernd, sondern der Zugang zum damit verknüpften Nutzen, also der individuellen Fortbewegung. Dieser kann auch durch Carsharing-Angebote gewährleistet sein. Das verhindert jedoch nicht, dass einzelne Menschen, denen der Besitz von gewissen Gegenständen nach wie vor wichtig ist, dies als einen individuell wohlstandsreduzierenden Verzicht ansehen.

Für eine weitreichende Entkopplung sind Verhaltensänderungen und struktureller Wandel auch über die Circular Economy hinaus unabdingbar. So beschränkt sich eine echte Verkehrswende beispielsweise nicht nur auf den Austausch der Antriebstechnik und den Umstieg auf die in vielen Anwendungsbereichen

effizientere Elektromobilität, sondern bedeutet auch einen Strukturwandel von individueller Automobilität hin zu öffentlichem Verkehr oder Fahrradverkehr. Dazu notwendig ist ein Umdenken und Umorganisieren der Verkehrsinfrastruktur. Auch Klimaschutz im Gebäudesektor bedeutet nicht nur, im Neubau auf höchste ökologische Standards zu achten, sondern eben in erster Linie auf Sanierung, Bestandsnutzung, die effizientere Nutzung von Wohnraum und die Vermeidung von Leerstand zu setzen.

Im Hinblick auf die notwendige Entkopplung von Wohlstand und Treibhausgasemissionen sieht auch der IPCC großes Potenzial in strukturellen Innovationen bei Produktion und Konsum. Allein soziokultureller Wandel, Verhaltensänderungen und veränderte Technologie- und Infrastrukturnutzung könnten die globalen Treibhausgasemissionen bis 2050 um 40 bis 70 Prozent senken – relativ zu Szenarien, die lediglich die von nationalen Regierungen bis 2020 angekündigten Maßnahmen zur Eindämmung des Klimawandels berücksichtigen. Politische Interventionen, die auf die Steuerung der gesamtwirtschaftlichen Nachfrage und der Veränderung des individuellen Verhaltens abzielten, seien demnach auch vereinbar mit Verbesserungen des „well-being“ (vgl. IPCC 2022).

Es zeigt sich: Am Ende liegt die Lösung weder in technologischen noch in strukturellen Fortschritten allein. Vielmehr ist das Zusammenspiel beider Faktoren entscheidend für den Erfolg der Entkopplung. Nur durch die Kombination des umfangreichen Einsatzes klimaneutraler Energieträger, eines ressourcen- und emissionssparenden technologischen Fortschritts und des Übergangs zu verantwortungsvollen und nachhaltigen Konsummustern lassen sich Umweltbelastung oder Treibhausgasemissionen und Wohlstand überhaupt im notwendigen Umfang voneinander entkoppeln.

5. Eine aktive Wirtschafts- und Sozialpolitik ist gefragt

Diese Transformationsprozesse sind in jedem Fall keine Selbstläufer. Eine moderne Wirtschaftspolitik muss all dies anstoßen und steuern, auch weil die kommenden Jahre bei der Bekämpfung der Klimakrise von entscheidender Bedeutung sind. Zentral sind dabei marktbasierte Instrumente wie die CO_2-Bepreisung, die über hinreichend große Preissignale erheblichen Einfluss auf Verhaltensweisen aller Akteure nehmen können. Durch sie werden klimafreundliche Aktivitäten bevorzugt und technologische wie strukturelle Innovationen angereizt. Zudem ist es durch die Steuerung der Zertifikatsmenge in einem Emissionshandelssystem möglich, das verbleibende CO_2-Restbudget und die entsprechende Zertifikatsmenge exakt so zu setzen, dass die angestrebten Klimaziele erreicht werden können. Genau das ist der Anspruch der zum Ende des vergangenen Jahres beschlossenen Reform des Europäischen Emissionshandelssystems, die durch eine deutliche Verringerung der Zertifikatsmenge und die Ausweitung auf weitere Sektoren neben der Energiewirtschaft und der energieintensiven Industrie die entsprechende Emissionsminderung bewirken soll.

Auch der Expertenrat für Klimafragen (ERK) empfiehlt in seinem jüngsten Gutachten die Anwendung einer festen Emissionsobergrenze, die wiederum zu hohen Preisen für CO_2 und fossile Energie führen wird (vgl. ERK 2022). Der starke Preisanreiz fördert technologische und strukturelle Innovationen bei Produktion und Konsum. Gleichzeitig wäre das Instrument hinsichtlich der Zielerreichung effektiv und hinsichtlich der Vermeidungskosten auch effizient (vgl. Petersen 2021). Welche Änderungsrate des BIP sich einstellt, ist dann das Ergebnis dieses Prozesses.

Da die Bepreisung klima- und umweltschädlichen Verhaltens jedoch zunächst überproportional schwächere Gesellschaftsschichten trifft, die über weniger finanzielle Ressourcen und Substitutionsmöglichkeiten verfügen, ist eine sozialpolitische Flankierung im Sinne der fairen Lastenverteilung essenziell. Ein Abbau der sozialen Ungleichheiten bei Verursachung, Betroffenheit und Bekämpfung des Klimawandels dürfte nicht nur die Akzeptanz von Klimaschutz insgesamt erhöhen, sondern auch selbst zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen beitragen, da höhere Einkommens- und Vermögensdisparitäten in Industrieländern empirisch auch mit höheren Emissionen verbunden sind. Klima- und Sozialpolitik sollten für den Erfolg der

Entkopplung demnach Hand in Hand gehen (vgl. Posch 2023). Auch andere unerwünschte Nebenwirkungen des durch die Klimapolitik ausgelösten Strukturwandels, etwa sektorale und regionale Verwerfungen auf dem Arbeitsmarkt oder in der Industrie, müssen durch eine austarierende Wirtschaftspolitik und zusätzliche Instrumente ebenso vermieden werden wie Rebound-Effekte und die Verlagerung von Treibhausgasemissionen ins Ausland (Carbon Leakage).

Natürlich spielt dabei auch die Klimapolitik im Ausland eine große Rolle. So sollten z. B. unterschiedlich hohe CO_2-Bepreisungspfade zwischen Ländern durch Grenzausgleichsmechanismen wie den Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) so lange ausgeglichen werden, bis eine Einigung über gemeinsame Strategien – wie etwa innerhalb eines Klimaclubs – erzielt wurde (vgl. Holzmann 2022). Auch die Diskussion um den Inflation Reduction Act (IRA) der USA sowie mögliche Gegenmaßnahmen der EU können in diesem Kontext gesehen werden: Soll eine Deindustrialisierung aufgrund zu großer Standortnachteile infolge der regionalen Klimapolitik vermieden werden, muss auch über eine neue industriepolitische Flankierung durch Subventionen für die emissionsintensive heimische Industrie nachgedacht werden (vgl. Bertelsmann Stiftung 2023).

Doch auch jenseits eines CO_2-Preises und dessen sozialpolitischer und außenwirtschaftlicher Flankierung braucht es komplementäre klimapolitische Instrumente und Maßnahmen. Denn verschiedene Hemmnisse und Lock-in-Situationen bremsen die Dekarbonisierung und lassen sich nur begrenzt durch das CO_2-Preissignal adressieren. Dazu zählen insbesondere bestehende fossile Infrastrukturen, Technologien und Anlagen und der zu zaghafte Ausbau postfossiler Alternativen, Planungsunsicherheit aufgrund mangelnder politischer Klarheit und Ambitionen sowie Akzeptanzprobleme in der Bevölkerung. Vor diesem Hintergrund gilt es, neben der CO_2-Bepreisung auch staatliche Subventionen und Investitionen sowie ordnungs- und informationspolitische Maßnahmen einzusetzen. Nur durch einen umfangreichen Instrumentenmix kann die Wirtschaftspolitik die sozial-ökologische Transformation steuern und den Weg für die erforderliche Entkopplung von Wohlstand und Umweltbelastungen bereiten.

6. Literatur

Bertelsmann Stiftung (2023). *Ökonomische Evaluation klimapolitischer Instrumente. Am Beispiel der Chemie-, Zement- und Stahlindustrie.* Gütersloh.

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit) (2021). *Lesefassung des Bundes-Klimaschutzgesetzes 2021 mit markierten Änderungen zur Fassung von 2019. Stand 07.07.2021.* Berlin.

BMWK (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz) (2022a). *Energiedaten: Gesamtausgabe.* https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/energiedaten-gesamtausgabe.html (abgerufen am 08.02.2023).

BMWK (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz) (2022b). *Jahreswirtschaftsbericht der Bundesregierung 2022. Für eine Sozial-ökologische Marktwirtschaft – Transformation innovativ gestalten.* Berlin.

Claeys, G., S. Tagliapietra und G. Zachmann (2019). „How to make the European Green Deal work“. *Policy Contribution* 2019/13, Bruegel. Brüssel.

Climate Action Tracker (2022). *Warming Projections Global Update.* November 2022. Global Update - Gas expansion overtakes climate - Nov 2022 (climateactiontracker.org) (abgerufen am 13.02.2023).

Daly, H. E. (2005): „Economics In A Full World“. *Scientific American* (293), September-Ausgabe. 100–107.

Destatis (2022). *Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen. Preisbereinigte Volumenangaben und Wachstumsbeiträge. 3. Vierteljahr 2022.* Preisbereinigte Volumenangaben und Wachstumsbeiträge - 3. Vierteljahr 2022 (destatis.de) (abgerufen am 14.02.2023).

DIHK (Deutscher Industrie- und Handelskammertag) (2020). „Wasserstoff“. *DIHK-Faktenpapier*. Berlin und Brüssel.

ERK (Expertenrat für Klimafragen) (2022). *Zweijahresgutachten 2022. Gutachten zu bisherigen Entwicklungen der Treibhausgasemissionen, Trends der Jahresemissionsmengen und Wirksamkeit von Maßnahmen (gemäß § 12 Abs. 4 Bundes-Klimaschutzgesetz).* Berlin.

Europäische Kommission (o. J.). *Green growth and circular economy.* Green growth and circular economy - Environment - European Commission (europa.eu) (abgerufen am 08.03.2023).

Gagnebin, M., P. Graichen und T. Lenck (2019). *Die Gelbwesten-Proteste: Eine (Fehler-)Analyse der französischen CO_2-Preispolitik*. Agora Energiewende. Berlin.

García Schmidt, A., S. Holzmann und M. Wortmann (2023). „Circular Economy – Ein Schlüssel für eine Nachhaltige Soziale Marktwirtschaft?“ *Nachhaltige Soziale Marktwirtschaft Focus Paper*. Bertelsmann Stiftung. Gütersloh. (noch unveröffentlicht)

Holzmann, S. (2022). „Zwischen Klimaschutz und Industrieerhalt – Was kann der CBAM leisten?“ *Nachhaltige Soziale Marktwirtschaft Policy Brief 2022/04*. Bertelsmann Stiftung. Gütersloh.

IEA (International Energy Agency) (2021). *Net Zero by 2050. A Roadmap for the Global Energy Sector*. Paris.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2022). *Climate Change 2022. Mitigation of Climate Change.* Genf.

IRP (International Resource Panel) (2019). *Global Resources Outlook 2019: Natural Resources for the Future We Want.* United Nations Environment Programme. Nairobi.

Knopf, B., und O. Geden (2022). *Ist Deutschland auf dem 1,5-Grad-Pfad? Eine Einordnung der Diskussion über ein nationales CO_2-Budget.* Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (MCC). Berlin.

Konzeptwerk Neue Ökonomie (2022). *Mit grüner Marktwirtschaft das Klima retten? Klimagerechtigkeits-Check der Ampel-Regierung*. Leipzig.

Kopernikus-Projekt Ariadne (2021). *Ariadne-Report: Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität – Szenarien und Pfade im Modellvergleich*. Potsdam.

Likaj, X., M. Jacobs und T. Fricke (2022) „Growth, Degrowth or Post-growth? Towards a synthetic understanding of the growth debate“. *Forum New Economy Basic Papers No. 2.*

Madlener, R., und B. Alcott (2011). „Herausforderungen für eine technisch-ökonomische Entkoppelung von Naturverbrauch und Wirtschaftswachstum unter besonderer Berücksichtigung der Systematisierung von Rebound-Effekten und Problemverschiebungen“. Gutachten für die Enquete-Kommission „Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität“ des Deutschen Bundestages. Berlin.

NPM (Nationale Plattform Zukunft der Mobilität) (2019). *Wege zur Erreichung der Klimaziele 2030 im Verkehrssektor. Arbeitsgruppe 1: Klimaschutz im Verkehr. Zwischenbericht 03/2019.* Berlin.

Petersen, T. (2021). *CO_2 zum Nulltarif? Warum Treibhausgasemissionen einen Preis haben müssen*. Hrsg. Bertelsmann Stiftung. Gütersloh.

Petersen, T. (2023). „Wasserstoffwirtschaft – Chance und Herausforderungen für die Nachhaltige Soziale Marktwirtschaft“. *Nachhaltige Soziale Marktwirtschaft Focus Paper #5*. Bertelsmann Stiftung. Gütersloh.

Petschow, U., N. aus dem Moore, E. Pissarskoi, B. Bahn-Walkowiak, H. E. Ott, D. Hofmann, S. Lange, T. Korfhage, A. Schoofs, H. Wilts, B. Best, J. Benke, J. Buhl, L. Galinski, R. Lucas, C. Koop, S. Werland und H. Ber (2020). „Ansätze zur Ressourcenschonung im Kontext von Postwachstumskonzepten. Abschlussbericht“. *Texte 98/2020*. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.

Posch, D. (2023). „Ökologische Transformation fair gestalten: Die soziale Frage ist keine Nebensache“. *Nachhaltige Soziale Marktwirtschaft Policy Brief 2023/04*. Bertelsmann Stiftung. Gütersloh.

Prognos, Öko-Institut und Wuppertal Institut (2021). *Klimaneutrales Deutschland 2045: Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann – Zusammenfassung*. Berlin und Wuppertal.

Schmelzer, M., und A. Vetter (2019). *Degrowth/Postwachstum zur Einführung*. Hamburg.

SPD, Grüne und FDP (2021*): Mehr Fortschritt wagen. Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit. Koalitionsvertrag 2021–2025 zwischen der Sozialdemokratischen Partei Deutschlands (SPD), BÜNDNIS 90 / DIE GRÜNEN und den Freien Demokraten (FDP).*

SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen) (2022). *Wie viel CO_2 darf Deutschland maximal noch ausstoßen? Fragen und Antworten zum CO_2-Budget.* Berlin.

Statistisches Bundesamt (2023). *Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Fachserie 18 Reihe 1.5, Inlandsproduktberechnung: Lange Reihen ab 1970* (erschienen am 2. September 2022). Wiesbaden.

UBA (Umweltbundesamt) (2018). „Mit Suffizienz mehr Klimaschutz modellieren“. *Texte 55/2018*. Dessau-Roßlau.

UBA (Umweltbundesamt) (2023). *Emissionsübersichten nach Sektoren des Bundesklimaschutzgesetzes. 1990–2022.* Dessau-Roßlau.

Wolfsteiner, A. (2022). *Ableitung eines impliziten CO_2-Budgets für Deutschland aus dem Klimaschutzgesetz.* https://zenodo.org/record/6983015#.Y-oSWceZOUk (abgerufen am 13.02.2023).

Adresse | Kontakt

Bertelsmann Stiftung
Carl-Bertelsmann-Straße 256
33311 Gütersloh
Telefon +49 5241 81-0

Sara Holzmann
Project Manager
Telefon +49 5241 8181143
sara.holzmann@bertelsmann-stiftung.de

Dr. Thieß Petersen
Senior Advisor
Telefon +49 5241 81-81218
thiess.petersen@bertelsmann-stiftung.de

Dr. Marcus Wortmann
Senior Expert
Telefon +49 5241 81-81549
marcus.wortmann@bertelsmann-stiftung.de

www.bertelsmann-stiftung.de/economicsoftransformation

www.bertelsmann-stiftung.de