

Megatrend-Report #03: Klimawandel abbremesen

CO₂-Preise und digitale Innovation als Chance

Autoren: Dr. Thieß Petersen und Thomas Rausch



Inhaltsverzeichnis

Vorwort _____	4	4 Digitalisierung als Chance und Risiko für den Klimawandel _____	24
Zusammenfassung _____	6	4.1 Chancen durch die Digitalisierung zur CO ₂ -Reduzierung _____	26
1 Einleitung _____	7	4.2 Risiken durch die Digitalisierung zur CO ₂ -Reduzierung _____	32
2 Überblick: der Klimawandel und seine Folgen _____	8	5 Fünf Thesen zur erfolgreichen Bekämpfung des Klimawandels _____	36
2.1 Ursachen des Klimawandels _____	10	Executive Summary _____	44
2.2 Folgen des Klimawandels _____	13	Literatur _____	46
3 CO₂-Preise als Instrument zur Bekämpfung des Klimawandels _____	14		
3.1 Treibhausgasemissionen als Folge von Marktversagen _____	16		
3.2 Ziele der CO ₂ -Bepreisung _____	18		
3.3 Unerwünschte Nebeneffekte eines hohen CO ₂ -Preises _____	21		
3.4 Überblick über aktuelle CO ₂ -Preise _____	22		

Vorwort

Digitalisierung und demographischer Wandel, Globalisierung und Klimawandel – die Folgen großer Megatrends bestimmen unseren Alltag immer stärker und stellen uns vor schwierige Fragen: Wie können wir dafür sorgen, dass algorithmische Entscheidungen im Sinne des Gemeinwohls ausfallen? Wie machen wir unsere sozialen Sicherungssysteme tragfähig, wenn das Durchschnittsalter und die Lebenserwartung weiter steigen? Wie können wir die Wettbewerbsfähigkeit europäischer Unternehmen im international immer härteren Konkurrenzkampf stärken? Was müssen wir tun, damit unser Weg in die Karbonneutralität nicht nur schneller, sondern auch sozial gerecht wird?

Wann, wenn nicht in einem Jahr des Bundestagswahlkampfes, sollten solche Fragen ausführlich debattiert werden? In den zahlreichen Fernsehdebatten wurden sie jedoch bestenfalls kurz und implizit angesprochen. Nahezu gänzlich unbeachtet blieben die vielen Schnittstellen und Zusammenhänge zwischen den Megatrends. Diese komplexen Wirkungsbeziehungen eignen sich ganz offensichtlich nicht für den politischen Marktplatz. Dabei wäre, um die fundamentalen Veränderungen unserer Zeit erfolgreich zu bewältigen, eine solche ganzheitliche Diskussion dringend nötig: Die Megatrends entwickeln sich nicht isoliert voneinander, sondern beeinflussen sich gegenseitig und müssen unter Berücksichtigung dieser Wechselwirkungen politisch gestaltet werden.



ANDREAS ESCHÉ



RALPH MÜLLER-EISELT

Genau diese Zusammenhänge stehen im Mittelpunkt unserer Publikationsreihe Megatrend-Report. Die erste Veröffentlichung 2019 hat den aktuellen Stand von demographischem Wandel, Digitalisierung und Globalisierung anhand von wichtigen Kernindikatoren zusammengefasst und das Zusammenspiel dieser Trends mit Blick auf Teilhabechancen analysiert. In der zweiten Ausgabe von 2020 haben wir die Auswirkungen der Corona-Pandemie in den Blick genommen: Wie wird sie die Digitalisierung beschleunigen und die Globalisierung abbremsen? Was bedeutet das für unsere Gesellschaft und unsere Wirtschaft?


In der vorliegenden dritten Ausgabe stehen die Zusammenhänge zwischen Klimawandel und Digitalisierung

im Mittelpunkt. Die „Jahrhundertflut“ in Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen hat uns hautnah vor Augen geführt, wie gravierend sich die Zunahme von extremen Wetterereignissen auf unser Zusammenleben auswirken kann. Der letzte Bericht des *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) macht auf Basis neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse erneut deutlich, dass das Zeitfenster immer kleiner wird, in dem wir den Klimawandel noch auf eine Erwärmung von höchstens zwei Grad Celsius gegenüber dem vorindustriellen Zeitalter begrenzen können. Darum wird es immer wichtiger, effektive Klimaschutz-Maßnahmen zu entwickeln und schnell umzusetzen. Die Bepreisung von CO₂ stellt hier eine vielversprechende Möglichkeit dar – vorausgesetzt, sie wird von möglichst vielen Staaten genutzt. Außerdem müssen ihre wirtschaftlichen Kosten gerecht verteilt werden, um Konflikte innerhalb von und zwischen Staaten zu vermeiden. Auch die Digitalisierung bietet große Chancen, Treibhausgase zu reduzieren – allerdings nicht als Selbstläufer: in die falschen Bahnen gelenkt, führt sie zu höherem Ressourcenverbrauch und beschleunigt den Klimawandel sogar.

Die beiden Autoren Thieß Petersen und Thomas Rausch tragen in diesem dritten Megatrend-Report aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse zusammen, um einen besseren Überblick über das Verhältnis zwischen Klimawandel, CO₂-Bepreisung und Digitalisie-

rung zu ermöglichen. Am Ende stellen sie analog zu den beiden vorangegangenen Ausgaben fünf Thesen und Handlungsempfehlungen für die weitere öffentliche Diskussion vor. Neben ihnen gilt unser Dank vor allem Sabine Feige und Sabrina Gnida, die mitgeholfen haben, den Report redaktionell und organisatorisch aus der Taufe zu heben.

Wir wünschen allen Leser:innen eine angenehme Lektüre.



Andreas Esche & Ralph Müller-Eiselt
Direktoren Programm Megatrends

Zusammenfassung

Hitzewellen, Brände, Starkregen, Überflutungen, Orkane – das Jahr 2021 zeigt massiv, wie sehr der zunehmende Klimawandel die Lebensbedingungen auf der Erde bedroht. Um ihn abzubremesen, muss der Ausstoß von Treibhausgasen erheblich verringert werden. Ein zentrales Instrument hierfür ist ein höherer Preis für diese Emissionen. Er reduziert Aktivitäten, die Emissionen verursachen, und erhöht gleichzeitig die Anreize, die Entwicklung und den Einsatz emissionsarmer Technologien zu forcieren. Somit hat diese staatliche Besteuerung des CO₂-Ausstoßes eine **Lenkungsfunktion**: Sie soll die Wirtschaftsakteur:innen dazu bringen, weniger CO₂-Emissionen zu verursachen. CO₂ bzw. Kohlendioxid steht dabei als Synonym für alle vom Menschen verursachten klimaschädlichen Treibhausgase.

Kurzfristig wird dieses Ziel dadurch erreicht, dass die Verbraucher:innen bei einem höheren CO₂-Preis weniger CO₂-haltige Produkte und Aktivitäten nachfragen. Unternehmen passen sich daran, sodass die Produktion, das reale Bruttoinlandsprodukt (BIP) und die Beschäftigung zurückgehen. Darüber hinaus treiben Unternehmen aufgrund der höheren CO₂-Preise den technologischen Fortschritt an, um die Ressourcen-

und Energieeffizienz zu erhöhen. Diese Verbesserung macht es möglich, dass eine gegebene Gütermenge mit einem geringeren Ressourceneinsatz hergestellt werden kann – und damit auch mit einem geringeren Emissionsvolumen. Allerdings nehmen technologische Veränderungen Zeit in Anspruch und sind daher „erst“ eine **mittel- oder langfristige** Konsequenz einer erhöhten CO₂-Bepreisung.

Eine zentrale Rolle bei einem emissionsparenden technologischen Fortschritt spielen **digitale Technologien**, denn sie bewirken eine Optimierung zahlreicher Produktions- und Geschäftsprozesse. Die Digitalisierung kann das Emissionsvolumen aber nicht nur durch technologische Innovationen verringern, sondern auch durch **organisatorische Neuerungen**. Dazu gehören z. B. neue Konzepte eines ressourcenschonenden Konsums wie die Sharing Economy.

Jedoch verursacht der Einsatz digitaler Technologien auch zusätzliche Emissionen, die den eingesparten Treibhausgasemissionen gegenüberzustellen sind. Die Emissionsquellen sind vor allem die Herstellung und Nutzung digitaler Geräte, der Aufbau und die Nutzung der Rechenzentren (Server und Netzwerke in den Zentren inklusive der erforderlichen Kühlung) sowie der Aufbau und die Nutzung der erforderlichen Kommunikationsnetze (drahtlos oder Kabel).

Zudem können technische Effizienzsteigerungen für sich genommen auch zu einem höheren Ressourceneinsatz führen: Wenn ein technologischer Fortschritt den Ressourceneinsatz zur Herstellung bestimmter Produkte reduziert, sinkt in der Regel auch deren

Preis. Daher erhöhen Verbraucher:innen ihre Nachfrage nach diesen Produkten. Das bewirkt wiederum eine Steigerung der Produktion – und damit auch der Treibhausgasemissionen. Diese Phänomene werden als **Rebound-Effekte** bezeichnet.

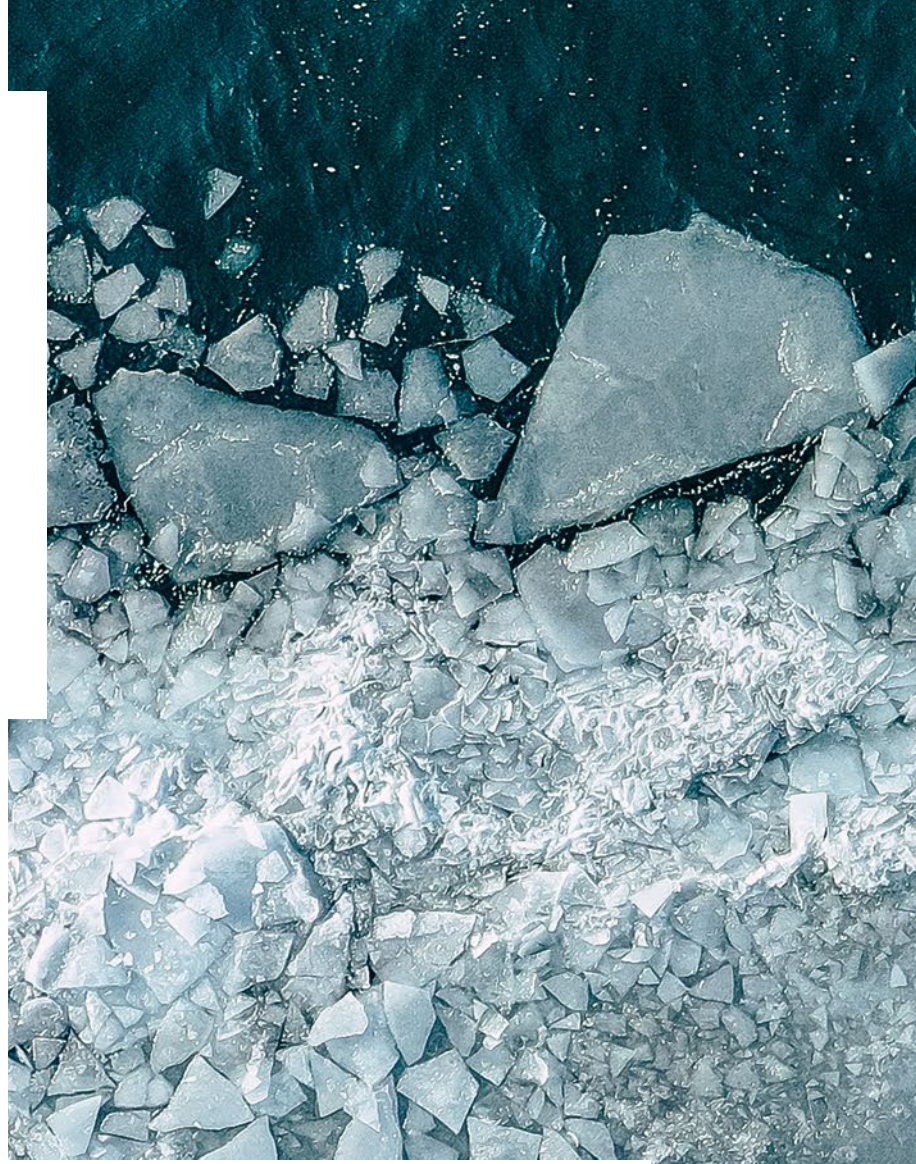
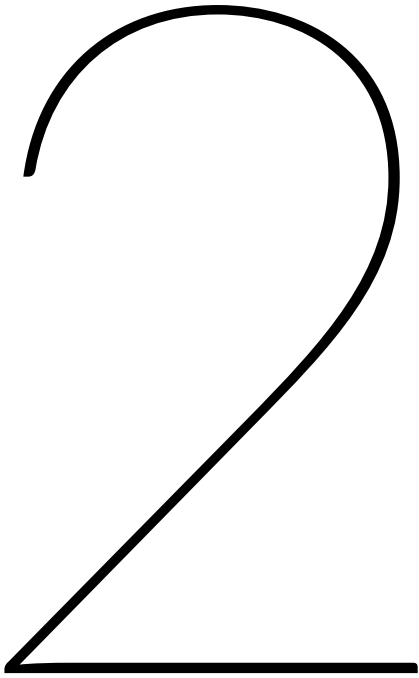
Vor dem Hintergrund dieser Entwicklungen sehen wir fünf Handlungsempfehlungen:

1. Die **Preise für Treibhausgasemissionen sollten ansteigen**, um den Klimawandel mit seinen schwerwiegenden ökologischen, ökonomischen und sozialen Folgen abzubremesen.
2. Der Staat sollte **emissionsreduzierenden technologischen Fortschritt fördern**, damit genügend Anreize dafür bestehen, in Basistechnologien zu investieren.
3. Der Staat sollte **soziale Härten abfedern**, indem er einkommensschwache Haushalte und Unternehmen, deren internationale Wettbewerbsfähigkeit stark leidet, finanziell unterstützt.
4. In Unternehmen und in der öffentlichen Debatte sollten **Digitalisierungs- und Nachhaltigkeitsthemen noch stärker zusammengedacht und verzahnt** werden.
5. Die internationale politische Rahmensetzung für die „neue Globalisierung“ – wie ausländische Direktinvestitionen und Technologietransfers – benötigt **mehr Aufmerksamkeit**.

1. **Einleitung**

Die folgenden Betrachtungen und Ausführungen sollen einen Überblick über die Zusammenhänge zwischen Klimawandel, CO₂-Bepreisung und Digitalisierung geben. Dazu starten wir zunächst mit einer kurzen Darstellung der wichtigsten klimatischen Entwicklungen und ihrer Folgen für Wirtschaft und Gesellschaft. Im Anschluss beleuchten wir CO₂-Preise als eine wichtige und effiziente Möglichkeit zur Ab-

bremung des Klimawandels und widmen uns genauer der Beziehung zwischen Klimawandel und Digitalisierung: Welche Chancen bietet der digitale Fortschritt, den Klimawandel zu bekämpfen? Wie könnte sich der Klimawandel durch die Digitalisierung aber auch beschleunigen? Schließlich stellen wir fünf Thesen als Schlussfolgerungen und Anregungen zur weiteren Diskussion vor.



Überblick: der Klimawandel und seine Folgen

- 2.1 Ursachen des Klimawandels
- 2.2 Folgen des Klimawandels





2.1 Ursachen des Klimawandels

Der weltweite Ausstoß von Kohlendioxid ist seit Beginn der industriellen Revolution in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts rasant gestiegen. Zunächst waren es die entwickelten Volkswirtschaften in **Europa** und **Nordamerika**, die absolut betrachtet die meisten Emissionen ausstießen. Doch der wirtschaftliche Aufholprozess in Asien – vor allem in China – hat das Emissionsvolumen auch dort enorm erhöht. Die Kombination aus einem schnell wachsenden materiellen Wohlstand je Einwohner:in und einer starken Zunahme der Bevölkerungszahlen hat zur Folge, dass **Asien** seit zwei Jahrzehnten die Region mit dem weltweit höchsten CO₂-Emissionsvolumen ist (siehe Abb. 1).

Treibhausgasemissionen sind eine zentrale Ursache für den **Treibhauseffekt** und die damit verbundene globale Erwärmung (vgl. Rahmstorf und Schellnhuber 2007: 13, 29–53): Eine Erhöhung der Konzentration von Treibhausgasen und anderen Partikeln in der **Atmosphäre** führt dazu, dass die von der Erde reflektierte Wärme nicht das Weltall erreicht. Die Treibhausgase (siehe Box 1) absorbieren die Wärmestrahlung, statt sie in das All entweichen zu lassen, sodass es – wie in einem Treibhaus – zu einem Wärmestau kommt. Dieser bewirkt weltweit einen Rückgang der Eisflächen und damit auch der **Reflexionsflächen** der Erde. Als Folge wird ein geringerer Anteil der Sonnen- bzw. der Wärmestrahlung von der Erde zurückgespiegelt – und die Erde erwärmt sich zusätzlich.

Dieser Treibhauseffekt ist grundsätzlich ein natürlicher und notwendiger Vorgang, denn ohne ihn wäre die mittlere Temperatur an der Erdoberfläche rund 33 Grad Celsius niedriger als die tatsächliche Temperatur (vgl. Umweltbundesamt 2020a: 74). Problematisch ist jedoch, dass die Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre durch menschliche Aktivitäten dramatisch zugenommen hat. Damit kommt es zu einer spürbaren **globalen Erwärmung**. Abbildung 2 zeigt, wie stark die weltweiten jährlichen Durchschnittstemperaturen vom langfristigen Durchschnitt des Zeitraums 1961 bis 1990 abweichen.

BOX 1

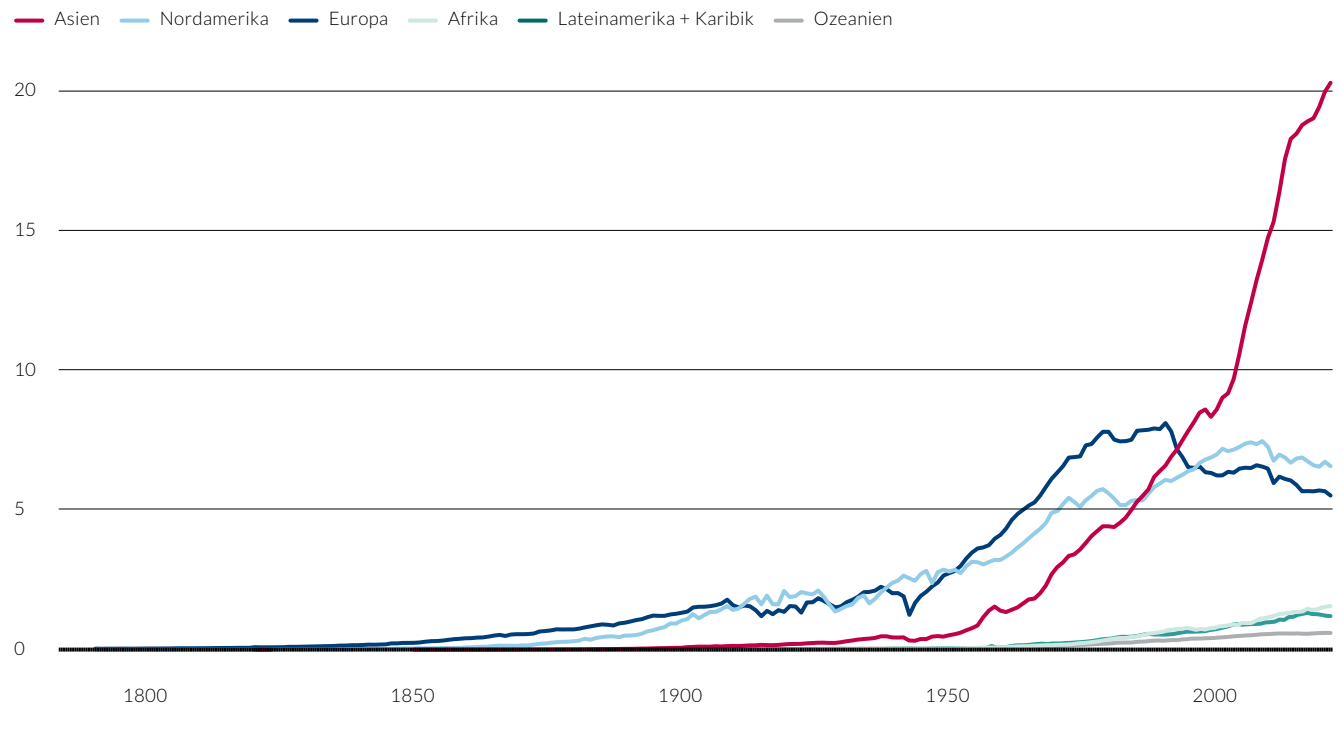
Treibhausgase

Neben Kohlendioxid (CO₂) gehören auch Methan, Distickstoffmonoxid bzw. Lachgas, teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe, Tetrafluormethan, Hexafluorethan, Oktafluorpropan und Schwefelhexafluorid zu den klimaschädlichen Treibhausgasen. Ihr Emissionsvolumen wird in Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten ausgedrückt. Mit Blick auf das jährliche Volumen der genannten Treibhausgase macht Kohlendioxid den mit Abstand höchsten Anteil aus: Im Jahr 2017 lag das Volumen der in Deutschland ausgestoßenen genannten Treibhausgase bei rund 1.080 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten. Die Menge an CO₂-Emissionen betrug rund 971 Millionen Tonnen (vgl. Statistisches Bundesamt 2019: 3 und 12). Der Unterschied zwischen den Maßeinheiten wird unter der Abbildung 5 (S. 28) näher erläutert.

Das quantitativ wichtigste Treibhausgas ist jedoch Wasserdampf. Es entsteht durch die Verdunstung von Wasser – vor allem in den Ozeanen. Wasserdampf spielt in der Diskussion zur Eindämmung der Treibhausgasemissionen allerdings keine Rolle, weil die Wasserdampfkonzentration in der Atmosphäre nicht direkt vom Menschen gesteuert werden kann und sein Einfluss auf diese Verdunstung daher vernachlässigbar ist (vgl. Rahmstorf und Schellnhuber 2007: 35 f.).

ABBILDUNG 1:
Entwicklung des gesamten CO₂-Ausstoßes in verschiedenen Weltregionen seit 1800

In Milliarden Tonnen

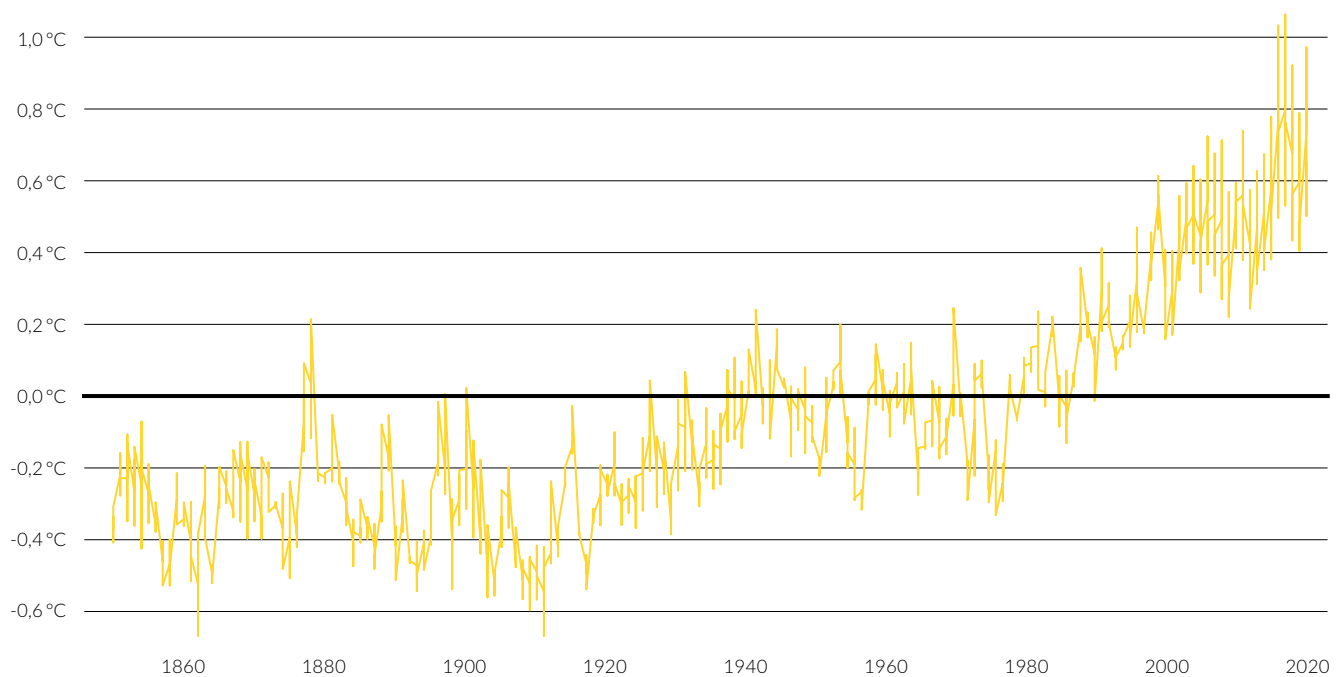


Quelle: Ritchie und Roser 2017 (aktualisiert 2020)

| BertelsmannStiftung

ABBILDUNG 2: Globale Temperaturanomalie

Abweichung der jährlichen globalen Durchschnittstemperatur (gesamte Erdoberfläche, also Land und Wasser) vom Mittelwert der Temperatur des Zeitraums 1961 bis 1990



Quelle: Ritchie und Roser 2017 (aktualisiert 2020)

| BertelsmannStiftung

Aus der globalen Erwärmung ergeben sich zahlreiche Konsequenzen. Zu den wichtigsten Negativeffekten gehören

- das Abschmelzen von Gletschern und Meereis und der daraus resultierende **Anstieg des Meeresspiegels** mit einem zunehmenden **Überflutungsrisiko**,
- die Zunahme von **Wetterextremen** (Hitzewellen, Dürren, Stürme etc.) und damit verbundenen **Schäden** an Gebäuden und Infrastruktur,
- eine steigende Zahl von **Hitzetoten** und die Zunahme von **hitzebedingten Erkrankungen** sowie
- gravierende Folgen für die **Ökosysteme**, etwa das Massensterben von Tier- und Pflanzenarten.

Weitere Konsequenzen sind mehr Waldbrände, ein stärkerer Insektenbefall, die Ausbreitung von Krankheiten, die von Insekten übertragen werden (z. B. Malaria, Borreliose), und die Versauerung der Ozeane durch eine erhöhte CO₂-Konzentration. Daraus ergeben sich gravierende Folgen für die Produktion von **Nahrungsmitteln**, z. B. Ernteeinbußen, die das Ergebnis von Wassermangel, Dürren, Stürmen, Überflutungen und einem stärkeren Insektenbefall sind (vgl. ausführlicher Petersen 2021a: 22–25).

Neben diesen negativen Konsequenzen haben die skizzierten klimatischen Entwicklungen aber auch **einige Vorteile**, die vor allem im **globalen Norden** auftreten: Der Rückgang des arktischen Eises öffnet den arktischen Ozean für die Schifffahrt und reduziert Transportkosten. Die globale Erwärmung bewirkt in den nördlichen Regionen eine Senkung der kältebedingten Todesfälle, Energieeinsparungen infolge des geringeren Heizbedarfs und eine Steigerung der landwirtschaftlichen Erträge. Zudem ist in diesen Regionen mit einer Ankurbelung des Tourismus zu rechnen.

Während die Erwärmung im Norden also noch Vorteile haben kann, verstärken sich im **globalen Süden** die negativen Folgen. Hierbei ist vor allem an vermehrte Dürren mit Ernteaussfällen und die Erhöhung des Risikos von Hungersnöten zu denken, an häufiger auftretende tropische Wirbelstürme, an eine größere Brandgefahr und an eine steigende Zahl von Hitzetoten.

Die Konsequenz dieser ungleichen Entwicklung ist, dass sich die Diskrepanz zwischen Industrie- und Entwicklungsländern verschärft (vgl. Rahmstorf und Schellnhuber 2007: 70–81). Bereits jetzt treffen die negativen Konsequenzen des Klimawandels vor allem die **Entwicklungsländer** – und dort wiederum die **ärmsten Schichten** der Bevölkerung (vgl. Deutscher Bundestag 2006: 23). Daher ist es nicht nur aus ökologischen, sondern auch aus sozialen Gründen wichtig, die weltweiten Treibhausgasemissionen zu senken. Ein geeignetes Instrument dazu sind preisliche Anreize.

3



CO₂-Preise als Instrument zur Bekämpfung des Klimawandels

- 3.1 Treibhausgasemissionen als Folge von Marktversagen
- 3.2 Ziele der CO₂-Bepreisung
- 3.3 Unerwünschte Nebeneffekte eines hohen CO₂-Preises
- 3.4 Überblick über aktuelle CO₂-Preise





3.1 Treibhausgasemissionen als Folge von Marktversagen

Das globale Volumen von Treibhausgasemissionen ist sehr hoch und vor allem darauf zurückzuführen, dass die Kosten, die durch die genannten negativen Konsequenzen dieser Emissionen entstehen, nicht in den Preisen enthalten sind. Ökonom:innen sprechen in diesem Fall von **negativen externen Effekten**. Verbraucher:innen und Unternehmen zahlen also – gemessen an den tatsächlichen gesamtwirtschaftlichen Kosten – einen zu geringen Preis für Aktivitäten, die zu Treibhausgasemissionen führen. Ist der Preis zu gering, kommt es automatisch zu einer Übernutzung von Gütern. Da der Markt diese Übernutzung von Treibhausgasen nicht von sich aus in den Griff bekommt, wird so eine Situation als ein **Marktversagen** bezeichnet (siehe Box 2).

Ein Marktversagen kann durch staatliches Eingreifen beseitigt werden. Im Kontext des Klimawandels gibt es drei grundsätzliche Ansatzpunkte für staatliche Interventionen zur Verringerung der Treibhausgasemissionen – zwei preisliche Instrumente und ordnungspolitische Maßnahmen (vgl. Petersen 2021a: 47 ff.):

Bei den beiden **preislichen Instrumenten** handelt es sich um eine Treibhausgasemissionssteuer (**CO₂-Steuer**) und die Festlegung einer maximalen jährlichen Emissionsmenge mit einer Vergabe von Emissionsberechtigungen (**Zertifikatslösung**). Werden die

Zertifikate nicht kostenlos verteilt, muss für die Berechtigung zur Verursachung von Emissionen ein Preis bezahlt werden. Die Verteilung bzw. Versteigerung der Emissionszertifikate erfolgt für einen bestimmten Zeitraum, in der Regel für ein Jahr. Nicht benötigte Zertifikate können – sofern es dafür eine Nachfrage gibt – von den Emittent:innen wieder verkauft werden. Beide Instrumente haben unter idealtypischen Rahmenbedingungen identische Effekte. Wenn in den folgenden Ausführungen von einem CO₂-Preis die Rede ist, kann sich dieser sowohl auf eine CO₂-Steuer als auch auf den Preis für ein Emissionszertifikat beziehen.

BOX 2

Negative externe Effekte und Marktversagen

Ein negativer externer Effekt liegt vor, wenn die Summe der privaten Kosten einer ökonomischen Aktivität geringer ist als die gesamtwirtschaftlichen bzw. sozialen Kosten dieser Aktivität. Die privaten Kosten sind alle Kosten, die ein einzelnes Wirtschaftssubjekt trägt. Die sozialen Kosten sind die Kosten, die für die Gesellschaft – also die Summe aller Wirtschaftssubjekte – anfallen.

Der Ausstoß von Treibhausgasen ist ein Beispiel für einen negativen externen Effekt. Nicholas Stern, Professor für Ökonomie an der London School of Economics und Berater der britischen Regierung, bezeichnet ihn sogar als „*the biggest market failure the world has seen*“ (Stern 2008: 1).

Daneben gibt es ein drittes wirtschaftspolitisches Instrument: **ordnungspolitische Maßnahmen** – also Gebote und Verbote bzw. Auflagen. Bezüglich der Klimapolitik gestalten sich diese so, dass der Staat den Ausstoß an Treibhausgasen begrenzt, indem er Unternehmen Vorgaben hinsichtlich des maximalen Emissionsvolumens macht. Diese ordnungspolitischen Maßnahmen gelten jedoch als ineffizient (vgl. exemplarisch SVR 2019: 50 f.). Der Grund: Sie schreiben Emissionsersparungen auch dort vor, wo die Emissionsvermeidungskosten nicht am geringsten sind. Das bedeutet: Die Gesellschaft könnte mit dem gleichen Ressourceneinsatz zur technischen Verringerung des Emissionsvolumens in anderen Bereichen größere Treibhausgaseinsparungen erzielen.

Dazu ein fiktives Beispiel: Durch eine gesetzliche Vorgabe der maximalen CO₂-Emission eines neuen Pkws pro Kilometer wird eine jährliche Emissionsreduzierung um 4.000 Tonnen angestrebt. Die damit verbundenen Kosten liegen bei 100.000 Euro. Wenn jedoch mit diesem Betrag bei der Heizungssanierung in Gebäuden 6.000 Tonnen jährlich eingespart werden könnten,

sind die gesetzlich vorgeschriebenen Einsparungen bei den Automobilhersteller:innen ineffizient. Ordnungspolitische Maßnahmen wären also nur effizient, wenn der Staat die Emissionsvermeidungskosten aller Emittent:innen kennt und die Vorgaben so wählt, dass die Reduzierung der Emissionen bei den Unternehmen mit den geringsten Emissionsvermeidungskosten erfolgt. Im Normalfall liegen ihm die dafür erforderlichen Informationen jedoch nicht vor.

BOX 3

Natürliche Ressourcen

Zu den natürlichen Ressourcen gehören grundsätzlich alle Bestandteile der Natur, also „nachwachsende (biotische) und nicht-nachwachsende (abiotische) Rohstoffe, der physische Raum, die Fläche, die Umweltmedien, also Wasser, Boden und Luft, die strömenden Ressourcen sowie alle lebenden Organismen“ (Umweltbundesamt 2018: 10). Da es in diesem Report um die von Menschen verursachten Treibhausgasemissionen geht, sind im Folgenden mit dem Begriff „Ressourcen“ nur die natürlichen Ressourcen gemeint, deren Nutzung durch den Menschen zu solchen Emissionen führt. Auch die Begriffe „Ressourcenproduktivität“ und „Ressourceneffizienz“ beziehen sich ausschließlich auf diese natürlichen Rohstoffe.

3.2 Ziele der CO₂-Bepreisung

Das Ziel einer CO₂-Bepreisung ist es, das Emissionsvolumen von Treibhausgasen zu reduzieren. Die Steigerung der Staatseinnahmen ist kein Ziel dieser Maßnahme. Die staatliche Bepreisung von CO₂ hat somit eine **Lenkungsfunktion**: Sie soll das Verhalten der Wirtschaftsakteur:innen dahin gehend beeinflussen, dass sie weniger Emissionen verursachen. Dabei ist zwischen kurz-, mittel- und langfristigen Zielen zu unterscheiden:

- **Kurzfristig** kommt es bei einem höheren CO₂-Preis zu einer Verringerung der Nachfrage und des Angebots von CO₂-haltigen Produkten und Aktivitäten. Die staatliche CO₂-Bepreisung bringt für die Konsument:innen einen höheren zu zahlenden Preis mit sich. Damit geht die von ihnen nachgefragte Menge im Normalfall zurück. Der Nettopreis, den die Unternehmen erhalten, sinkt, weil sie nun einen Teil des Preises in Form der Mengensteuer (oder des Preises für Emissionszertifikate) an den Staat abgeben müssen. Ein geringerer Nettopreis hat zur Folge, dass die Unternehmen die von ihnen angebotene Gütermenge verringern. Dadurch kommt es auch angebotsseitig zu einer Reduzierung der wirtschaftlichen Aktivitäten, die Emissionen verursachen.
- Unternehmen reagieren auf höhere Preise für CO₂-Emissionen, indem sie ihre Produktionstechnologien anpassen. Es kommt zu **technologischen Fortschritten**, also zu einer höheren Ressourcen- und Energieeffizienz. Allerdings nehmen technologische Veränderungen Zeit in Anspruch. Sie verlangen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten, Investitionen zur Anpassung der Produktionskapazitäten und Weiterbildungsmaßnahmen, damit die Beschäftigten die mit den neuen Produktionsverfahren verbundenen Kompetenzen erwerben können. Der technologische Fortschritt hin zu emissionsärmeren Produkten und Produktionsverfahren ist daher eine **mittelfristige** Konsequenz.
- Das **langfristige** Ziel eines höheren CO₂-Preises ist im Idealfall ein **nachhaltiges Wirtschaftswachstum** (siehe Box 4), also eine Steigerung des realen Bruttoinlandsprodukts (BIP), während sich gleichzeitig der dafür erforderliche Einsatz von natürlichen Ressourcen sowie die damit verbundenen Treibhausgasemissionen verringern.

BOX 4

Bruttoinlandsprodukt (BIP) und Wirtschaftswachstum

Das BIP ist der traditionelle Indikator zur Messung der wirtschaftlichen Leistungskraft eines Landes (vgl. Petersen 2018). Es entspricht dem Wert aller Sachgüter und Dienstleistungen, die innerhalb eines Jahres in einem Land hergestellt werden, abzüglich der Vorleistungen, um Doppelzählungen zu vermeiden. Die Messung der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit eines Landes mithilfe des BIP hat allerdings eine Reihe von Mängeln. Es erfasst z. B. nur wirtschaftliche Aktivitäten, die über Märkte gegen Bezahlung eines Preises getauscht werden. Keine Beachtung finden aber wirtschaftliche Aktivitäten, die innerhalb eines Haushalts erfolgen oder die ohne eine monetäre Gegenleistung erbracht werden. Eine weitere Schwäche besteht darin, dass weder positive noch negative externe Effekte bei der Berechnung des

BIP Berücksichtigung finden. Dennoch ist das BIP nach wie vor die in der wirtschaftswissenschaftlichen und wirtschaftspolitischen Diskussion am häufigsten angewendete Messgröße.

Wirtschaftswachstum wird als eine Steigerung des realen BIP definiert und gilt als erstrebenswert, weil es eine Reihe von positiven Effekten für die Bevölkerung hat (vgl. Petersen 2011): Eine höhere verfügbare Gütermenge verbessert den materiellen Lebensstandard der Bürger:innen. Wenn die Produktion in einer Gesellschaft zunimmt, steigt in der Regel auch die Beschäftigung. Die damit verbundene höhere Nachfrage nach Arbeitskräften wirkt lohn erhöhend und verbessert die Lebensbedingungen der arbeitenden Bevölkerung. Dies bringt einen Rückgang der Armut mit sich, was wiederum

positiv auf die Lebensbedingungen der Menschen zurückwirkt und sich z. B. in einer gesünderen Ernährung und gesünderen Wohnbedingungen äußert – mit positiven Folgen für die Gesundheit und Lebenserwartung der Menschen. Schließlich erlaubt ein höheres BIP höhere Ausgaben für staatliche Infrastruktureinrichtungen, z. B. in den Bereichen Bildung, Gesundheit und Sicherheit.

Wichtig ist in diesem Kontext der Hinweis, dass eine Steigerung des realen BIP – also ein Wirtschaftswachstum – kein Ziel an sich ist. Die Steigerung des realen BIP ist lediglich ein Mittel für ein selbstbestimmtes und gutes Leben mit möglichst umfangreichen Chancen zur Teilhabe am gesellschaftlichen Leben (vgl. Pies 2020: 18).

Ob dieses langfristige Ziel, das als nachhaltiges bzw. umweltverträgliches Wachstum oder **Green Growth** bezeichnet wird, technologisch möglich ist, ist umstritten (vgl. Nicoll 2016: 155). Vertreter:innen eines grünen Wachstums gehen davon aus, dass es in vielen Bereichen möglich ist, den Ressourcenverbrauch – und mit ihm das Volumen der Treibhausgasemissionen – und eine Steigerung des realen BIP voneinander zu entkoppeln. Kritiker:innen weisen mit Blick auf die Vergangenheit jedoch darauf hin, „dass absolute **Entkopplung** über längere Zeiträume nicht absehbar ist und Emissionen oder Ressourcenverbrauch nur dann zurückgehen, wenn die Wirtschaft schrumpft“ (Schmelzer und Vetter 2019: 81). Auch wenn dies bislang der Fall war, bedeutet es jedoch nicht, dass eine Entkopplung zukünftig nicht möglich ist. Da die Emissions-

preise in der Vergangenheit sehr gering waren, gab es schließlich bisher keine hinreichend hohen Anreize, Produktionstechnologien zu entwickeln, die zu einer Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Ressourcenverbrauch hätten führen können.

Die Lenkungsfunktion eines höheren CO₂-Preises besteht somit darin, die Menge der jährlichen Treibhausgasemissionen zu reduzieren. Dies soll im langfristigen Idealfall nicht über Konsumeinschränkungen erfolgen, sondern über einen technologischen Fortschritt, der die Ressourcenproduktivität erhöht und den Wohlstand der Menschen steigert. Allerdings ist der Weg zur Erreichung dieses Ziels mit negativen Begleiterscheinungen verbunden, die in der Übergangszeit zu einer transformierten Wirtschaft auftreten.

BOX 5

Erfahrungswerte in Bezug auf Emissionsverringerungen durch einen CO₂-Preis

Es gibt bis jetzt nur wenige empirische Studien, die sich mit den kausalen Effekten eines höheren CO₂-Preises auf das Emissionsvolumen eines Landes beschäftigen. Dies liegt u. a. auch daran, dass empirische Arbeiten Daten über einen langen Zeitraum benötigen und die ersten Emissionspreise erst 1990 eingeführt wurden.

Eine Arbeit zur finnischen CO₂-Steuer betrachtet die Entwicklung der Emissionen im Transportsektor und deckt den Zeitraum von der Einführung dieser Steuer im Jahr 1990 bis 2005 ab. Die Untersuchung endet 2005, weil in diesem Jahr das Europäische Emis-

sionshandelssystem (EU ETS) eingeführt wurde. Die Untersuchung kommt zu der Einschätzung, dass die finnische CO₂-Steuer einen beträchtlichen Emissionsrückgang im Transportsektor nach sich zog: 1995 waren die entsprechenden Emissionen im Vergleich zu einer Situation ohne diese Steuer 16 Prozent geringer. Für das Jahr 2000 wird die Einsparung auf 25 Prozent geschätzt und für 2005 auf 31 Prozent (vgl. Mikäsa 2021: 1–4).

In einer anderen Studie wird der Einfluss einer CO₂-Steuer in Kombination mit einer höheren Mehrwertsteuer für Verkehrskraftstoffe auf die schwe-

dischen Emissionen im Transportsektor analysiert. Der Untersuchungszeitraum deckt ebenfalls die Jahre 1990 bis 2005 ab. Das Ergebnis: Beide Preisinstrumente haben die jährlichen transportbedingten Emissionen während des Untersuchungszeitraums um durchschnittlich elf Prozent reduziert. Im letzten Jahr des Untersuchungszeitraums waren die Emissionen des schwedischen Transportsektors 12,5 Prozent niedriger als in einer hypothetischen Situation des gleichen Jahres ohne CO₂-Steuer und ohne den höheren Mehrwertsteuersatz für Kraftstoffe des Verkehrssektors (vgl. Andersson 2019: 1–3, 14, 27).

Unerwünschte Nebeneffekte eines hohen CO₂-Preises

Die Erhöhung der Preise für Treibhausgasemissionen ist vor dem Hintergrund des Klimawandels sehr wichtig, bringt aber auch unerwünschte Nebeneffekte mit sich. So kann sie etwa zu sozialen Spannungen führen. Dies resultiert daraus, dass ein Anstieg der Preise für Energie und emissionshaltige Konsumgüter vor allem für einkommensschwache Haushalte einen spürbaren **Kaufkraftverlust** bedeuten kann, während einkommensstarke Haushalte derartige Kaufkraftverluste leichter verkraften können. Damit droht eine Zunahme der **sozialen Ungleichheit**.

Auf Unternehmensseite ergeben sich **sektorale Härten** für die **Unternehmen** und die dort **beschäftigten Personen**, z. B. in Form von Einkommenseinbußen oder sogar Arbeitsplatzverlusten. Diese Auswirkungen betreffen vor allem Wirtschaftsbereiche mit einer hohen Kapitalintensität, weil ein hoher Kapitaleinsatz mit einem hohen Energieverbrauch einhergeht – was wiederum zu hohen Treibhausgasemissionen führt. Wenn die Verbraucher:innen nicht bereit sind, die daraus resultierenden höheren Produktpreise zu zahlen, kommt es zu Betriebsschließungen und Arbeitslosigkeit.

Sollte ein Land seinen CO₂-Preis erhöhen, während dies andere Länder nicht tun, droht der Verlust der **internationalen Wettbewerbsfähigkeit**. Dies ergibt sich aufgrund des ökonomischen Anreizes, emissionsintensive wirtschaftliche Aktivitäten aus den Ländern mit hohen Emissionspreisen in Länder mit geringen oder gar keinen Emissionspreisen zu verlagern. Länder mit einem hohen Emissionspreis spüren entsprechend einen Rückgang von Produktion, Beschäftigung und Arbeitseinkommen.

Mit der grenzüberschreitenden Verlagerung von Produktionen droht zudem ein sogenanntes „**Carbon Leakage**“. Dieser Begriff bezeichnet eine Situation, in der wirtschaftliche Aktivitäten von einem Land in ein anderes Land verlagert werden und die Ursache dafür die einseitige Einführung (oder Erhöhung) des Preises für Treibhausgasemissionen im Inland ist. Die wirtschaftlichen Aktivitäten werden also aus Ländern mit einer strengen Klimapolitik in Länder mit weniger strengen Emissionsauflagen verlagert (vgl. Borsky 2020: 3 f.). In der Summe kann diese Verlagerung dazu führen, dass das weltweite Emissionsvolumen steigt. Dies ist vor allem der Fall, wenn im Ausland mit umweltschädlicheren Technologien als im Inland produziert wird.

Die sozialen Härten in Form von Kaufkraft-, Beschäftigungs- und Einkommensverlusten sind eine zentrale Ursache dafür, dass politische Entscheider:innen bisher vor hohen Emissionspreisen zurückschrecken. Um diese Härten abzumildern, braucht ein hoher CO₂-Preis eine **wirtschafts- und sozialpolitische Flankierung**. Hierfür sind zahlreiche Maßnahmen denkbar: Transferzahlungen an private Haushalte (als Pauschalbetrag oder differenzierte bedarfsorientierte Zahlungen), die Absenkung von Steuern, Abgaben und Sozialversicherungsbeiträgen, Subventionszahlungen oder preiswerte öffentliche Angebote, z. B. im Rahmen des öffentlichen Personennahverkehrs (vgl. ausführlicher Petersen 2021a: 125 ff.).

3.4 Überblick über aktuelle CO₂-Preise

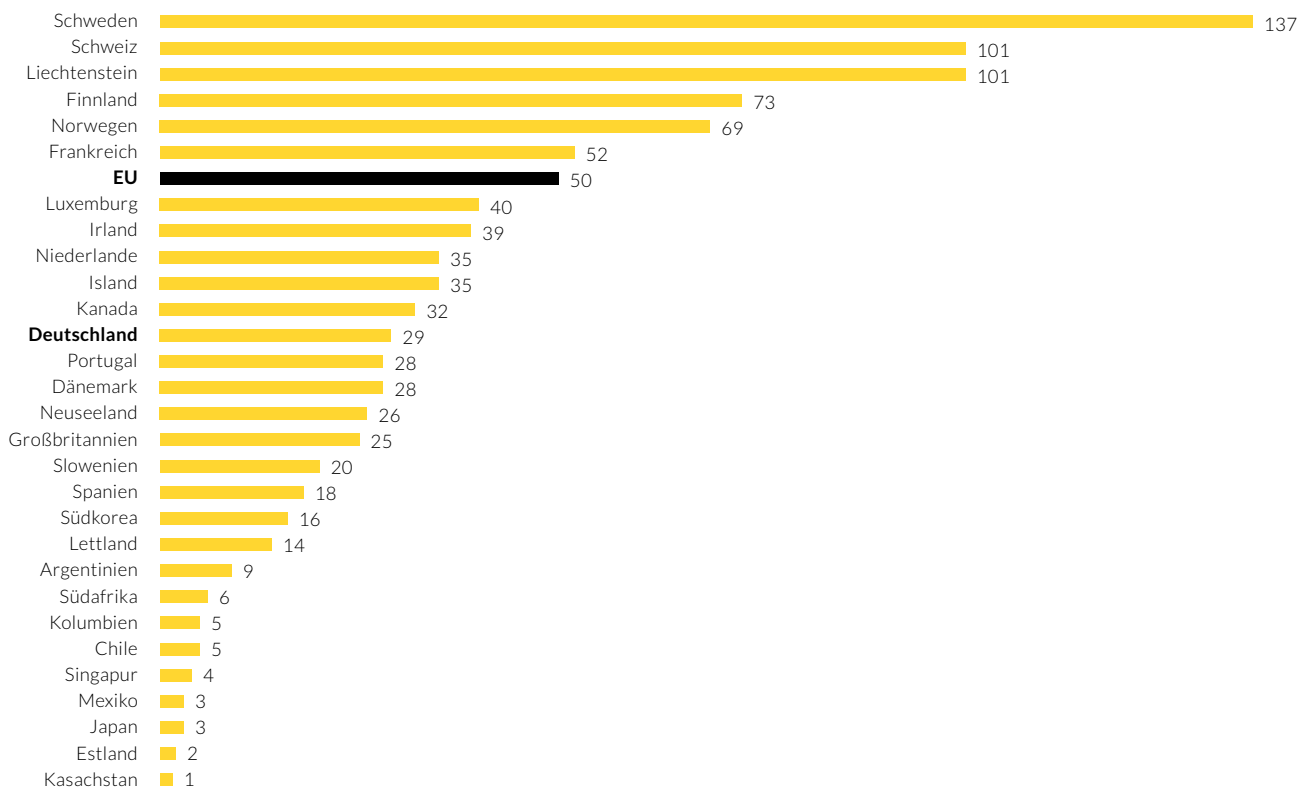
Anfang der 1990er-Jahre begannen mit Finnland und Polen die ersten Staaten, moderate Preise auf ausgewählte CO₂-intensive Güter zu erheben. Langsam folgten immer mehr europäische Staaten, bis 2005 alle EU-Mitgliedstaaten vom Emissionshandelssystem der Europäischen Union (EU ETS) abgedeckt wurden. Mittlerweile gibt es laut Zählung der Weltbank weltweit 64 bereits umgesetzte oder geplante Initiativen dieser Art auf subnationaler, nationaler oder regionaler Ebene. Sie decken allerdings nur 21,5 Prozent der globalen CO₂-Emissionen ab.

Die Preise unterscheiden sich von Land zu Land erheblich (siehe Abb. 3). Den mit Abstand teuersten Preis

auf CO₂ erhebt Schweden mit über 130 US-Dollar pro Tonne. Es folgen die Schweiz und Liechtenstein mit ca. 100 Dollar sowie Finnland und Norwegen mit ungefähr 70 Dollar (Stand April 2021). Hinzu addieren sich für alle Mitgliedstaaten der EU sowie Liechtenstein, Norwegen und Island noch die Preise aus dem EU ETS, die über eine Auktion vergeben werden und deren Höhe daher schwankt. Sie decken bestimmte Industriegüter, Energieträger und den Luftverkehr ab. Nach einem Preisabfall infolge der Corona-Pandemie sind sie im Mai 2021 erstmals über 50 Euro geklettert (siehe Abb. 4). In vielen außereuropäischen Staaten belaufen sich die Kosten dagegen bislang eher auf symbolische Beträge von wenigen Dollar oder Euro.

ABBILDUNG 3: CO₂-Preise unterscheiden sich erheblich

Nominaler Preis pro emittierter Tonne CO₂ in US-Dollar, Stand 1. April 2021

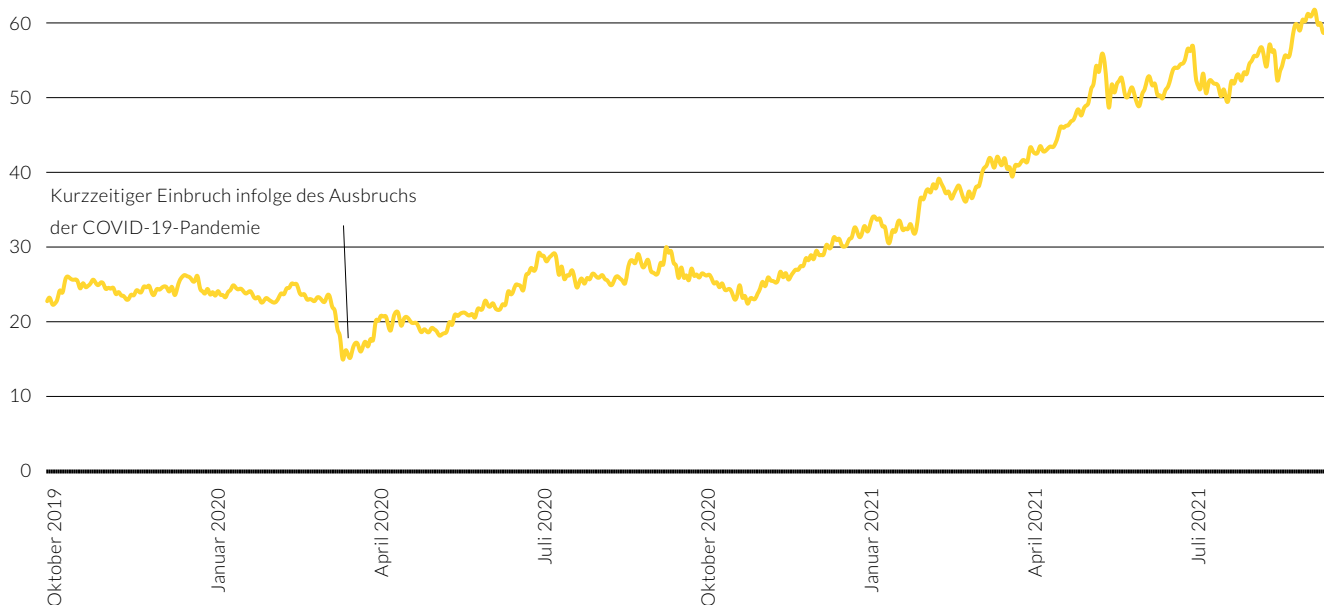


Quelle: World Bank Group 2021

| BertelsmannStiftung

ABBILDUNG 4:

Der Preis für „EU ETS“-Zertifikate ist seit dem vergangenen Jahr stark angestiegen



Quelle: Ember. Daily Carbon Prices (Preise in Euro, Stand 17. September 2021)

| BertelsmannStiftung

BOX 6

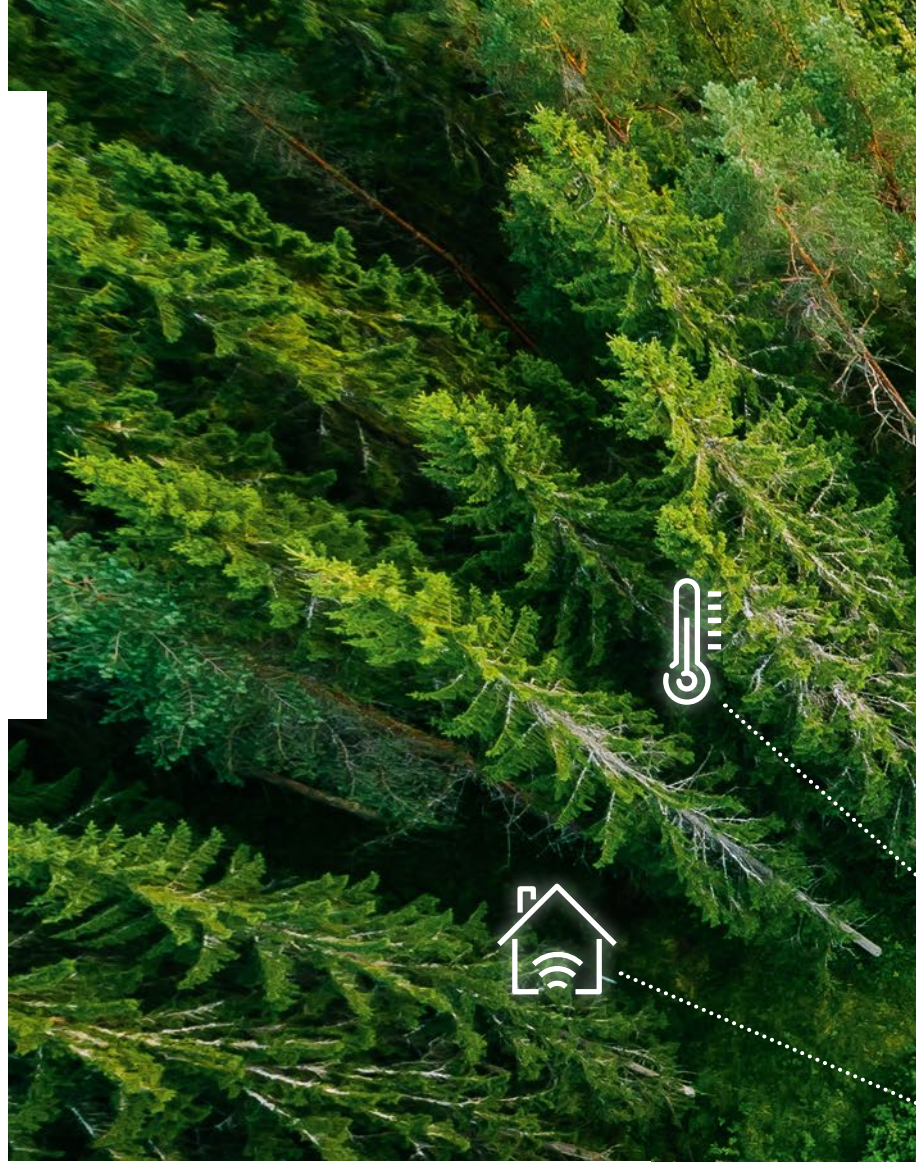
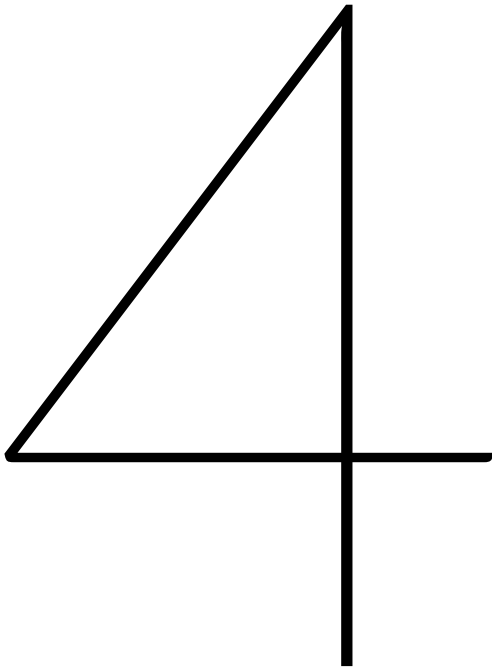
CO₂-Bepreisung in Schweden

Schweden führte die CO₂-Steuer 1991 als eines der ersten Länder der Welt ein. Damals betrug die Steuer 250 schwedische Kronen (rund 26 US-Dollar) pro Tonne CO₂. Im Jahr 2020 lag der CO₂-Preis bei 1.190 schwedischen Kronen (rund 126 US-Dollar). Angewendet wird diese Steuer auf den Verbrauch fossiler Brennstoffe wie Erdgas, Erdöl und Kohle sowie auf den jeweiligen Kohlenstoffgehalt des Energieträgers. Belegt werden damit neben der Industrie auch Bereiche der Landwirtschaft und des Verkehrs sowie Gebäude (also Heizung). Um eine doppelte Besteuerung zu vermeiden, sind die Be-

reiche, die durch den Zertifikatshandel des *EU Emissions Trading Scheme* (ETS) abgedeckt sind, von der schwedischen CO₂-Steuer ausgenommen.

Insgesamt verfügt Schweden damit über eines der weltweit ältesten und stärksten Preissignale mit der größten sektoralen Abdeckung. Der hohe Emissionspreis hat das wirtschaftliche Wachstum des Landes nicht verhindert: Die schwedische Volkswirtschaft konnte das reale (also inflationsbereinigte) Bruttoinlandsprodukt je Einwohner:in zwischen 1990 und 2019 um mehr als 50 Prozent steigern. Gleich-

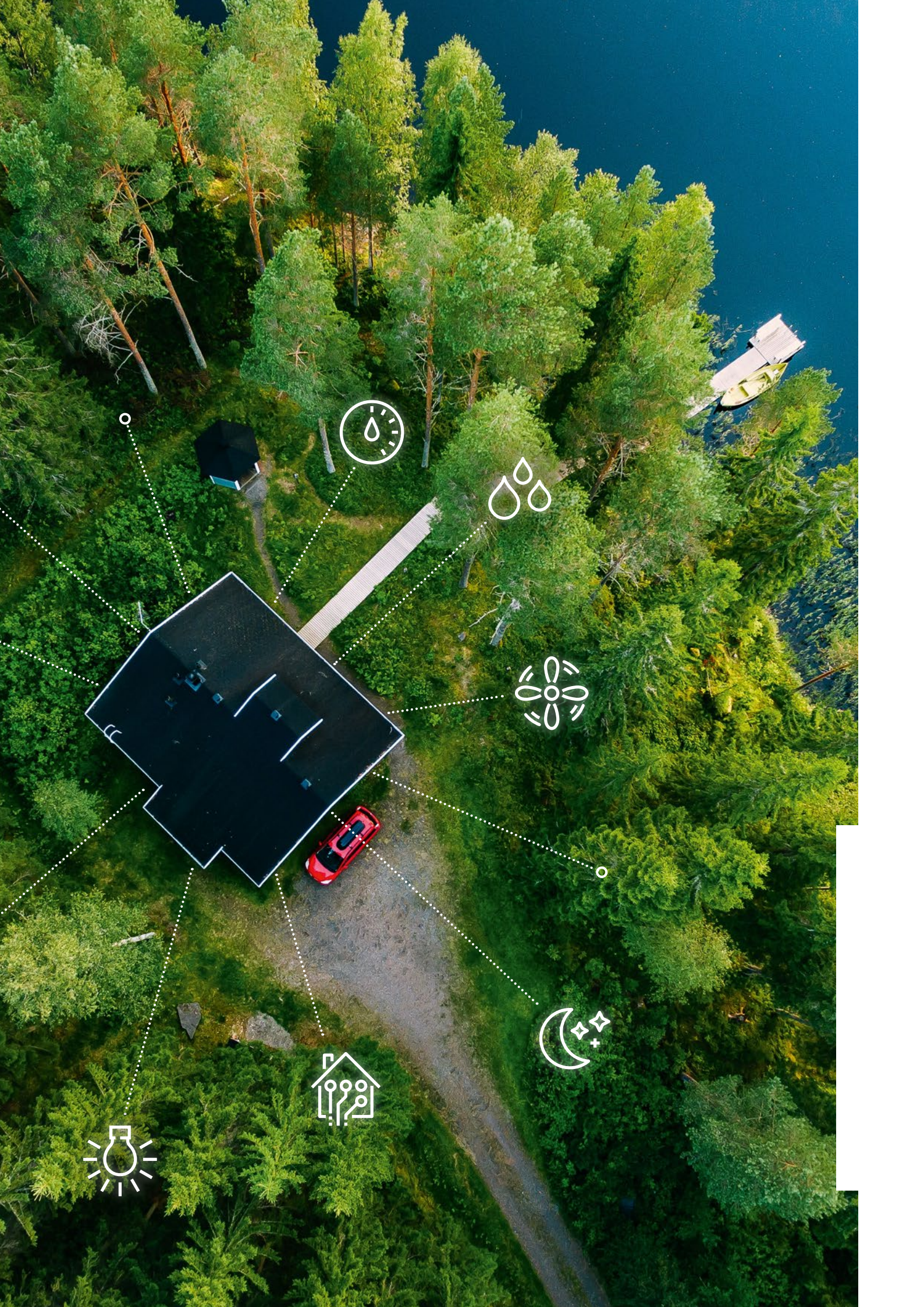
zeitig gingen die Treibhausgasemissionen zwischen 1990 und 2018 um 27 Prozent zurück. Auch wenn sich kein eindeutiger kausaler Zusammenhang zwischen dem CO₂-Preis und dem Emissionsvolumen nachweisen lässt, ist es durchaus plausibel, dass der hohe Emissionspreis einen Anreiz darstellte, auf emissionsfreie bzw. erneuerbare Energien auszuweichen, z. B. auf Wasserkraft oder Windkraft, aber auch auf Atomkraft (vgl. Deutscher Bundestag 2019: 1, Global 2000: 4–5 sowie Jonsson, Ydstedt und Asen 2020).



Digitalisierung als Chance und Risiko für den Klimawandel

- 4.1 Chancen durch die Digitalisierung zur CO₂-Reduzierung
- 4.2 Risiken durch die Digitalisierung zur CO₂-Reduzierung





4.1 Chancen durch die Digitalisierung zur CO₂-Reduzierung

Weniger Treibhausgase durch mehr Effizienz und Innovation

Die systematische Auswertung von Big Data, unterstützt durch künstliche Intelligenz, kann dazu beitragen, dass wirtschaftliche Entscheidungs- und Produktionsprozesse schneller, präziser und zuverlässiger durchgeführt werden können. Das reduziert den Ressourcenverbrauch und damit auch das Treibhausgasemissionsvolumen. Folgende Beispiele sind im Hinblick auf diese Entwicklung insbesondere zu nennen:

- **Digitale Technologien** bewirken eine Optimierung von Geschäftsprozessen und sparen dadurch Energie ein. So können beispielsweise Lieferant:innen mithilfe eines Funkmodems feststellen, wann sie Öltanks oder Getränke- und Zigarettenautomaten wieder nachfüllen müssen und so die Routen der Tanklaster bzw. Transporter optimieren (vgl. Mattern und Flörkemeier 2010: 111). Damit sinken der Energieverbrauch und das Treibhausgasemissionsvolumen.
- **Smart Products** zeichnen sich dadurch aus, dass sie Informationen zum eigenen Herstellungsprozess beinhalten und im Laufe ihrer Verwendung Daten und Informationen abspeichern können. Dazu gehören z. B. selbstfahrende landwirtschaftliche Mähdrescher, die bei der Getreideernte automatisch die Qualität der Ernte oder die Bodenbeschaffenheit erfassen. Die dort gesammelten Informationen helfen bei einer effizienteren und damit weniger energieintensiven Felderbestellung. Die Produktlebensdauer verlängert sich außerdem durch eine intelligenteren und proaktiven Wartung der Maschinen, sodass insgesamt weniger Maschinen produziert werden müssen (siehe auch Box 7).
- **Smart Homes** zeichnen sich durch die Verwendung und Vernetzung von Smart Products innerhalb des häuslichen Bereichs aus. So sorgt etwa ein automatischer Heizkörperregler mithilfe der Kombination von Sensoren dafür, dass die Raumtemperatur sich immer in einem bestimmten Bereich befindet und der Energieverbrauch je Gerät transparent wird. Dadurch sind Einsparungen bei den Energiekosten von bis zu zehn Prozent möglich (vgl. Bitkom 2020: 25).
- **Predictive Maintenance** betrifft die Auswertung von Daten von Maschinen, um diese aus der Ferne zu überwachen und zu warten (vgl. Spiekermann 2019: 17). Die vorausschauende Wartung von Maschinen erhöht deren Nutzungsdauer und verringert dadurch den Verbrauch von natürlichen Ressourcen und Energie, die für die Herstellung von Ersatzprodukten anfallen würden.
- **Dematerialisierung von Produkten:** Im Buchsektor spart die Verwendung von E-Books statt von Druckergebnissen Ressourcen ein. Allerdings muss der Energieverbrauch für den Serverbetrieb und die netzwerkfähigen Geräte ebenso gegengerechnet werden wie der Ressourcenverbrauch zur Herstellung dieser Geräte und des Netzausbaus. Außerdem kommt es auch darauf an, welcher E-Reader genau verwendet wird und wie die Buchherstellung erfolgt (mit Frischfaser oder recyceltem Papier). Eine Studie, die diese Faktoren gegenübergestellt, kommt zu dem Ergebnis, dass die Verwendung eines E-Readers bei Vielleser:innen (ab zehn Bücher pro Jahr) zu einer positiven Ökobilanz führt (vgl. Manhart et al. 2011).

- Beim **Wirtschaftskonzept der zirkulären Ökonomie** (Circular Economy) verbleiben die Stoffe, die mit der Herstellung eines Produkts verbunden sind, auch über die Lebensdauer des Gegenstands im Stoffkreislauf. Zentrale Elemente der zirkulären Ökonomie sind „die Wieder- und Weiterverwendung von Waren, das Recycling von Materialien und Stoffen sowie eine Gestaltung der Waren, die eine Kreislaufführung ohne Verluste in der Qualität ermöglicht“ (Hiebel et al. 2017: 7). Ziel ist, Abfälle, Emissionen und eine Entnahme natürlicher Ressourcen aus der Umwelt so weit wie möglich zu reduzieren. Im Idealfall wird überhaupt kein Abfall erzeugt, weil die natürlichen Rohstoffe im Rahmen des Recyclings immer wieder für die Herstellung von Produkten verwendet werden können (vgl. Wilts und v. Gries 2017: 2). Umweltökonomisch effiziente Wertschöpfungskreisläufe verlangen eine vollständige Dokumentation der Rohstoffnutzung von den verwendeten Rohstoffen und Werkstoffen über die Vorleistungen bis zu den Endprodukten – und das über alle Produktionsschritte von der Rohstoffgewinnung über die Herstellung bis zum Gebrauch und zur Zuführung zur Verwertung –, um diese Rohstoffe vollständig zu recyceln. Digitale Technologien können diese Dokumentationen unterstützen oder sogar erst möglich machen.

Insgesamt kommt eine Studie des deutschen Digitalverbandes Bitkom e. V. zu dem Ergebnis, dass sich über sieben digitale Anwendungsfelder erhebliche CO₂-Einsparungen erzielen lassen, insbesondere dann, wenn die Digitalisierung sich weiter beschleunigt (vgl. Bitkom 2020: 7).

BOX 7

Präzisionslandwirtschaft

Diese Form der Landwirtschaft beschreibt u. a. eine Bewirtschaftung, bei der digitale Technologien eingesetzt werden, um das Saatgut, Dünge- und Pflanzenschutzmittel sowie die Bewässerung bedarfsgerecht zu steuern. Sensoren erfassen die Bodenqualität und -feuchtigkeit, das Pflanzenwachstum sowie meteorologische Daten und bestimmen so das erforderliche Maß an Düngung, Kalkung und Bewässerung. Drohnen und satellitengesteuerte landwirtschaftliche Maschinen sorgen für eine punktgenaue Verteilung der erforderlichen Mengen an Düngemitteln, Pestiziden, Unkrautbekämpfungsmitteln etc. Der entsprechende Ressourceneinsatz wird minimiert, weil es zu keiner Verschwendung mehr kommt. Zudem führen diese Maßnahmen zu einem höheren Ernteertrag. Weitere Effizienzsteigerungen ergeben sich, wenn automatisierte mechanische Ernteverfahren die Früchte zum optimalen Zeitpunkt ernten – ein Verfahren, das gegenwärtig u. a. bei Äpfeln, Weintrauben, Tomaten und Erdbeeren möglich ist. Diese durch digitale Technologien unterstützten Maßnahmen erhöhen also die Ressourceneffizienz und reduzieren damit Umweltbelastungen (vgl. WBGU 2019: 211 f., Randhahn et al. 2020: 187, Bitkom 2020: 31 sowie die dort jeweils angegebene Literatur).

ABBILDUNG 5: Der Beitrag der sieben Anwendungsbereiche zum Klimaziel 2030

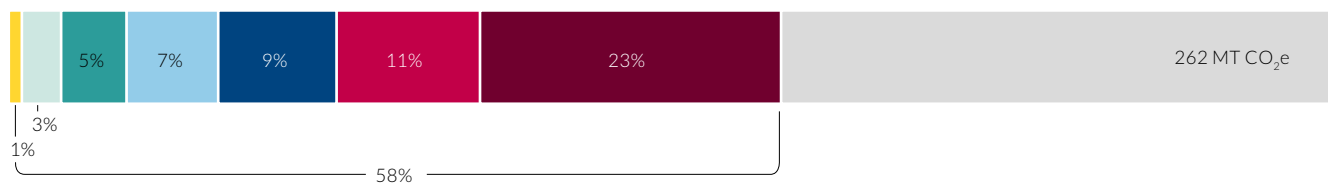
Die Anwendungsbereiche Fertigung, Mobilität, Energie und Gebäude bieten das größte Potenzial zur Emissionsreduzierung

CO₂e-Einsparpotenzial digitaler Technologien in 2030 pro Bereich in Prozent

Moderate Digitalisierung



Beschleunigte Digitalisierung



■ Gesundheit ■ Landwirtschaft ■ Arbeit & Business ■ Gebäude ■ Energie ■ Mobilität ■ Fertigung

Quelle: Bitkom 2020

| BertelsmannStiftung

Um das Klimaziel 2030 zu erreichen, müssen in Deutschland die Treibhausgasemissionen in den nächsten zehn Jahren um 262 Millionen Tonnen bzw. 262 Megatonnen (MT) CO₂e reduziert werden. CO₂e bedeutet CO₂-Äquivalent und ist eine Maßeinheit für die Mengen an Treibhausgasemissionen. Mit dieser Maß-

einheit wird die Auswirkung von weiteren Treibhausgasen wie z. B. Methan und Lachgas auf die Erwärmung in die Wirkungen von CO₂ umgerechnet. Dadurch gelingt es, die klimaschädlichen Effekte aller Treibhausgase mit einer einzigen Zahl – in diesem Fall also 262 Megatonnen CO₂e – auszudrücken.

Weniger Treibhausgase durch neue Organisationsformen

Die Digitalisierung kann das Emissionsvolumen nicht nur durch technologische Innovationen verringern, sondern auch durch organisatorische Neuerungen. Dazu gehören z. B. neue Konzepte eines ressourcenschonenden Konsums. Ein Beispiel dafür ist die **Sharing Economy**: Gebrauchsgegenstände werden mithilfe einer digitalen Vernetzung von mehreren Nutzer:innen geteilt. Dies wird als Collaborative Consumption bzw. gemeinschaftlicher Konsum bezeichnet (vgl. Fücks 2016: 316). Ein prominentes Beispiel dafür ist das **Carsharing**. Bei dieser Nutzungsform werden die Menschen Mitglied in einem Carsharing-Netzwerk, das eine bestimmte Zahl von Automobilen erwirbt. Die Netzwerkmitglieder können diese Automobile gegen die Zahlung eines Mitgliedsbeitrags und/oder einer nutzungsabhängigen Gebühr benutzen. Wenn sich mehrere Haushalte dadurch ein Auto teilen und nicht mehr jeder Haushalt ein eigenes Automobil kauft, werden weniger Autos produziert. Das verringert den produktionsbedingten Ressourcenverbrauch und damit auch das Emissionsvolumen.

Darüber hinaus kann der gemeinsame Gebrauch von Gegenständen dazu führen, dass die Verbraucher:innen ihr Konsumniveau reduzieren. Ein Beispiel: Die Inanspruchnahme eines gemeinsam genutzten Autos in einem Carsharing-Netzwerk erfordert einen zusätzlichen Organisationsaufwand: Es kostet Zeit – und möglicherweise auch Geld – die Nutzung des Autos

für einen ganz bestimmten Zeitraum zu buchen, zum Standort des Pkws zu gelangen und nach Abschluss der Fahrt den Rückweg zur eigenen Wohnung zu absolvieren. Bei einem eigenen Auto, das nur wenige Meter von der Wohnung entfernt steht, entfallen diese Kosten. Das bedeutet: Die Kosten, die mit einer einzelnen Fahrt verbunden sind, fallen bei der Mitgliedschaft in einem Carsharing-Netz höher aus als bei einem Pkw in Privateigentum. Daher ist mit einem Rückgang der Nachfrage nach Einzelfahrten zu rechnen. Tatsächlich ist festzustellen, dass in den USA im Jahr 2009 die Mitglieder von Carsharing-Netzen insgesamt rund 31 Prozent weniger fahren als vor der Mitgliedschaft in diesen Netzwerken mit ihrem privaten Automobil (vgl. Rifkin 2014: 332). Damit gehen auch die Emissionen zurück.

Ein weiterer Aspekt eines ressourcenschonenderen Konsumverhaltens betrifft **Online-Marktplätze** wie z. B. eBay. Wenn Verbraucher:innen auf diesen Plattformen nicht mehr benötigte Produkte verkaufen, anstatt sie wegzuworfen, reduziert das den Bedarf an neu herzustellenden Produkten. Wenn beispielsweise ein gebrauchtes Handy verkauft wird, muss dafür kein neues Handy produziert werden. Dadurch werden entlang der gesamten Wertschöpfungskette eines Handys 75 Kilogramm an Ressourcen eingespart (vgl. Wiltz und Fecke 2020: 5).

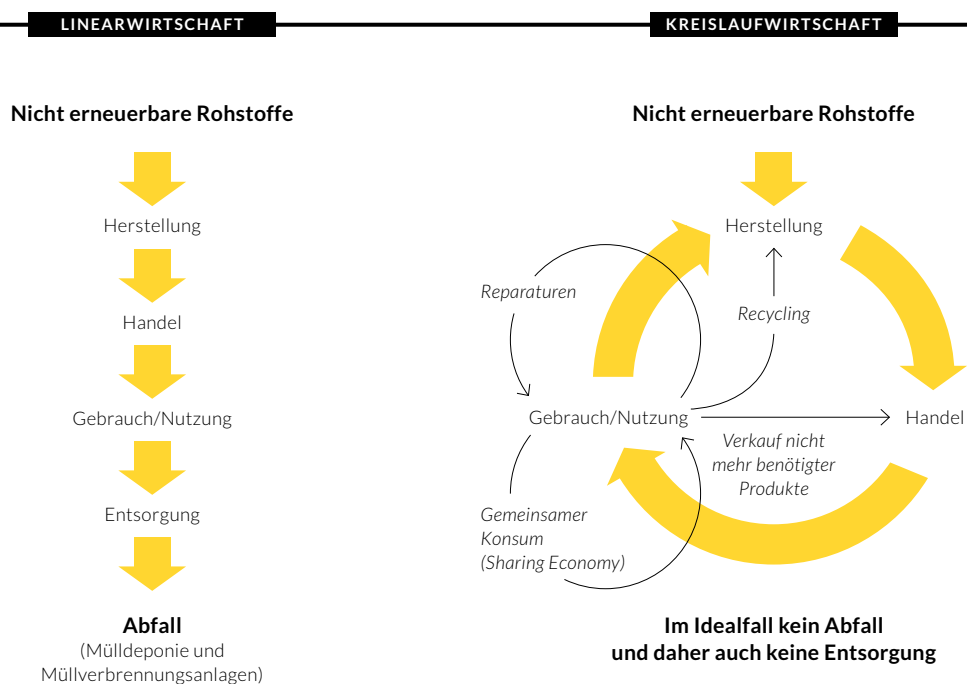
Die Sharing Economy und die Weiterverwendung eigentlich nicht mehr benötigter Produkte durch einen Weiterverkauf auf Online-Märkten ergänzen die weiter oben skizzierten Elemente der Kreislaufwirtschaft. Wie bereits erwähnt, kommt es durch einen ressourcenschonenden Konsum und die Wiederverwendung von Produkten und Rohstoffen (Recycling) im theoretischen Idealfall der Kreislaufwirtschaft zur vollständigen Vermeidung von Abfällen. Vorbild für diesen idealtypischen Verlauf der Kreislaufwirtschaft ist die

Natur, in der die wichtigsten biologischen Nährstoffe (Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff) immer wieder den Nahrungsstoffkreislauf passieren und Abfall wieder zur Nahrung wird (vgl. Braungart und McDonough 2003: 123). Das Pendant dieses Wirtschaftskonzepts ist die **Linearwirtschaft**. Bei ihr werden – wiederum im theoretischen Extremfall – die Produkte nach ihrer Nutzung entsorgt (z. B. auf Mülldeponien oder in Müllverbrennungsanlagen), sodass die ursprünglich eingesetzten natürlichen Rohstoffe unwiderruflich verloren gehen. Die Unterschiede beider Konzepte in ihrer jeweils theoretischen Ideal- bzw. Extremausprägung veranschaulicht Abbildung 6.

Digitale Plattformen helfen zudem nicht nur bei einem gemeinsamen Konsum, sondern sie unterstützen die Verbraucher:innen auch bei ressourcenschonenden Kaufentscheidungen. Durch die Bereitstellung von Informationen über z. B. den Ressourcenverbrauch, der mit der Herstellung unterschiedlicher Produkte verbunden ist, können die Konsument:innen diese Produkte online vergleichen und sich somit anhand der für sie nachhaltigkeitsrelevanten Informationen für ein ressourcenschonendes Produkt entscheiden (vgl. WBGU 2019: 172).

ABBILDUNG 6:

Idealtypische Verläufe der Linear- und Kreislaufwirtschaft



Quelle: Eigene Darstellung

| BertelsmannStiftung

Weniger Treibhausgas- emissionen durch neue Verhaltensweisen

Schließlich können digitale Technologien auch zu **ressourcensparenden Verhaltensweisen** führen. Dazu nur ein Beispiel: Mithilfe von Satellitennavigationssignalen lassen sich für Automobile, Busse und Lastkraftwagen Routen planen, mit denen sie ihre Ziele ohne Staus und mit einem geringeren Energieverbrauch erreichen können. Im Bereich der Logistik lassen sich zudem Leerfahrten vermeiden sowie Liefer Routen mit mehreren Kund:innen und schließlich auch die Frachtmenge jedes einzelnen Lkws optimieren. Ein insgesamt effizienterer Verkehrsfluss verringert zudem die Zahl der Staus, was neben der Fahrzeit auch den Energieverbrauch reduziert. Mit einem geringeren Energieverbrauch gehen die klimaschädlichen Treibhausgasemissionen zurück (vgl. Bitkom 2020: 19 sowie Friedrichsen 2017: 3).

Einschränkend ist jedoch darauf hinzuweisen, dass eine verringerte Stauwahrscheinlichkeit auch zu einer höheren Fahrleistung führen kann (vgl. Friedrichsen 2017: 3). Die Befürchtung, dass es am Wochenende zu einem erhöhten Stauaufkommen kommt, kann Personen davon abhalten, eine ursprünglich geplante Autofahrt etwa zu Verwandten oder Freizeitangeboten durchzuführen. Ist die Stauwahrscheinlichkeit allerdings geringer, wird diese Fahrt angetreten. Dieser Aspekt wird später bei den „Rebound-Effekten“ erneut aufgegriffen.

4.2 Risiken durch die Digitalisierung zur CO₂-Reduzierung

Mehr Treibhausgase durch hohen Energie- und Ressourcenverbrauch

Neben den zahlreichen emissionsreduzierenden Effekten ist jedoch auch zu berücksichtigen, dass mit der Nutzung digitaler Technologien und Geräte ein hoher Energie- und Ressourcenverbrauch einhergeht, der wiederum zu Treibhausgasemissionen führt.

In diesem Kontext ist vor allem an die **Herstellung** und an den Betrieb bzw. die **Nutzung** der für die digitalen Technologien erforderlichen Produkte zu denken. Von ebenso zentraler Bedeutung ist die **Entsorgung** von nicht mehr genutzten Geräten und Infrastrukturelementen, z. B. von Computern, Notebooks, Smartphones und weiteren Kommunikationsgeräten inklusive Bildschirmen, Routern und Druckern, sowie von physischen Produkten der Unterhaltungselektronik und von Sensoren (siehe auch Box 8). Des Weiteren sind die notwendigen **Kommunikationsnetze** (drahtlos oder mit Kabel) und die **Rechenzentren** mit ihren Servern und Netzwerken sowie den erforderlichen

Kühlungsanlagen zu berücksichtigen. Während ihres gesamten Lebenszyklus wird Energie benötigt (Herstellungenergie, Betriebsenergie und Entsorgungenergie, vgl. Friedrichsen 2017: 2–3), deren Verbrauch Treibhausgase verursacht.

Zu berücksichtigen ist zudem, dass digitale Technologien mittlerweile in **allen Lebensbereichen** anzutreffen sind. Ihr Einsatz betrifft nicht nur die ökonomischen Produktionsprozesse, sondern auch den Konsum (Online-Shopping), die Bildung (E-Learning), die politische Teilhabe und E-Governance, die elektronische Übermittlung von Steuererklärungen, das Verkehrswesen (Fahrkartenautomaten und E-Tickets), das Gesundheitswesen (telemedizinische Verfahren), die Landwirtschaft und vieles mehr bis hin zum Freizeit- und Kommunikationsverhalten der Menschen (soziale Medien, wie z. B. Facebook).

BOX 8

Ressourcenverbrauch bei der Herstellung eines Smartphones

Elektronische Geräte sind in ihrer Herstellung besonders aufwendig. Sie bestehen aus sehr vielen unterschiedlichen Komponenten, und ihre Produktion ist sehr ressourcen- und energieintensiv – besonders im Vergleich zum Energieverbrauch während der Nutzung. Laut Angabe des Herstellers entfallen bei einem Apple iPhone 12 z. B. 83 Prozent des CO₂-Fußabdrucks auf seine Produktion. Seine Nutzung schlägt mit 14 Prozent zu Buche, der Transport verursacht zwei Prozent und das Recycling weniger als ein Prozent. Über die gesamte Lebensdauer verursacht ein iPhone 12 mit der niedrigsten Speicherplatz-Konfiguration (64 Gigabyte) 70 Kilogramm CO₂-Emissionen.

Die Datenlage im Hinblick auf das mit digitalen Technologien verbundene Emissionsvolumen ist noch wenig ausgeprägt. Dennoch gibt es Berechnungen zu einzelnen Bereichen der Digitalisierung. So kommt beispielsweise eine im Jahr 2019 veröffentlichte Studie zu folgender Einschätzung: Das **Online-Videostreaming**, das für rund 60 Prozent des jährlichen weltweiten Datenverkehrs verantwortlich ist, hat 2018 Treibhausgasemissionen im Umfang von knapp 310 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten verursacht. Das entspricht in etwa dem Emissionsvolumen Spaniens bzw. einem Prozent der globalen Emissionen (vgl. The Shift Project 2019a: 4, 14). Bei derartigen Schätzungen ist jedoch zu berücksichtigen, dass das Emissionsvolumen von zahlreichen Einflussfaktoren abhängt. Dazu gehört z. B. auch die verwendete Netztechnologie. Berechnungen des Umweltbundesamtes aus dem Jahr 2020 kommen zu folgender Einschätzung: Beim Glasfasernetz führt eine Stunde Videostreaming zu Treibhausgasemissionen von zwei Gramm. Beim 5G-Netz liegt der entsprechende Wert bei fünf Gramm, beim 3G-Netz hingegen bei 90 Gramm (vgl. Umweltbundesamt 2020c: 3). Das bedeutet auch, dass sich die Treibhausgasemissionen durch den Einsatz moderner Technologien spürbar reduzieren lassen.

Der französische Thinktank „The Shift Project“ kommt insgesamt zu der Einschätzung, dass digitale Technologien gegenwärtig für rund **vier Prozent** der **weltweiten Treibhausgasemissionen** verantwortlich sind. Zum Vergleich: Der Anteil der zivilen Luftfahrt an den globalen Emissionen liegt bei rund zwei Prozent (vgl. The Shift Project 2019b: 18).

BOX 9

Emissionen von Kryptowährungen

Kryptowährungen sind virtuelles bzw. digitales Geld. Die derzeit bekannteste Kryptowährung ist der Bitcoin. Die Generierung und Übertragung von Bitcoins basieren darauf, dass Computer mathematische Aufgaben lösen und so neue Bitcoins schürfen. Dieses Bitcoin Mining verbraucht hohe Energiemengen.

Hinsichtlich des Energieverbrauchs und der damit verbundenen CO₂-Emissionen kommt eine im Februar 2020 erschienene Publikation der Landesbank Baden-Württemberg zu folgenden Einschätzungen: Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung lag der jährliche weltweite Stromverbrauch aller Bitcoin-Transaktionen bei rund 73 Terawattstunden Strom, was in etwa dem Stromverbrauch von ganz Österreich entspricht. Wenn Bitcoin ein Land wäre, läge der jährliche Energieverbrauch im Vergleich aller Länder der Welt auf Platz 40. Der damit verbundene CO₂-Ausstoß beträgt rund 34,7 Millionen Tonnen CO₂ – das entspricht in etwa dem Emissionsvolumen von Dänemark.

Und diese enormen Zahlen werden in Zukunft sicher noch ansteigen. Der Grund: Da die Schwierigkeit der zu lösenden mathematischen Aufgaben zunimmt, verbrauchen die Berechnungen zu deren Lösung zukünftig immer mehr Energie, was dann auch zu höheren Treibhausgasemissionen führt (vgl. Hoch und Zimmermann 2020: 6–9).

Mehr Treibhausgase durch den Rebound-Effekt

Zudem ist zu berücksichtigen, dass technische Effizienzsteigerungen, die den Ressourceneinsatz für die Herstellung von Produkten reduzieren, letztendlich auch zu einer Steigerung des Ressourceneinsatzes führen können. Dieses Phänomen, dass eine technische Effizienzsteigerung nicht zu der Ressourcensparung führt, die theoretisch zu erwarten ist, wird in der Umweltpolitik als **Rebound-Effekt** bezeichnet.

Rebound – zu Deutsch „Zurückspringen“ – ist eine in Prozent ausgedrückte Menge an Ressourceneinsparungen, die theoretisch zu erwarten ist, praktisch aber nicht stattfindet, weil es wegen der Effizienzsteigerung zu einer steigenden Nachfrage kommt. Der Rebound kann nur wenige Prozent betragen. Wenn er allerdings die gesamte theoretisch erwartete Ressourceneinsparung kompensiert, beträgt der Rebound 100 Prozent. Und falls es per saldo sogar zu einer Steigerung des Ressourcenverbrauchs kommt, ist der Rebound größer als 100 Prozent (vgl. Madlener und Alcott 2011: 6–11). Für derartige Effekte gibt es mehrere Ursachen, von denen die wichtigsten ökonomischer und psychologischer Natur sind.

Ökonomische Rebound-Effekte: Der geringere Einsatz von Rohstoffen bzw. natürlichen Ressourcen in der Produktion von Gütern lässt die Produktionskos-

ten sinken. Im Normalfall sinkt dann auch der zu zahlende Preis dieses Gutes. Dieser Preisrückgang hat zwei entscheidende Konsequenzen:

1. Ein geringerer Preis führt in der Regel dazu, dass die Nachfrage nach dem entsprechenden Produkt zunimmt. Unternehmen passen sich an diese höhere Nachfrage an und steigern ihre Produktion – und der gesamtgesellschaftliche Ressourcenverbrauch wächst. Diese Nachfragessteigerung kann sich sowohl auf die Nachfrage aus dem Inland als auch aus dem Ausland – also die Exporte des Inlands – beziehen.
2. Ein Preisrückgang führt dazu, dass die Kaufkraft eines gegebenen Einkommens größer wird. Wenn die Konsument:innen diese Kaufkraftgewinne für den Erwerb zusätzlicher Konsumgüter verwenden, steigt die Nachfrage nach natürlichen Ressourcen, weil sie für die Produktion der Güter benötigt werden.

Die bisher beschriebenen Rebound-Effekte sind direkt mit einer höheren Ressourcenproduktivität verbunden und können daher als **direkte ökonomische Rebound-Effekte** bezeichnet werden. Eine Zunahme des Ressourcenverbrauchs und des damit verbundenen Emissionsvolumens kann sich aber auch aus Produktivitätssteigerungen ergeben, die sich nicht auf die Ressourcenproduktivität beziehen (vgl. Santarius 2012: 15–17). Steigert sich etwa die Produktivität der volkswirtschaftlichen Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital – wobei Kapital als Sachkapital zu verstehen ist, bestehend aus Maschinen, Gebäuden, Infrastruktur etc. –, ist auch hier eine höhere Ressourcennachfrage inklusive eines höheren Emissionsvolumens möglich. Dies kann als **indirekter ökonomischer Rebound-Effekt** angesehen werden: Ein Anstieg der Arbeits- oder der Kapitalproduktivität bringt sinkende Produk-

tionskosten und so einen niedrigeren Marktpreis mit sich. Daraus ergeben sich die bereits skizzierten Nachfragesteigerungen – mit der Folge, dass der Ressourcenverbrauch und die Treibhausgasemissionen steigen.

Außerdem kann eine klimaschützende politische Maßnahme auch über **psychologische Effekte** zu einer erhöhten Nachfrage nach emissionshaltigen Produkten und Aktivitäten führen. Tilman Santarius nennt in diesem Zusammenhang drei Effekte (vgl. zu den folgenden Ausführungen Santarius 2012: 14 f. sowie die dort angegebene Literatur):

1. **Moral-Hazard-Effekt:** Wenn eine Person ein umweltfreundliches Produkt kauft, das weniger Emissionen als vergleichbare Produkte verursacht, kann das bei ihr zu der Einschätzung führen, dass eine Konsumsteigerung nun ökologisch vertretbar ist. So ließ sich beispielsweise in Japan folgende Verhaltensänderung beobachten: Personen, die nach ihrer Einschätzung ein ökologisches Auto nutzten, weiteten ihre Fahrleistung aus: Ein Jahr nach dem Erwerb dieses Pkws lag ihre zurückgelegte Fahrstrecke durchschnittlich 60 Prozent über der Strecke, die sie mit ihrem vorherigen Auto gefahren waren.
2. **Moral-Leaking-Effekt:** Kaufen und nutzen Konsument:innen ressourcenschonendere Produkte, kann dies der Auslöser dafür sein, dass sie weniger auf ein ressourcensparendes Verhalten achten, weil sie sich ja bereits umweltfreundlich verhalten haben. Wer beispielsweise eine neue energieeffiziente Heizung in der Wohnung eingebaut hat, dreht

nun den Thermostat höher, lässt die Heizung während des Lüftens an und reduziert die Temperatur nicht mehr, wenn die Wohnung während eines Wochenendausflugs mehrere Tage unbewohnt ist. Der Kauf eines umweltfreundlichen Gebrauchsgegenstands macht die Person nachlässig mit Blick auf einen – bei dem früheren, weniger umweltfreundlichen Produkt noch bestehenden – ressourcenschonenden Gebrauch dieses Produkts.

3. **Moral-Licensing-Effekt:** Der Kauf von ökologischen Produkten kann den Verbrauch anderer umweltschädlicher Produkte erhöhen, weil der Kauf emissionsintensiver Produkte (z. B. einer Fernreise mit dem Flugzeug) dadurch gerechtfertigt wird, dass mit dem vorherigen Kauf eines emissionsarmen Produkts (z. B. eines Pkws mit geringem Benzinverbrauch) bereits ein Beitrag zum Klimaschutz geleistet wurde.

Wie hoch sind nun diese Rebound-Effekte in der Realität? Leider lässt sich diese Frage nicht eindeutig beantworten, denn die derzeit vorliegenden Schätzungen zum **empirischen Ausmaß** der Rebound-Effekte kommen zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen. Die Bandbreite liegt je nach Sektor zwischen fünf und 50 Prozent, in manchen Sektoren auch bei über 100 Prozent (vgl. Madlener und Alcott 2011: 15, 27 sowie Santarius 2012: 17 f.). Eine im Auftrag des Umweltbundesamts erstellte Studie kommt zu der Einschätzung, dass die gesamtwirtschaftlichen Rebound-Effekte zwischen 50 und 100 Prozent liegen (vgl. Umweltbundesamt 2020b: 300). Aufgrund dieser **hohen Unsicherheit** ist es derzeit nicht möglich, die langfristigen Auswirkungen von Steigerungen der Ressourceneffizienz auf das Emissionsvolumen valide vorherzusagen. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

In jedem Fall ist jedoch zu berücksichtigen, dass digitale Technologien und die mit ihnen verbundenen Konsumkonzepte zu Rebound-Effekten führen, die die emissionsreduzierende Wirkung der Digitalisierung beeinträchtigen.

5



**Fünf Thesen zur
erfolgreichen
Bekämpfung des
Klimawandels**





THESE 1:

Die Preise für Treibhausgasemissionen sollten ansteigen, um den Klimawandel mit seinen schwerwiegenden ökologischen, ökonomischen und sozialen Folgen abzubremesen.

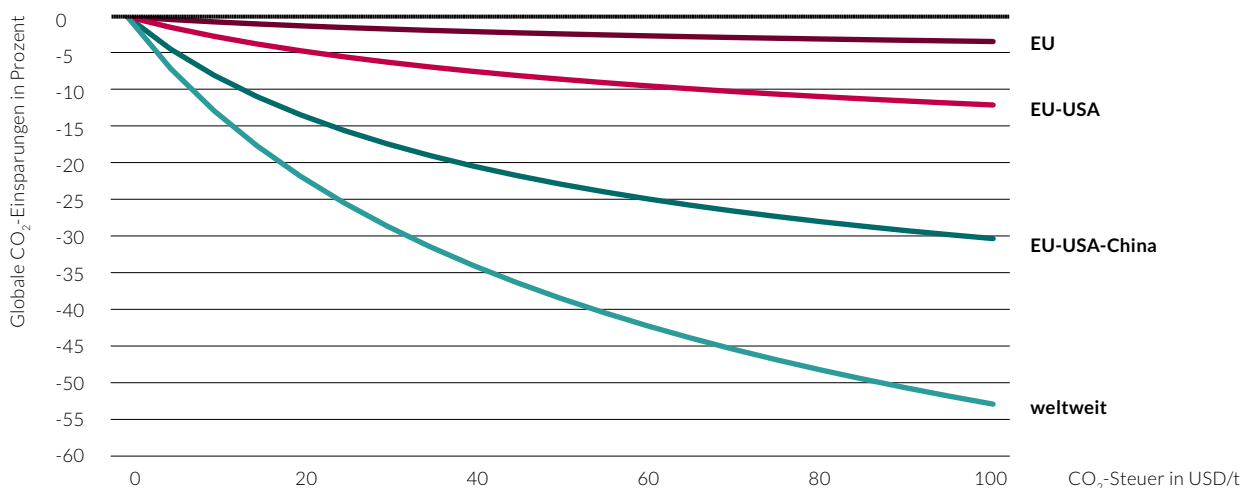
CO₂-Preise sind ein effektives Mittel zur Bekämpfung des Klimawandels, da sie einen wichtigen Anreiz dazu setzen, den Konsum von kohlenstoffreichen Gütern und Energieträgern zu senken und in neue kohlenstoffarme Technologien zu investieren. Die von der Bertelsmann Stiftung beim Kieler Institut für Weltwirtschaft beauftragte Studie zu den Auswirkungen steigender CO₂-Preise auf die globalen CO₂-Emissio-

nen und das nationale Wirtschaftswachstum kommt zu dem Ergebnis, dass eine weltweite Erhöhung der bestehenden CO₂-Preise um 50 Dollar dazu führen würde, dass der weltweite CO₂-Ausstoß um 38,6 Prozent sinkt (vgl. Felbermayr 2021). Wenn sich zumindest große Emittent:innen wie China, Europa und die USA auf eine solche Preiserhöhung innerhalb eines sogenannten „Klimaclubs“ verständigen würden, käme es immer noch zu weltweiten Einsparungen von 23 Prozent (siehe Abb. 7).

Ohne eine schnelle und signifikante Erhöhung der CO₂-Preise werden sich die globale Erwärmung und der Klimawandel nicht bremsen lassen. Je ambitionierter die Emissionsreduzierungen, desto erheblicher die Notwendigkeit von starken Emissionspreiserhöhungen. So will beispielsweise Dänemark seine CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2030 im Vergleich zu 1990 um 70 Prozent reduzieren. Damit dieses Ziel erreicht werden kann, muss der Preis für eine Tonne CO₂ schätzungsweise zwischen 200 und 250 US-Dollar liegen (vgl. Batini, Parry und Wingender 2020: 13).

ABBILDUNG 7:

Vergleich der Emissionswerte zwischen verschiedenen Klimaclubs und einem EU-Alleingang



Quelle: Felbermayr et al. 2021

THESE 2:

Der Staat sollte emissionsreduzierenden technologischen Fortschritt fördern, damit genügend Anreize dafür bestehen, in Basistechnologien zu investieren.

Treiber:innen des technologischen Fortschritts sind in einer Marktwirtschaft in erster Linie Unternehmen.¹ Für sie stellt ein höherer CO₂-Preis einen Anreiz dar, Maßnahmen zu ergreifen, die ihre Emissionen reduzieren. Verbraucher:innen unterstützen diesen Anreiz durch den Wunsch, emissionsärmere Produkte zu kaufen, um so die Konsumausgaben zu verringern. Ein Großteil des notwendigen technologischen Fortschritts zur Verringerung der Treibhausgasemissionen kann also über den Markt und Wettbewerb erfolgen, wenn Unternehmen und Verbraucher:innen mit höheren staatlichen Emissionspreisen konfrontiert werden und darauf wie skizziert reagieren. Allerdings werden nicht alle notwendigen technologischen Innovationen ganz ohne staatliche Flankierung erfolgen können.

Eine aktive Rolle des Staates ist z. B. bei den sogenannten **Basistechnologien** notwendig. Das sind Technologien, die sich in vielen Wirtschaftssektoren ausbreiten, mit der Zeit immer besser und günstiger werden und die Erfindung und Herstellung neuer Produkte erleichtern. Beispiele für solche Basistechnologien sind die Raumfahrt, die Atomkraft oder eben auch alternative Antriebe. Private Unternehmen sind häufig nicht bereit, in solche Technologien zu investieren, weil die Unsicherheiten im Hinblick auf deren wirtschaftlichen

Erfolg zu groß sind. Außerdem ist die Zeitspanne, die bis zur Marktreife und Gewinnerzielung vergeht, zu lang (vgl. Mazzucato 2014: 52, 85, 112).

Darüber hinaus haben Basistechnologien positive externe Effekte, weil sie auf viele andere Sektoren ausstrahlen. Ein positiver externer Effekt erfordert ein staatliches Eingreifen: Wenn wirtschaftliche Akteur:innen alle Kosten der Entwicklung einer Basistechnologie tragen, aber nicht für alle gesellschaftlichen Vorteile eine Gegenleistung erhalten, fallen ihre Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten – gemessen am optimalen gesellschaftlichen Niveau – zu gering aus.

Des Weiteren zeichnen sich einige emissionsärmere Technologien und Produkte durch **Netzwerkeffekte** aus. So setzt die verstärkte Nutzung von Elektrofahrzeugen voraus, dass es ein leistungsfähiges Netz von Ladesäulen gibt. Die Bereitstellung dieser Ladeinfrastruktur kann durch öffentliche Investitionen oder durch eine staatliche Förderung erfolgen (vgl. SVR 2020: 264 f.). Dies wäre ordnungspolitisch gerechtfertigt, weil diese Netzwerkeffekte wiederum einen positiven externen Effekt darstellen, der eine staatliche Förderung verlangt.

Schließlich ist noch an bereits bestehende physische Infrastrukturen mit einer langen Restlebensdauer und hohen Investitionsausgaben zu denken. Selbst wenn es emissionsärmere neue Technologien gibt, kann es betriebswirtschaftlich sinnvoll sein, noch viele Jahre an der bereits bezahlten emissionsintensiveren Infrastruktur festzuhalten. Nur so fließt das für die Investition verwendete Kapital über die jährlichen Abschreibungen wieder in das Unternehmen zurück. Ohne eine

¹ Die Ausführungen zu dieser These sind Petersen 2021b entnommen.

staatliche Flankierung unterbleibt der gesamtgesellschaftlich erwünschte Umstieg auf die emissionsärmere Technologie.

Im Ergebnis bedeutet dies, dass ein höherer CO₂-Preis zwar die privaten Anstrengungen zur Förderung des emissionsärmeren technologischen Fortschritts erhöht. Ohne eine innovationspolitische staatliche Flankierung durch Anschubfinanzierungen oder Steuererleichterungen für Investitionen in Forschung und Entwicklung ist die Transformation hin zu klimafreundlichen Technologien jedoch nicht zu erreichen.

THESE 3:

Der Staat sollte soziale Härten abfedern, indem er einkommensschwache Haushalte und Unternehmen, deren internationale Wettbewerbsfähigkeit stark leidet, finanziell unterstützt.

Die Bepreisung von Treibhausgasemissionen erhöht den Preis für alle Produkte und wirtschaftlichen Aktivitäten, die zu derartigen Emissionen führen. Das hat Konsequenzen für die Verbraucher:innen, die höhere Preise zahlen müssen und damit Kaufkraftverluste erleiden, und für die Unternehmen, deren internationale Wettbewerbsfähigkeit unter Druck gerät. Die Erhöhung des Preises für Treibhausgasemissionen hat daher **Verteilungseffekte**, die zu sozialen Spannungen führen können.

Vor allem für einkommensschwache und kleine Haushalte kann die mit einem höheren Emissionspreis verbundene Anhebung der Preise für Energie und Konsumgüter einen spürbaren Kaufkraftverlust bedeuten, denn beide Haushaltstypen geben überdurchschnittlich hohe Anteile ihres verfügbaren Einkommens für Produkte mit Treibhausgasemissionen aus (vgl. SVR 2019: 83–86). Das kann dazu führen, dass das Armutsrisiko dieser Haushalte steigt.

Auf der Unternehmensseite ergeben sich sektorale Härten für Unternehmen und die dort beschäftigten Personen (Einkommenseinbußen, Arbeitsplatzverluste). Sie betreffen vor allem Wirtschaftsbereiche mit hoher Kapitalintensität, weil ein hoher Kapitaleinsatz – gemeint ist Sachkapital, also Maschinen, Werkzeuge, Gebäude etc. – mit einem großen Energieverbrauch einhergeht, was wiederum zu hohen Treibhausgasemissionen führt. Beispiele für solche Branchen sind die Energieversorgung und die Mineralölverarbeitung sowie die Herstellung von Metallen, Glas, Papier und Holzwaren (vgl. SVR 2019: 79 f.). Hier droht den Unternehmen der **Verlust der internationalen Wettbewerbsfähigkeit**, was zu Betriebsschließungen und Arbeitslosigkeit führen kann. Immerhin ist wegen der geringen Arbeitsintensität der Produktion nur mit geringen Arbeitsplatzverlusten zu rechnen.

Wenn bestimmte Verteilungseffekte aus gesamtgesellschaftlicher Sicht nicht akzeptabel sind, werden staatliche Interventionen erforderlich. Da ein staatlicher CO₂-Preis eingeführt wird, um die Emissionen zu reduzieren, und nicht, um die Staatseinnahmen zu erhöhen, können diese Einnahmen zur Finanzierung der Kompensationsmaßnahmen verwendet werden.

Für eine politische Flankierung zur Minderung der sozialen Spannungen und Härten bieten sich verschiedene Maßnahmen an. Denkbar sind z. B. Pauschalzahlungen an Bürger:innen und an alle Unternehmen, letztere z. B. proportional zur Lohnsumme (so wie in der Schweiz), differenzierte Zahlungen an besonders schwer betroffene private Haushalte oder eine Senkung von Steuern und Abgaben. Möglich ist auch eine Verringerung

der Sozialversicherungsbeiträge. Von ihr profitieren sowohl die privaten Haushalte (weil ihr verfügbares Einkommen wächst, sofern ein Haushaltsmitglied sozialversicherungspflichtig beschäftigt ist) als auch die Unternehmen (weil sinkende Lohnnebenkosten die Produktionskosten verringern und damit die preisliche Wettbewerbsfähigkeit verbessern). Unternehmen können darüber hinaus Subventionen erhalten und von geringeren Unternehmenssteuern profitieren.

Welche Personengruppen, Branchen oder auch Regionen eine Kompensation für finanzielle Nachteile aus einem höheren CO₂-Preis bekommen sollten, ist eine Frage von gesamtwirtschaftlichen Präferenzen und Werturteilen – und lässt sich daher nicht volkswirtschaftlich oder rein wissenschaftlich beantworten. Entsprechende Entscheidungen sind von großer Tragweite und können in einer Demokratie nur im Rahmen einer gesamtgesellschaftlichen politischen Diskussion getroffen werden.

THESE 4:

Nachhaltigkeit und digitaler Fortschritt müssen stärker zusammengedacht werden.

Die Wirtschafts- und Gesellschaftswelt werden sowohl digitaler als auch nachhaltiger. Der technische Fortschritt findet immer neue Wege, Prozesse zu automatisieren, das Fortschreiten des Klimawandels macht eine Umstellung auf eine kohlenstoffarme Lebensweise immer dringender. Zu häufig werden diese beiden wichtigen Trends getrennt voneinander betrachtet. Das gilt zum einen für die Organisations- oder Unternehmens-ebene (vgl. Kiron und Unruh 2018). Zwar haben viele große internationale Konzerne mittlerweile mit den Positionen eines Chief Digital Officer (CDO) und Chief Sustainability Officer (CSO) beide Themen organisatorisch und strategisch auf Vorstandsebene verankert,

die Vernetzung zwischen beiden Bereichen ist bislang jedoch schwach ausgeprägt. Zum anderen fehlt auch auf der gesellschaftlichen Ebene eine Verzahnung beider Trends in der öffentlichen Debatte und der politischen Gestaltung. So moniert der Arbeitskreis Nachhaltigkeit des Zentrums für Digitalen Fortschritt e.V. (D64) aus Berlin zu Recht, „dass zu diesem Thema parteiübergreifend erschreckend wenig passiert“ (D64 2021). Normalerweise dominiert das **klassische Ressortdenken**: Umweltpolitik auf der einen, Digitalpolitik auf der anderen Seite.

Gerade weil Digitalpolitik aber einen großen Beitrag zur Nachhaltigkeit leisten und eine Integration von Nachhaltigkeitszielen digitale Prozesse gemeinwohlorientiert gestalten kann, müssen beide Themenfelder in Zukunft viel stärker miteinander verzahnt und zusammengedacht werden. Zumal die Corona-Pandemie mit ihrer Einschränkung von sozialen Interaktionen im analogen Raum der Digitalisierung gerade noch mal einen deutlichen Schub verliehen hat – gerade in der betrieblichen Arbeitswelt (vgl. Bertelsmann Stiftung 2020). Die Chancen dafür stehen gut, da viele Akteur:innen den Wert einer besseren Verknüpfung beider Themen als sehr hoch einschätzen. Laut einer Umfrage der Bertelsmann Stiftung sind etwa zwei Drittel der befragten Bürger:innen und Kommunalpolitiker:innen der Meinung, dass die Chancen auf eine nachhaltige Entwicklung in Städten und Gemeinden durch die fortschreitende Digitalisierung steigen, insbesondere in den Bereichen Wirtschaft und Digitalisierung (vgl. Bertelsmann Stiftung 2017: 51 f.). Auch 55 Prozent der kleinen und mittelständischen Unternehmen in Deutschland bewerten Digitalisierung als Chance für mehr Nachhaltigkeit in ihrem Betrieb (vgl. B.A.U.M. und DBU 2020).

THESE 5:

Die internationale politische Rahmensetzung für die neue Globalisierung, wie ausländische Direktinvestitionen und Technologietransfers, benötigt mehr Aufmerksamkeit.

Das aktuelle Ausmaß der internationalen Arbeitsteilung basiert auf betriebswirtschaftlichen Entscheidungen und politischen Rahmensetzungen, die die negativen externen Effekte von Treibhausgasemissionen nicht ausreichend berücksichtigen. Zukünftig werden jedoch mehr und mehr Staaten diese Emissionen bepreisen. Dadurch steigen die Kosten der internationalen Arbeitsteilung, sodass der grenzüberschreitende Warenhandel weniger lohnend ist und daher zurückgehen dürfte. Durch die Einpreisung der Kosten, die mit der Nutzung fossiler Energien und den daran gekoppelten Treibhausgasemissionen verbunden sind, kommt es also zu einem Rückgang der internationalen Arbeitsteilung und des grenzüberschreitenden Warenhandels. Dieser **Deglobalisierungstendenz** stehen jedoch auch Entwicklungen gegenüber, die die ökonomische Globalisierung forcieren.

Auch wenn höhere Transportkosten den Export von Waren reduzieren, können Unternehmen ihre Produkte weiter im Ausland verkaufen, indem sie Produktionsanlagen vor Ort errichten. Dieser Trend des regionalen Zusammenrückens von Produktion und Verbrauch ist durch die Digitalisierung bereits im Gange. So gibt es eine Reihe von Unternehmen in Industrieländern, die einen ursprünglich in Niedriglohnländern verlagerten Standort wieder in das ehemalige Heimatland zurückverlagert haben (vgl. Petersen 2020: 202–205).

Ursachen für diese Verlagerungen sind bisher neben Kostengründen auch Qualitätsargumente und raschere Reaktionsmöglichkeiten auf die Wünsche der Endverbraucher:innen. Die negativen Erfahrungen mit der Unterbrechung der globalen Lieferketten im Zuge der Corona-Pandemie dürften diesen Trend ebenso forcieren wie höhere CO₂-Preise.

Zukünftig ist dabei nicht nur die Rückverlagerung von Produktionsschritten in Hochlohnländer zu erwarten, sondern auch der verstärkte Erwerb und Aufbau von Produktionskapazitäten in Ländern, in die einheimische Unternehmen jetzt noch exportieren. Neben der Einsparung von Transport- und Emissionskosten lassen sich dadurch auch protektionistische Maßnahmen umgehen.

Im Ergebnis ist daher mit einer **Verkürzung der Wertschöpfungsketten** zu rechnen. Das bedeutet aber keinesfalls das Ende der Globalisierung: An die Stelle des grenzüberschreitenden Warenaustauschs treten nun ausländische Direktinvestitionen, also grenzüberschreitende Kapitalströme inklusive eines Technologietransfers (vgl. auch van der Marel 2020).

Die bestehenden Regeln und Institutionen der internationalen Wirtschaft stammen aus dem Zeitalter der klassischen Globalisierung. Sie haben sich zwar stetig weiterentwickelt, aber vor allem in großen Organisationen, in denen umfassende Reformen auf qualifizierte Mehrheiten oder manchmal sogar Einstimmigkeit angelegt sind, nur langsam und nicht ausreichend.

Das gilt besonders für die Welthandelsorganisation (WTO). Vielleicht überraschen die Verhandlungsführer:innen am Ende aber ausnahmsweise positiv: Die Vorarbeiten zu Abkommen über den elektronischen Handel (E-Commerce) und über Investitionsförderung sind so weit fortgeschritten, dass ein Durchbruch auf der kommenden Ministerkonferenz Ende des Jahres in Genf greifbar scheint.

Executive Summary

Heat waves, forest fires, heavy rain, floods, hurricanes – the year 2021 has demonstrated how much climate change threatens living conditions on earth. To slow it down, greenhouse gas emissions must be reduced significantly. A key instrument for this is a higher price for these emissions. It reduces activities that cause emissions and at the same time increases the incentives to push the development and use of low-emission technologies. The **pricing of CO₂ emissions** thus has a **steering function**: It is intended to encourage economic actors to produce fewer CO₂ emissions. CO₂ or carbon dioxide is a synonym for all man-made greenhouse gases that are harmful to the climate.

Technological changes take time and are therefore “only” a medium- or long-term benefit of increased CO₂ pricing.

In the short term, CO₂ emissions go down because consumers demand fewer products and activities containing CO₂. Companies adapt to lower demand, so production, real gross domestic product (GDP) and employment decline. In addition, because of higher CO₂ prices, companies drive technological progress to increase resource and energy efficiency. This improvement makes it possible for a given quantity of goods to be produced with a lower resource input – and thus with a lower volume of emissions. However, technological changes take time and are therefore “only” a medium- or long-term benefit of increased CO₂ pricing.

Digital technologies play a central role in emission-saving technological progress, as they bring about an **optimization of numerous production and business processes**. Digitalization can reduce the volume of emissions not only through technological innovations, but also through organizational innovations. These include, for example, new concepts of resource-conserving consumption such as the sharing economy.

However, the use of digital technologies also causes additional emissions, which must be set against the greenhouse gas emissions saved. The emission sources are primarily the production and use of digital devices, the construction and use of data centers (servers and networks in the centers, including the necessary cooling), and the construction and use of the necessary communication networks (wireless or cable).

In addition, technological efficiencies can also lead to higher resource use: If a technological advance reduces the resources needed to manufacture certain products, their price usually falls as well. Consumers therefore increase their demand for these products. This in turn causes an increase in production – and thus also in greenhouse gas emissions. These phenomena are known as rebound effects.

Against the background of these developments, we see **five policy recommendations**:

1. Prices for greenhouse gas emissions should increase in order to slow down climate change with its severe ecological, economic and social consequences.
2. The state should promote emission-reducing technological progress so that there are sufficient incentives to invest in basic technologies.
3. The state should cushion social hardships by providing financial support to low-income households and companies whose international competitiveness suffers greatly.
4. In companies and in the public debate, the link between digitalization and sustainability issues should be considered more closely.
5. The international institutional framework for the “new globalization” – such as foreign direct investment and technology transfers – needs more attention.

Literatur

- Anderson, J. J. (2019). „Carbon Taxes and CO₂ Emissions: Sweden as a Case Study“. *American Economic Journal: Economic Policy* (11) 4, 1–30.
- Batini, N., I. Parry und P. Wingender (2020). *Climate Mitigation Policy in Denmark: A Prototype for Other Countries*. cesifo Working Papers. München.
- B.A.U.M. und DBU (2020). *nachhaltig.digital Monitor 2020. Nachhaltigkeit & Digitalisierung – Befragung zum Status quo im Mittelstand*. Hamburg/Osnabrück.
- Bertelsmann Stiftung (2020). *Leben, Arbeit, Bildung 2035+*. Gütersloh.
- Bertelsmann Stiftung (2017). *Monitor Nachhaltige Kommune*. Schwerpunktthema Digitalisierung. Gütersloh.
- Bitkom (2020). *Klimaeffekte der Digitalisierung – Studie zur Abschätzung des Beitrags digitaler Technologien zum Klimaschutz*. Berlin.
- Borsky, S. (2020). *Internationaler Handel, Klimapolitik und Carbon Leakage*. Policy Brief Nr. 45 (Mai 2020) des Kompetenzzentrums „Forschungsschwerpunkt Internationale Wirtschaft“. Wien.
- Braungart, M., und W. McDonough (2003). *Einfach intelligent produzieren*. Berlin.
- D64 – Zentrum für Digitalen Fortschritt (2021). *Nachhaltigkeit gehört in den Quellcode der Digitalisierung*. <https://d-64.org/category/nachhaltigkeit/>
- Deutscher Bundestag (2019). „Zur CO₂-Bepreisung in Schweden“. Kurzinformation der Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages. Berlin.
- Deutscher Bundestag (2006). „Clean Development Mechanism als Instrument der Entwicklungspolitik“. Ausarbeitung der Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages. Berlin.
- Felbermayr, G., H. Mahlkow, S. Peterson und J. Wanner (2021). *EU-Klimapolitik, Klimateams und CO₂-Grenzausgleich*. Kurzstudie des Instituts für Weltwirtschaft im Auftrag der Bertelsmann Stiftung. Gütersloh.
- Friedrichsen, N. (2017). *Kurzstudie: Potenziale der Digitalisierung für den Klimaschutz*. Working Paper „Sustainability and Innovation“, No. 512/2017. Fraunhofer ISI. Karlsruhe.
- Fücks, R. (2016). *Intelligent wachsen – Die grüne Revolution*. Bonn.
- Global 2000 (2019). *Klimapolitik ausgewählter Staaten – Beispiele aus Schweden, Finnland, Dänemark und der Schweiz*. Wien.
- Hiebel, M., J. Bertling, J. Nühlen, H. Pflaum, A. Somborn-Schulz, M. Franke, K. Reh und S. Kroop (2017). „Studie zur Circular Economy im Hinblick auf die chemische Industrie“. Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT (Hrsg.). Studie im Auftrag des Verbands der Chemischen Industrie, Landesverband NRW. Oberhausen.
- Hoch, F., und G. Zimmermann (2020). *Die Nachhaltigkeit der Digitalisierung – Daten sind das „neue Öl“ und sind gleichfalls umweltschädlich*. Stuttgart.
- Jonsson, S., A. Ydstedt und E. Asen (2020). „Looking Back on 30 Years of Carbon Taxes in Sweden“. *Tax Foundation Fiscal Fact No. 727*. Washington, DC.
- Kiron, D., und G. Unruh (2018). *The Convergence of Digitalization and Sustainability*. <https://sloanreview.mit.edu/article/the-convergence-of-digitalization-and-sustainability/>
- 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.
- Manhart, A., E. Brommer und J. Gröger (2011). *PROSA E-Book-Reader – Entwicklung der Vergabekriterien für ein klimaschutzbezogenes Umweltzeichen*. Studie im Rahmen des Projekts „Top 100 – Umweltzeichen für klimarelevante Produkte“. Öko-Institut e. V. Freiburg.
- Mattern, F., und C. Flörkemeier (2010). „Vom Internet der Computer zum Internet der Dinge“. *Informatik-Spektrum* (33). 107–121.
- Mazzucato, M. (2014). *Das Kapital des Staates: Eine andere Geschichte von Innovation und Wachstum*. München.
- Mideksa, T. K. (2021). „Pricing for a Cooler Planet: An Empirical Analysis of the Effect of Taxing Carbon“. *CEifo Working Paper 9172*. München.
- Nicoll, N. (2016). *Adieu, Wachstum! Das Ende einer Erfolgsgeschichte*. Marburg.
- Petersen, T. (2021a). *CO₂ zum Nulltarif? Warum Treibhausgasemissionen einen Preis haben müssen*. Bertelsmann Stiftung (Hrsg.). Gütersloh 2021.
- Petersen, T. (2021b). „CO₂-Preis und Ressourcenproduktivität im Zeichen des Klimaschutzes“. Beitrag auf dem Blog „Inclusive Productivity“. <https://inclusive-productivity.de/co2-preis-und-ressourcenproduktivitaet-im-zeichen-des-klimaschutzes/>
- Petersen, T. (2020). *Diginomics verstehen – Ökonomie im Licht der Digitalisierung*. München.
- Petersen, T. (2018). „Bruttoinlandsprodukt“. *Das Wirtschaftsstudium* (47). 1209–1212.
- Petersen, T. (2011). „Ökonomische Grenzen des Wachstums“. *Wirtschaftswissenschaftliches Studium* (40). 250–253.
- Pies, I. (2020). *Joe Kaeser, Luisa Neubauer und die Moral der Klimapolitik: Ordonomische Reflexionen zur Wirtschafts- und Unternehmensethik*. Diskussionspapier No. 2020-02, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Lehrstuhl für Wirtschaftsethik. Halle (Saale).
- Rahmstorf, S., und H. J. Schellnhuber (2007). *Der Klimawandel*. 5. Auflage. München.

Randhahn, A., J. Kerbusch, M. Gaaß und M. Richter (2020). „Digitalisierung – Segen oder Fluch für den Klimaschutz?“. Wittpahl, V. (Hrsg.). Klima. Berlin und Heidelberg. 180–194.

Rifkin, J. (2014). Die Null Grenzkosten Gesellschaft. Frankfurt a. M./New York.

Ritchie, H., und M. Roser (2017). „CO₂ and Greenhouse Gas Emissions“. Our World in Data. <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>

Santarius, T. (2012). „Der Rebound-Effekt: Über die unerwünschten Folgen der erwünschten Energieeffizienz“. Impulse zur WachstumsWende No. 5. Wuppertal.

Schmelzer, M., und A. Vetter (2019). De-growth/Postwachstum zur Einführung. Hamburg.

Spiekermann, M. (2019). „Chancen und Herausforderungen in der Datenökonomie“. Aus Politik und Zeitgeschichte 69:24–26. 16–21.

Statistisches Bundesamt (2019). Umweltnutzung und Wirtschaft – Tabellen zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen. Teil 1: Gesamtwirtschaftliche Übersichtstabellen, Wirtschaftliche Bezugswerte – Ausgabe 2019. Wiesbaden 2019.

Stern, N. (2008). „The Economics of Climate Change“. American Economic Review: Papers & Proceedings (98) 2. 1–37.

SVR (Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung) (2020). Corona-Krise gemeinsam bewältigen, Resilienz und Wachstum stärken – Jahresgutachten 2020/21. Wiesbaden.

SVR (Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung) (2019). Aufbruch zu einer neuen Klimapolitik – Sondergutachten. Wiesbaden.

The Shift Project (2019a). Climate Crisis: The unsustainable use of online video – The practical case study of online video. Ohne Ort.

The Shift Project (2019b). Lean ICT – towards digital sobriety. Ohne Ort.

Umweltbundesamt (2020a). Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2020 – Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2018. Dessau-Roßlau.

Umweltbundesamt (2020b). Ansätze zur Ressourcenschonung im Kontext von Postwachstumskonzepten – Abschlussbericht. Dessau-Roßlau.

Umweltbundesamt (2020c). „Klimawirkung von Videostreaming & Co.“. Hintergrundinformation, Stand: 7. September 2020. Dessau-Roßlau.

Umweltbundesamt (2018). Die Nutzung natürlicher Ressourcen – Bericht für Deutschland 2018. Dessau-Roßlau.

van der Marel, Eric (2020). Globalisation isn't in Decline: It's changing. ECIPE Policy Brief Nr. 6. Brüssel.

WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (2019). Unsere gemeinsame digitale Zukunft. Berlin.

Wilts, H., und M. Fecke (2020). ReUse und Secondhand in Deutschland. Bericht des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie gGmbH. Wuppertal.

Wilts, H., und N. von Gries (2017). Der schwere Weg zur Kreislaufwirtschaft. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH. Wuppertal.

World Bank Group (2021). State and Trends of Carbon Pricing 2021. Washington, DC.

IMPRESSUM

© 2021 Bertelsmann Stiftung
 Bertelsmann Stiftung
 Carl-Bertelsmann-Straße 256
 33311 Gütersloh
 Telefon +49 5241 81-0
www.bertelsmann-stiftung.de

Verantwortlich

Andreas Esche
 Ralph Müller-Eiselt

Autoren

Thieß Petersen
 Thomas Rausch

Lektorat

Paul Kaltefleiter, Bielefeld

Grafikdesign

FORMBA Editorial & Design

Bildnachweis

S. 1: Shutterstock/Alones,
 S. 4: Kai Uwe Oesterhelweg (1) und
 Fotostudio Clemens (1),
 S. 8: Curioso.Photography – stock.adobe.com,
 S. 14: Golden eagle – stock.adobe.com,
 S. 24: Shutterstock/Ekaterina Kondratova und Shutterstock/davooda,
 S. 36: Hien Phung – stock.adobe.com

DOI 10.11586/2021079
<https://doi.org/10.11586/2021079>

Druck

Hans Gieselmann Druck und
 Medienhaus GmbH & Co. KG

Adresse | Kontakt

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

Dr. Thieß Petersen
Senior Advisor
Programm Megatrends
Telefon: +49 5241 81-81218
E-Mail: thiess.petersen@bertelsmann-stiftung.de

www.bertelsmann-stiftung.de/megatrends