

## Szenariobasierte Bewertungseffekte am Aktienmarkt durch Treibhausgasemissionen

*Die Erwartungen von Investoren und Marktakteuren entscheiden in starkem Maße über die Bewertung von Unternehmen. Dies schließt Erwartungen über den künftigen Pfad des CO<sub>2</sub>-Preises ebenso ein, wie Erwartungen darüber, wie stark ein Unternehmen in Reaktion auf ansteigende Emissionskosten seine Emissionen durch eine Anpassung der Technologie vermindern kann. In dem Fall, dass sich die Erwartungen von einem Szenario, in dem die nationalen Klimaschutzzusagen umgesetzt werden, hin zu einem Szenario verschieben, das im Einklang mit den weitreichenderen Pariser Klimazielen steht, gingen damit zum Teil deutliche Bewertungsänderungen einher. Insbesondere ist damit zu rechnen, dass Unternehmen entsprechend ihres ökologischen Fußabdrucks und ihrer Kostentragfähigkeit neu bewertet werden.*

*Dieser Aufsatz stellt einen einfachen Indikator vor, der die emissionsbezogenen Wertänderungen von Aktiengesellschaften abschätzt, die sich aus den geänderten Szenarien ergeben. Dabei wird ein mehrstufiges Dividendenbarwertmodell mit unternehmensindividuellen Treibhausgasemissionen sowie mit Szenariodaten aus einem multiregionalen Integrierten-Assessment-Modell (IAM) verknüpft. Das hier verwendete IAM modelliert unter anderem detailliert die Energiesysteme der einzelnen Weltregionen und lässt temporär unterschiedliche regionale Klimapolitiken zu. Unter bestimmten Annahmen liefert das vorgestellte Maß eine Risikoindikation für die Tragfähigkeit szenarioabhängiger Kosten direkter Treibhausgasemissionen. In diesem Rahmen deuten die Ergebnisse für 5 285 Aktiengesellschaften aus verschiedenen Ländern darauf hin, dass ein Großteil unter ihnen infolge eines Umschwungs der Erwartungen hin zu einem Übergang in eine Paris-konforme Niedrigkarbonwirtschaft nur geringe emissionsbezogene Wertverluste in Kauf nehmen müsste. Dem stehen substanzielle Werteinbußen für einen Teil der Unternehmen mit hohen Emissionskosten beziehungsweise geringer Kostentragfähigkeit gegenüber – insbesondere in Geschäftsfeldern, die auf fossile Energieträger ausgerichtet sind. Klimabezogene Wertänderungen und die Frage eines klimabezogenen Strandens bestimmter Vermögenswerte dürften in Zukunft daher eine wichtige Rolle an den Finanzmärkten spielen.*

*Klimawandel  
und Klimapolitik  
beeinflussen den  
Unternehmens-  
sektor*

## ■ Einleitung

Die Konzentration von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) in der Atmosphäre hat in den letzten 50 Jahren um mehr als 25% zugenommen. Gleichzeitig war ein Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur zu beobachten. Es ist inzwischen wissenschaftlicher Konsens, dass die zunehmende atmosphärische CO<sub>2</sub>-Konzentration auf menschliches Handeln zurückzuführen ist und dass zwischen der CO<sub>2</sub>-Konzentration und dem Temperaturanstieg ein kausaler Zusammenhang besteht. Eine Vielzahl anerkannter Klimamodelle befasst sich deshalb mit Szenarien künftiger Emissionen von CO<sub>2</sub> und anderen Treibhausgasen. Im Kern geht es bei diesen Szenarien darum, welche Emissionspfade mit welchen Klimawirkungen und Temperaturanstiegen assoziiert sind.<sup>1)</sup>

Einhergehend mit den sich mehrenden Anzeichen des Klimawandels strahlt dieser wissenschaftliche Konsens zunehmend auf die gesellschaftlichen und politischen Debatten aus. Mit Blick auf die Treibhausgasemissionen besteht weitgehend Einigkeit darin, dass diese reduziert werden sollten, um die Erderwärmung abzubremesen. Ausfluss dieses Konsenses sind insbesondere das Pariser Klimaschutzabkommen (COP21) sowie zuletzt die UN-Klimakonferenz in Glasgow (COP26) und nationale Klimaschutzgesetzgebungen.

Der Unternehmenssektor zählt zu den größten Emittenten von Treibhausgasen. Politikeingriffe, die zum Ziel haben, die Emissionen zu verringern, wirken sich daher in starkem Maße auch auf Unternehmen aus. Die hier vorgestellte Analyse schätzt ab, wie sich klimapolitische Maßnahmen – hier in Form langfristiger CO<sub>2</sub>-Preispfade – auf den Wert von Unternehmen auswirken. Der Aufsatz fokussiert auf emissionsbezogene Bewertungseffekte am Aktienmarkt, die mit einem Strukturwandel hin zu einer CO<sub>2</sub>-ärmeren Produktion einhergehen können. Kommt es beispielsweise zu einer auf die Pariser Klimaziele ausgerichteten Klimapolitik, in deren Folge auf eine Niedrigkarbonwirtschaft übergegangen wird, legen die hier vorgestellten

Ergebnisse nahe, dass sich die Bewertungen für einen Großteil der Unternehmen wenig verändern werden. Für einen Teil der Unternehmen kommt es aber zu deutlichen Verschiebungen, und für einige Unternehmen nimmt das Insolvenzrisiko erheblich zu (Stranded Assets).<sup>2)</sup> Der in dieser Analyse vorgeschlagene Indikator ist bewusst einfach gehalten. Ausgeklammert werden dabei unternehmensindividuelle Kosten der Emissionsvermeidung. Ebenso werden die Effekte des fortschreitenden physischen Klimawandels wie etwa Schäden durch Extremwetterereignisse nicht beachtet.

Ein wichtiges Steuerungselement der Politik ist der Preis für CO<sub>2</sub>-Emissionen, der auch für andere Treibhausgasemissionen (ausgedrückt in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten) Anwendung findet. Er dürfte Dreh- und Angelpunkt eines klimaverträglichen Strukturwandels sein.<sup>3)</sup> Der Pfad für den CO<sub>2</sub>-Preis bestimmt zugleich das Tempo, in dem sich die Relativpreise karbonintensiver Produkte und Leistungen verschieben. Die Relativpreisverschiebung setzt damit Anreize, Geschäftsmodelle und Produktionsprozesse umzustellen sowie Lieferketten anzupassen. Zentral ist es dabei, die Nutzung CO<sub>2</sub>-armer Energieträger zu erreichen. Auch in dem im Folgenden verwendeten multiregionalen klimaökonomischen Modell kommt dem CO<sub>2</sub>-Preis eine entscheidende Bedeutung zu.

*CO<sub>2</sub>-Preis  
notwendig für  
klimaverträg-  
lichen Struktur-  
wandel*

## ■ Klimaökonomische Modelle und verwendete Klimaszenarien

Für eine gemeinsame Modellierung des Klimasystems, des Wirtschaftssystems und der Energie- sowie Landnutzungssysteme wird häufig auf sogenannte multiregionale Integrierte-Assessment-Modelle (IAM) zurückgegriffen. Sie er-

*Notwendigkeit  
von Klima-  
szenarien*

<sup>1</sup> Vgl. etwa: Rogelj et al. (2019).

<sup>2</sup> Zum Begriff des „Strandens“ von Vermögenswerten siehe S. 68.

<sup>3</sup> So forderte der Sachverständigenrat in einem einschlägigen Sondergutachten 2019, in der Klimapolitik den CO<sub>2</sub>-Preis zum Kernelement zu machen. Vgl.: Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (2019).

möglichen es, Szenarien für das Klimasystem in Abhängigkeit von der klimapolitischen Ausrichtung und den ökonomischen Gegebenheiten darzustellen – insbesondere in Bezug auf die Nutzung fossiler sowie nicht fossiler Energieträger. Treibende Faktoren sind dabei die verschiedenen Emittenten von CO<sub>2</sub> und anderen Treibhausgasen sowie deren Emissionspfade. Solche Szenarien dienen als wesentliche Stütze klimapolitischer Entscheidungen. Es reicht nicht aus, historische Daten zu analysieren, um künftige klimabezogene Risiken adäquat beurteilen zu können: Sowohl der durch das Verbrennen fossiler Energieträger verursachte Klimawandel als auch das Bestreben, karbonintensive Volkswirtschaften in Niedrigkarbonökonomien zu überführen, sind historisch ohne Beispiel.

Um politikrelevante klimaökonomische Szenarien zu errechnen, verwenden Klimaforschungsinstitute in der Regel IAM-Modelle, die unterschiedliche regionale Entwicklungen erlauben und die wichtigsten Sektoren prozessgenau abbilden. Die Modellergebnisse dienen dann unter anderem als Input für ökonomische Modelle der Zentralbanken. Harmonisierte Szenarien aus solchen Modellen bilden beispielsweise auch die analytische Grundlage für die Arbeiten im Rahmen des Network for Greening the Financial System (NGFS), einem weltweiten Zusammenschluss von Zentralbanken und Aufsichtsbehörden.<sup>4)</sup> Als Basisszenario wird in den entsprechenden Szenarien regelmäßig der Fall eines „Business as usual“ betrachtet, in dem verstärkte klimapolitische Anstrengungen gänzlich ausbleiben. Ein alternatives, etwas optimistischeres Basisszenario der Modelle besteht darin, dass die Entscheidungsträger die nationalen Klimaschutzzusagen (sog. Nationally determined contributions) vollständig umsetzen.<sup>5)</sup>

Entsprechende Szenarien kommen zu dem Ergebnis, dass die bisherigen Klimaschutzzusagen der Staatengemeinschaft nicht ausreichen, um die Pariser Klimaziele zu erreichen.<sup>6)</sup>

Auf der Klimakonferenz COP26 im November 2021 wurde dies deutlich. Es ist deswegen nicht

ausgeschlossen, dass künftige Regierungen übereinkommen, ambitioniertere klimapolitische Maßnahmen zu ergreifen. Daher wird in Szenarioanalysen oft dem oben genannten optimistischeren Basisszenario nationaler Klimaschutzzusagen ein klimapolitisches Szenario gegenübergestellt, in dem die Emissionen von CO<sub>2</sub> und anderen Treibhausgasen so bepreist werden, dass diese im Einklang mit dem Pariser Klimaschutzabkommen deutlich zurückgeführt werden. Eines dieser Szenarien ist „Net Zero 2050“. Es bezeichnet den Fall, dass weltweit die Gesellschaften heute beginnen, ihre Wirtschaften in geordneter Weise zu Niedrigkarbonwirtschaften umzugestalten, sodass bis zum Jahr 2050 die Nettoemissionen von CO<sub>2</sub> auf null zurückgehen.

In den IAM-Modellen maximieren die repräsentativen Akteure dabei ihren Nutzen unter Einhaltung der Beschränkung der kumulativen CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie anderer Treibhausgasemissionen. Diese haben im Szenario „Net Zero 2050“ einen Umfang, der mit dem Temperaturziel von 1,5 °C vereinbar ist. Die regionalen Treibhausgasemissionen sind endogenes Ergebnis dieser Maximierung. Implizit wird damit angenommen, dass die Unternehmen in ihren Produktionsplänen den Energiemix so festlegen, dass die Energiekosten – abhängig von der regionalen Ressourcenverfügbarkeit – minimal sind.<sup>7)8)</sup>

*Klimaszenario „Net Zero 2050“ im Mittelpunkt ...*

*... mit endogenen Verringerungen der Treibhausgasemissionen*

4 Vgl.: NGFS (2021a, 2021b) sowie den NGFS Scenario Explorer (unter [www.iiasa.ac.at](http://www.iiasa.ac.at)). Seit dem 15. Dezember 2021 besteht das NGFS aus 105 Mitgliedsinstitutionen und 16 Beobachtern.

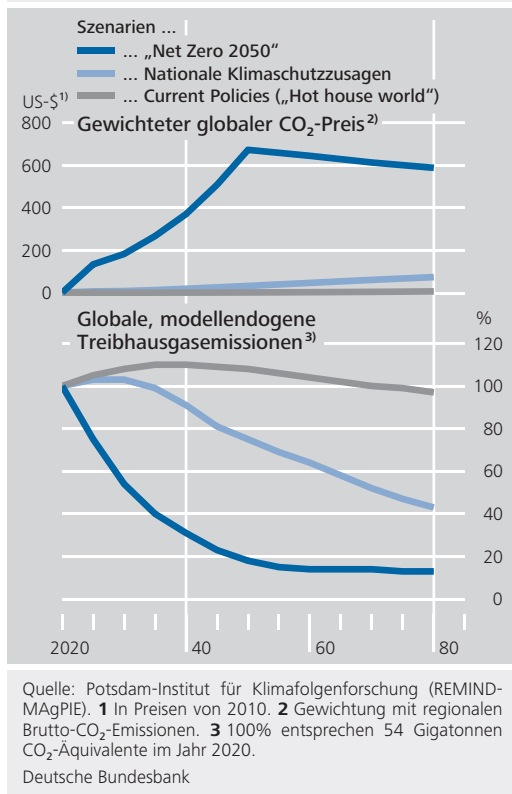
5 Die Implementierung der nationalen klimapolitischen Zusagen in IAM-Modellen basiert auf Roelfsema (2020), für eine Beschreibung der nationalen Klimaschutzzusagen vgl.: United Nations Framework Convention on Climate Change (2021).

6 Vgl. etwa: Boehm et al. (2021).

7 Nach 2050 gibt es in diesem Szenario zwar weiterhin in geringem Umfang globale CO<sub>2</sub>-Emissionen; diese werden jedoch durch einen entsprechenden Entzug von CO<sub>2</sub> ausgeglichen. Ein kostenminimales Handeln, das auch eine regional unterschiedliche CO<sub>2</sub>-Bepreisung erlaubt, ist Merkmal der Klasse der sog. Cost-Effectiveness-Modelle. Vgl. etwa: Luderer et al. (2015) oder Glanemann et al. (2020).

8 Vermittelt durch den CO<sub>2</sub>-Preis ergeben sich zum Erreichen dieses Temperaturziels kosteneffiziente Pfade für die Preise von Energieträgern und Treibhausgasemissionen. Vgl.: Kriegler et al. (2013), Kriegler et al. (2015), Riahi et al. (2015), Riahi et al. (2017) sowie Rogelj et al. (2018).

### CO<sub>2</sub>-Preise und Pfade der Treibhausgasemissionen in ausgewählten Szenarien



Große CO<sub>2</sub>-Preisunterschiede zwischen den Szenarien

Wie groß die Unterschiede zwischen solchen Szenarien sind, wird in den im oben stehenden Schaubild abgetragenen Zeitpfaden für den CO<sub>2</sub>-Preis und für die globalen Treibhausgasemissionen aus einer typischen Simulation eines der im NGFS verwendeten IAM-Modelle deutlich. So steigt der globale Durchschnitt des CO<sub>2</sub>-Preises im Szenario „Net Zero 2050“ bereits zwischen 2020 und 2025 stark an, während er in den übrigen Szenarien bis 2030 nahe null verharrt. Entsprechend steigen die globalen Treibhausgasemissionen bis 2030 weiter an, während sie im Szenario „Net Zero 2050“ nach 2020 rasch sinken. Innerhalb dieses Paris-konformen Szenarios werden, wie in allen im NGFS verwendeten Szenarien, regional unterschiedliche CO<sub>2</sub>-Preispfade und damit verbundene Emissionsreduktionen zugelassen (siehe Schaubild auf S. 67). Dabei wird auch den unterschiedlichen Ausgangsbedingungen mit Blick auf die Nutzung der einzelnen Energiequellen Rechnung getragen.

Im Folgenden wird auf Projektionen des Basis-szenarios nationaler Klimaschutzzusagen und eines Paris-konformen Klimaszenarios („Net Zero 2050“) in dem Modell REMIND<sup>9)</sup> zurückgegriffen, das vom Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung entwickelt wurde. Wie in anderen international anerkannten und renommierten Modellen dieser Klasse von IAM-Modellen geht es im Kern um die Projektion einer Vielzahl ökonomischer, energiebezogener, physikalischer und klimarelevanter Größen über lange Zeiträume – in der Regel bis zum Ende des 21. Jahrhunderts. Auf der Grundlage dieser Modellprojektionen wird die Frage untersucht, welche Bewertungseffekte am Finanzmarkt auftreten können, wenn die klimapolitischen Erwartungen von dieser Basislinie zum Klimaszenario „Net Zero 2050“ „umschlagen“ sollten.

Hier im Fokus: REMIND-MAGPIE-Modell

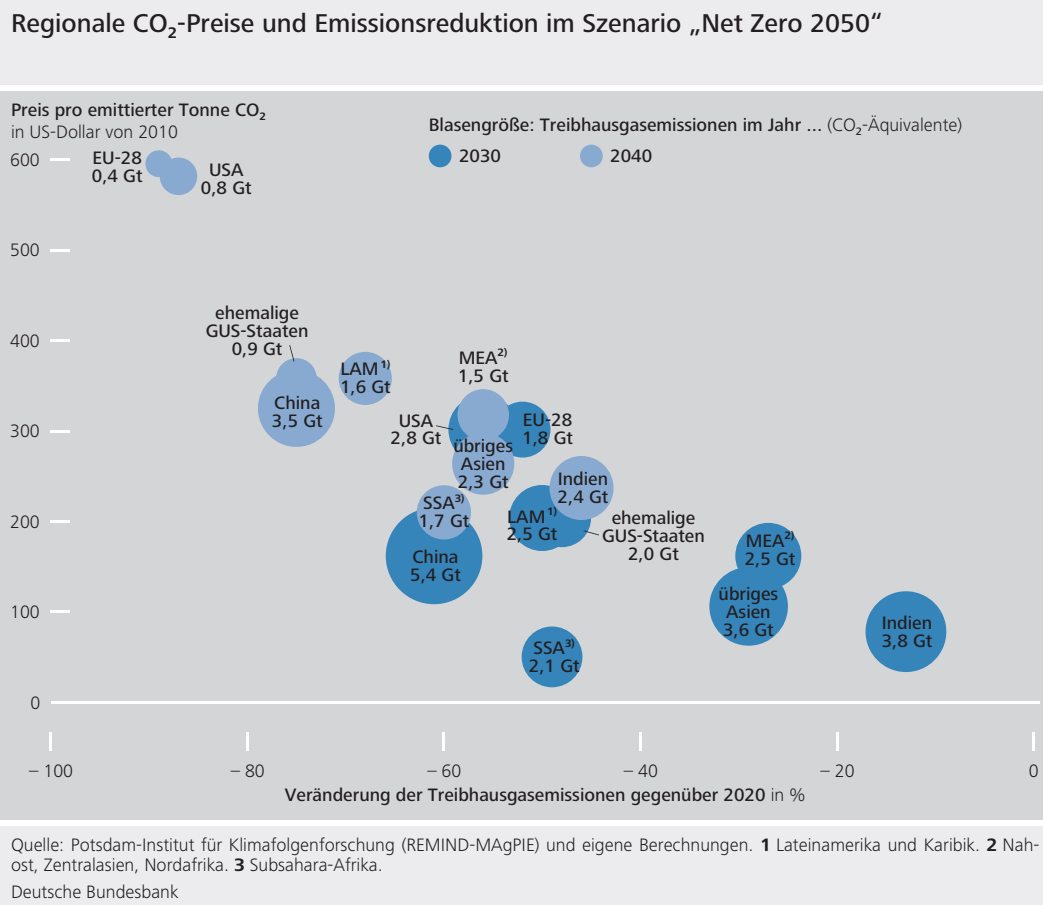
Das REMIND-Modell ist ein globales allgemeines Gleichgewichts- und Wachstumsmodell. Dieses geschlossene Modell mit zwölf Regionen besteht aus einem makroökonomischen Kern sowie prozessbasierten Modellierungen des Energiesektors samt aller relevanter Treibhausgasemissionen.<sup>10)</sup> Das Energiemodul wird dabei über die Energienachfrage und die Energiekosten mit dem makroökonomischen Kern verbunden. Über eine globale Lernkurve ist endogener technologischer Fortschritt hin zu klimafreundlicher Energieproduktion möglich. Das REMIND-Modell kann mit einem Landnutzungsmodell namens MAGPIE gekoppelt werden.<sup>11)</sup>

REMIND-MAGPIE-Modell ist ein globales allgemeines Gleichgewichtsmodell

<sup>9</sup> Zum REMIND-Modell (Regional Model of Investments and Development) vgl.: Baumstark et al. (2021).

<sup>10</sup> Die Modellierung des Klimasystems einschl. der Temperaturabschätzung findet dabei nicht innerhalb des REMIND-Modells statt, sondern in einem angedockten Modell. Für NGFS-Szenarien wird dabei das Modell MAGICC6 verwendet, vgl.: Meinshausen et al. (2011).

<sup>11</sup> Vgl.: Dietrich et al. (2019). Landnutzungsmodelle wie MAGPIE kombinieren ökonomische und biophysikalische Ansätze, um räumlich explizite globale Szenarien der Landnutzung (insbesondere des Anbaus von verschiedenen Erntepflanzen als Nahrung, Futter und Bioenergie sowie Weide- und Forstwirtschaft) im 21. Jahrhundert sowie der Wechselwirkungen mit der Umwelt zu simulieren. Um gemeinsame Transitionspfade aus Energie- und Landnutzungssystemen in Verbindung mit dem makroökonomischen Kern zu ermitteln, wird das REMIND-Modell daher entweder mit Landnutzungseumulatoren oder in einem iterativen Prozess mit dem eigenständigen Landnutzungsmodell MagPIE gekoppelt.



Annahme global koordinierter klimapolitischer Maßnahmen

In dem Szenario „Net Zero 2050“ wird die Annahme getroffen, dass die einzelnen Weltregionen in dem Zeitraum zwischen 2020 und 2025 beginnen, ihr klimapolitisches Vorgehen zu koordinieren. Dabei starten die meisten Regionen zunächst mit unterschiedlich hohen CO<sub>2</sub>-Preisen, die sich nach und nach (bis 2050) einem gemeinsamen Pfad annähern. Das REMIND-MAGPIE-Modell erlaubt die internationale Handelbarkeit eines aggregierten Gutes, der fossilen Energieträger sowie von Bioenergie. Mechanismen – wie etwa Grenzausgleichsmechanismen – gestatten es dabei, dass unterschiedliche regionale CO<sub>2</sub>-Preise erhoben werden, ohne dass dies dazu führt, dass sich Handelsbeziehungen verschieben. CO<sub>2</sub>-preisinduzierte Wettbewerbsverzerrungen beziehungsweise Verlagerungen von Emissionen in Drittstaaten – die sogenannte Leckage von Kohlenstoff (Carbon Leakage) – können bei energieintensiven Gütern daher ausgeschlossen werden.<sup>12)</sup> Unterschiedliche CO<sub>2</sub>-Preise und eine Koordinierung regionaler Klimapolitiken stehen also nicht im

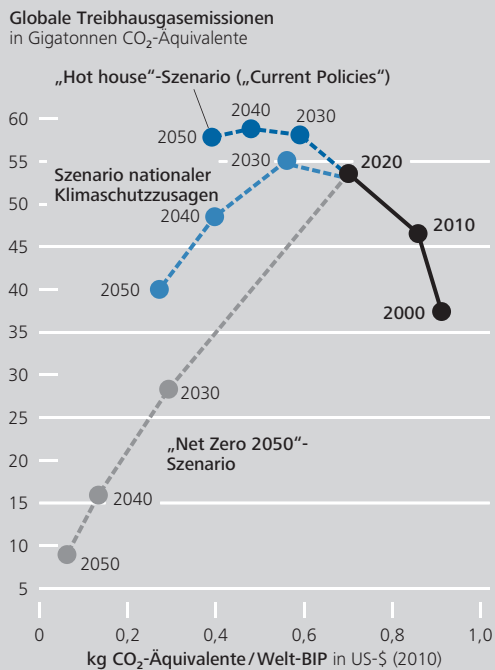
Widerspruch: Vor dem Hintergrund, dass erhebliche Transfers notwendig wären, um die erforderlichen Dekarbonisierungsleistungen bei gleichen CO<sub>2</sub>-Preisen zu erreichen, werden eine anfängliche Preisdifferenzierung und schrittweise Konvergenz in Kauf genommen.<sup>13)</sup>

Auf der Grundlage des Modells REMIND-MAGPIE illustriert das Schaubild auf Seite 68 den Zusammenhang zwischen den globalen Treibhausgasemissionen und ihrem Verhältnis zur globalen Wirtschaftsleistung (in Preisen von 2010) für unterschiedliche klimapolitische Szenarien. Es zeigt sich, dass in einem Basisszenario, in dem klimapolitische Anstrengungen global unverändert bleiben („Business as usual“), Emissionsreduktionen trotz einer gewissen Verringerung der Emissionsintensität praktisch ausbleiben, und die Erderwärmung nicht verlang-

*Erhebliche Verringerung der Emissionsintensität notwendig, um auf einen Paris-konformen Emissionspfad einzuschwenken*

12 Im REMIND-Modell gibt es lediglich ein leichtes Carbon Leakage durch Preiseffekte bei fossilen Energieträgern.  
 13 Vgl.: Bauer et al. (2020).

### Relative Dekarbonisierung in den verschiedenen Szenarien



Quellen: Weltbank (World Development Indicators), Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (REMIND-MAGPIE) und eigene Berechnungen.  
 Deutsche Bundesbank

kade von 700g auf 290g CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro realem US-Dollar Wirtschaftsleistung sinken und bis 2040 weiter auf 130g zurückgehen. Während die historischen Intensitätsreduktionen in erster Linie auf einer verbesserten Energieeffizienz beruhten, lässt sich eine derart rasche Verringerung nur erreichen, wenn die Energieversorgung auf klimafreundliche Technologien – hauptsächlich auf Basis von erneuerbaren Energieträgern – umgestellt wird.

Das Szenario der nationalen Klimaschutzzusagen dient im Folgenden als Basisszenario, da angenommen wird, dass es die derzeitigen Markterwartungen gut abbildet.<sup>15)</sup> Dies geschieht vor dem Hintergrund bestehender empirischer Befunde. Diese liefern Hinweise darauf, dass Treibhausgasemissionen die Finanzmarktpreise von Unternehmen in gewissem Umfang beeinflussen. Jedoch liegen bislang keine Anhaltspunkte vor, dass die Unternehmensbewertungen auf breiter Front mit einem Paris-konformen Transitionsszenario im Einklang wären.

*Nationale Klimaschutzzusagen als Basisszenario*

samt wird (im Median plus 3,1 °C bis zum Jahr 2100).<sup>14)</sup>

*Im Fokus: Vergleich der Bewertungseffekte unter unterschiedlichen klimapolitischen Erwartungen*

In dem alternativen Basisszenario, in dem angenommen wird, dass die bis Ende 2020 gemachten nationalen Klimaschutzzusagen umgesetzt werden, ist die Reduktion der Emissionsintensität – die Höhe der Treibhausgasemissionen im Verhältnis zur Wirtschaftsleistung – stärker, so dass die Emissionen absolut gesehen ab 2030 in gewissem Umfang abnehmen (Erderwärmung im Median bei 2,4 °C bis zum Jahr 2100). Beide Basisszenarien lassen sich mit einer ambitionierten globalen Klimapolitik entsprechend den Pariser Klimazielen vergleichen: Wie das oben stehende Schaubild zeigt, ist hier eine starke Verringerung der Treibhausgasemissionen und damit der Emissionsintensität notwendig, um die Erderwärmung im Median auf 1,5 °C zu begrenzen. In einem „Net Zero 2050“-Szenario steigen die CO<sub>2</sub>-Preise bereits in den kommenden Jahren so stark an, dass die emittierten Treibhausgase in der laufenden De-

## Klimarisiken und Stranded Assets

Sogenannte Stranded Assets werden derzeit verstärkt als mögliche Begleiterscheinung des Klimawandels diskutiert. Von einem Stranden eines Vermögenswertes vor dem Ende seiner – zum Investitionszeitpunkt erwarteten – ökonomischen Nutzungsdauer wird dann gesprochen, wenn dieser Vermögenswert keinen wirtschaftlichen Ertrag mehr erzielen kann und damit einen kompletten Wertverlust erleidet. Im Zusammenhang mit dem Klimawandel können Wertverluste von physischen Schäden herrühren, durch regulatorische Eingriffe oder den Strukturwandel verursacht werden. So kann es

*Merkmale von Stranded Assets*

<sup>14</sup> Vgl. Schaubild auf S. 75.

<sup>15</sup> Im Modell REMIND-MAGPIE wird unterstellt, dass die Wirtschaftsakteure vollständige Voraussicht in dem jeweiligen Szenario haben, in dem sie als Akteure auftreten. Innerhalb der beschriebenen Szenarien wird kein plötzlicher Umschwung der Erwartungen modelliert.

zu – möglicherweise abrupten – Wertverlusten kommen, wenn bereits getätigte Investitionen aufgrund unerwarteter Politikmaßnahmen oder extremer Wetterereignisse unrentabel werden.

Mit Blick auf einen „grünen“ Strukturwandel beziehungsweise den Übergang in eine Niedrigkarbonökonomie kann allerdings – ganz im Sinne einer schöpferischen Zerstörung – ein Stranden bestimmter Geschäftsmodelle erforderlich sein, wenn es darum geht, dass an den Finanzmärkten die Mittel für notwendige Investitionen effizient eingesetzt werden.

„Unburnable carbon“

Es gibt eine breite Literatur, in der potenzielle Wertverluste von Vermögensgegenständen durch den Klimawandel untersucht werden. Meinshausen et al. (2009) diskutierten die „Stranded Assets“-Hypothese, indem sie aufzeigten, welche begrenzte Menge an CO<sub>2</sub> noch bis 2050 emittiert werden könne, um mit einer hohen Wahrscheinlichkeit die globale Erwärmung bis 2100 auf unter 2 °C zu beschränken. Aus diesen Berechnungen folgt, dass ein substantieller Teil der vorhandenen Lagerbestände fossiler Energieträger im Boden verbleiben müsste („unburnable carbon“). McGlade und Ekins (2015) zeigten, dass von 2010 bis 2050 ein Drittel der Ölreserven, die Hälfte der Gasreserven und über 80 % der Kohlereserven nicht gefördert werden dürften, um das Zwei-Grad-Ziel zu erreichen. Um einen Temperaturanstieg von 1,5 °C mit 50 %iger Wahrscheinlichkeit nicht zu überschreiten, müssten laut Welsby et al. (2021) sogar fast 60 % der Öl- und Gasreserven sowie 90 % der Kohlereserven im Boden bleiben.<sup>16</sup> Dies hätte zur Folge, dass ein substantieller Teil der fossilen Vermögenswerte wertlos würde.

## Methodisches Vorgehen zur Quantifizierung emissionsbezogener Wertänderungen und potenziell strandender Werte

In der Literatur werden verschiedene Ansätze zur Quantifizierung klimabezogener Wertände-

rungen von Vermögenswerten vorgeschlagen. So besteht ein Ansatz darin, Projektionen der oben genannten gesamtwirtschaftlichen Klimaszenarien in ein großes makroökonomisches Modell wie etwa NiGEM<sup>17</sup>) einzuspeisen und in einem ersten Schritt Ländereffekte für die Wertschöpfung und die Aktienkurse (Eigenkapitalpreis) innerhalb eines gegebenen Transitionszenarios zu bestimmen.<sup>18</sup>) Die resultierenden Verläufe werden in einem zweiten Schritt mit den Ergebnissen eines Sektormodells verknüpft, um einzelnen Wertpapieren abhängig vom Sektor des Emittenten Bewertungseffekte zuzuordnen, die durch den Wechsel von einem Basiszenario zu einem ambitionierteren Transitionszenario entstehen.

Einen anderen Weg beschreiben Battiston et al. (2017) sowie Roncoroni et al. (2021). Sie untersuchen das Risiko-Exposure in institutionellen Portfolios und beantworten auf dieser Grundlage die Frage, wie sich klimapolitische Risiken im Finanzsystem ausbreiten. Die Autoren verwenden dabei eine eigene Sektorklassifizierung (sog. Climate Policy Relevant Sectors).<sup>19</sup>) Mit Blick auf die Aktienbewertung schlagen Battiston et al. (2021) vor, den Dividendenpfad eines Unternehmens proportional zum Output abzuschätzen. Den künftigen Output modellieren sie wiederum in Abhängigkeit vom betrachteten Klimaszenario. Durch den Vergleich dieses Pfades mit dem Pfad in einem Basiszenario ermitteln die Autoren Wertänderungen auf der Unternehmensebene.

Ansätze auf Unternehmensebene

<sup>16</sup> Um dieses Ziel zu erreichen, müsse Welsby et al. (2021) zufolge bis 2050 die globale Öl- und Gasförderung um 3 % pro Jahr abnehmen. Dies würde wiederum viele in Betrieb genommene sowie in Planung befindliche Projekte der fossilen Energieproduktion unrentabel machen.

<sup>17</sup> NiGEM (National Institute Global Econometric Model) ist ein makroökonomisches Mehrländermodell des National Institute of Economic and Social Research. <https://nimodel.niesr.ac.uk>.

<sup>18</sup> Vgl.: Vermeulen et al. (2018), Allen et al. (2020), Banque de France (2021), ECB/ESRB (2021) sowie Deutsche Bundesbank (2021). Abweichend von den Annahmen im „Net Zero 2050“-Szenario wird in der letztgenannten Untersuchung unterstellt, dass die Einnahmen aus der CO<sub>2</sub>-Bepreisung nicht für die Finanzierung öffentlicher Investitionen verwendet werden, sondern einer Reduzierung der Einkommensteuern dienen.

<sup>19</sup> Vgl.: [www.finexus.uzh.ch/en/projects/CPRS.html](http://www.finexus.uzh.ch/en/projects/CPRS.html).

Top-down-Ansatz

*Hier gewählter  
szenario-  
basierter Ansatz*

Im Folgenden wird ein alternativer, innovativer Ansatz vorgeschlagen, der auf individueller Unternehmensebene ansetzt. Wie beschrieben lässt sich in klimaökonomischen Szenarien abbilden, auf welchen Wegen die Pariser Klimaziele erreichbar sind. Vor diesem Hintergrund wird ein szenariobasierter Wertänderungsindikator entwickelt, der an den Kosten direkter Treibhausgasemissionen ansetzt, die sich nicht-finanziellen Unternehmen zurechnen lassen, und diese in Beziehung zu den unternehmensindividuellen Dividendenerwartungen setzt. Zudem werden Projektionen der gesamtwirtschaftlichen Wertschöpfung in den einzelnen Weltregionen sowie der Nutzung einzelner fossiler und nicht fossiler Energieträger berücksichtigt. Ziel ist es dabei, Finanzmarktimplikationen eines Paris-konformen klimapolitischen Handelns zu quantifizieren, indem auf Projektionen von IAM-Modellen zurückgegriffen wird.

## Konstruktion eines szenariobasierten Wertänderungsindikators

### Dividendenbarwertmodell als Ausgangspunkt

Grundsätzlich bestimmen die Erwartungen der Marktteilnehmer über die klimapolitischen Pfade der Staatengemeinschaft und die Anpassungsfähigkeit der Unternehmen darüber, ob es zu einer adäquaten Differenzierung der Marktbewertungen und Finanzierungsbedingungen zwischen emissionsarmen und emissionsintensiven Geschäftsmodellen kommt.<sup>20)</sup> Vor diesem Hintergrund werden in der hier beschriebenen Analyse in einer ersten Annäherung die Bewertungseffekte quantifiziert, die sich für ein Unternehmen durch einen angenommenen Umschwung von einer erwarteten Umsetzung nationaler Klimaschutzzusagen hin zum Paris-konformen Szenario „Net Zero 2050“ ergeben. Unwägbarkeiten über die globale CO<sub>2</sub>-Preisentwicklung, die sich in entsprechenden Unsicherheiten an den Finanzmärkten niederschlagen, werden hier indes ausgeklammert.<sup>21)</sup>

*Markterwartungen bestimmen über Preisdifferenzierung entlang der Treibhausgasemissionen*

Mithilfe eines Dividendenbarwertmodells, das lange Horizonte mitberücksichtigt, lässt sich der Wert von Unternehmen unter den eingangs erwähnten Szenarien berechnen. Im Mittelpunkt steht hier die Wertänderung der einzelnen Unternehmen infolge des oben genannten Umschwungs in den klimapolitischen Erwartungen der Marktteilnehmer. Als Referenzwert des Unternehmens wird sein Aktienkurs zum Basiszeitpunkt (hier: Ende 2020) zugrunde gelegt. Annahmegemäß entspricht dieser dem Barwert des künftigen Dividendenstroms, der bei Umsetzung der bisherigen nationalen Klimaschutzzusagen erreicht wird. Diesem Aktienkurs wird die Unternehmensbewertung gegenübergestellt, die sich ergibt, wenn das „Net Zero 2050“-Szenario umgesetzt wird. Der hier betrachtete Wertänderungsindikator bezeichnet den Unterschied zwischen diesen beiden Werten. Ein solches Maß für den Wertabstand zwischen den Szenarien dürfte auch aus Investorensicht relevant sein, wenn es darum geht, das Rückschlagpotenzial für einzelne Unternehmen beziehungsweise ein potenzielles „Stranden“ von Vermögenswerten abzuschätzen (siehe hierzu auch die Erläuterungen S. 72 ff.).

*Szenariobasierte Wertermittlung auf Basis eines Dividendenbarwertansatzes*

Damit dieser Indikator für jedes Unternehmen berechnet werden kann, müssen zunächst mehrere Annahmen getroffen werden. So wird beispielsweise angenommen, dass die Unternehmen die Energiequellen entsprechend ihrer im Modell REMIND-MAGPIE im Zeitverlauf unterlegten Produktionstechnologie substituieren und in der Energieversorgung auf klimafreundliche Technologien umsteigen können.<sup>22)</sup> Im Ergebnis sind die Treibhausgasemissionen das Resultat eines Energiekostenkalküls des reprä-

*Annahme an die Produktionstechnologie und Substitutionselastizitäten ...*

<sup>20</sup> So zeigen Dunz et al. (2021) sowie Battiston et al. (2021), dass sich die Bepreisung der Transitionsrisiken von Unternehmen in Abhängigkeit von Markterwartungen ändert – etwa in Form veränderter Kapitalkosten.

<sup>21</sup> Vgl. dazu etwa: Gollier (2021).

<sup>22</sup> Dabei unterstellt das Modell für das Bruttoinlandsprodukt jeder Region eine („Nested CES“-)Produktionsfunktion mit konstanten Substitutionselastizitäten, bei welcher der Produktionsfaktor Energie wiederum aus Inputs der Sektoren Gebäude, Industrie und Transport besteht. Diese sind selbst von eigenen Elastizitäten der Substitution zwischen einzelnen fossilen und nicht fossilen Energieträgern abhängig.



sentativen Unternehmens. Tendenziell sind Unternehmen bei steigenden CO<sub>2</sub>-Preisen bemüht, relativ teurer werdende emissionsintensive Energieträger durch emissionsärmere Energieträger zu ersetzen. Vereinfacht ausgedrückt besteht das Optimierungskalkül der Unternehmen darin, solange zu dekarbonisieren, wie die unternehmensindividuellen Vermeidungskosten der letzten emittierten Tonne CO<sub>2</sub> geringer sind als der CO<sub>2</sub>-Preis.

*... und den Dividendenpfad*

Eine weitere Annahme betrifft den erwarteten Dividendenpfad. Der in dieser Analyse gewählte Ansatz berücksichtigt kurzfristige unternehmensspezifische Dividendenerwartungen aus Umfragen sowie erwartete langfristige Bruttodividenden, die sich proportional zur modellierten Wirtschaftsleistung entwickeln. Die langfristigen Bruttodividenden werden dabei um die geschätzten Kosten der direkten Treibhausgasemissionen des Unternehmens vermindert.<sup>23)</sup> Daraus ergibt sich der Nettodividendenpfad.

*Annahme über die Region*

In der vorliegenden Untersuchung wird unterstellt, dass die regionenspezifischen Fortschritte bei der Verringerung der Emissionsintensität auf der Unternehmensebene mitvollzogen werden. Die in dieser Analyse betrachteten Unternehmen sind in 75 Ländern aus verschiedenen Weltregionen angesiedelt und produzieren dort unter den jeweiligen nationalen Klimaschutzpolitiken. Um den Indikator zu berechnen, wird die Annahme getroffen, dass die Unternehmen unter den im REMIND-MAGPIE Modell unterstellten regionalen Gegebenheiten arbeiten. Unternehmen werden dabei jeweils einer der zwölf Regionen zugeordnet, in der die Muttergesellschaft ihren Sitz hat. Somit wird vereinfachend unterstellt, dass auch die Treibhausgasemissionen dieses Unternehmens vollständig in der Region des Sitzlandes entstehen.

*Annahme über die Kostenüberwälzung*

Schließlich wird im Basisszenario unterstellt, dass die Unternehmen nicht oder nur teilweise in der Lage sind, höhere CO<sub>2</sub>-Preise auf die Verbraucher zu überwälzen. Um die Bandbreite der möglichen Wirkungen abzuschätzen, werden im Rahmen dieser Analyse zwei Fälle unter-

schieden: Zum einen der Fall ohne Kostenüberwälzung, und zum anderen der Fall einer 80%igen Überwälzung. Im erstgenannten Fall schmälern anfallende Emissionskosten in vollem Umfang den Gewinn und entsprechend die Dividenden. Sind die Emissionskosten im Basis-szenario bereits in den Dividendenerwartungen reflektiert, so ist im „Net Zero 2050“-Szenario nur der Anteil der Kosten von den Dividenden abzuziehen, der die Kosten im Basisszenario übersteigt.

Im Ergebnis bestimmen damit zwei Faktoren den Nettodividendenpfad des Unternehmens: Die Abweichung der Wertschöpfungspfade vom Basisszenario und die emissionsbezogenen Mehrkosten, die sich infolge der verbleibenden Emissionen ergeben (vgl. Erläuterungen auf S. 72 ff.). Die Nettodividendenpfade berücksichtigen dabei abhängig von der Datenverfügbarkeit auch, in welchem Umfang Unternehmen Umsätze daraus erzielen, dass sie fossile Energieträger oder daraus gewonnene Elektrizität verkaufen.<sup>24)</sup>

Werden die szenariospezifischen Nettodividenden mit dem gleichen (hier: unternehmensindividuellen) Zins diskontiert wie im Basisszenario, so lassen sich aus dem Vergleich des resultierenden Barwertes mit dem tatsächlichen Aktienkurs Bewertungseffekte ableiten. Zur Barwertermittlung dienen hier die unternehmensindividuellen impliziten Eigenkapitalkosten, die zum Basiszeitpunkt unter Verwendung des Basisszenarios und des aktuellen Aktienkurses von den Anlegern gefordert werden. Die resultierenden

*Unternehmensspezifische Diskontierung der Dividenden*

<sup>23</sup> Der hierfür erforderliche Emissionspfad startet mit den aktuellen (berichteten oder geschätzten) Emissionen des Unternehmens und entwickelt sich annahmegemäß proportional zur szenariospezifischen Dekarbonisierung. Neben den Wachstumsraten der modellierten Emissionen bestimmt die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Preise den künftigen Kostenverlauf des Unternehmens. Fortschritte bei der Verringerung der Emissionsintensität (gemäß Schaubild auf S. 68) werden damit auf der Unternehmensebene mitvollzogen.

<sup>24</sup> Das projizierte Wachstum der energieträgerspezifischen Umsätze der Unternehmen orientiert sich wiederum an den szenarioabhängigen Beiträgen der einzelnen Energieträger zur gesamten Primärenergieproduktion in der Region, in der sich das Sitzland des Unternehmens befindet. Für global aggregierte Beiträge zur Primärenergieproduktion vgl. Schaubild auf S. 75.

## Ein emissionsbezogener Wertänderungsindikator

Als Grundlage für die Konstruktion eines emissionsbezogenen Wertänderungsindikators wird ein mehrstufiges Dividendenbarwertmodell gewählt, das die Berücksichtigung szenariospezifischer Projektionen gestattet. Die Beziehung zwischen dem Aktienkurs  $V_{i,r,s,2020}$  des Unternehmens  $i$  zum Basiszeitpunkt (hier: Dezember 2020) und den zukünftigen Dividenden  $D_{i,r,s,\tau}$  ist in Gleichung (1) für den Fall des Basisszenarios (hier: nationale Klimaschutzzusagen) dargestellt. Dabei wird angenommen, dass das Basisszenario dasjenige ist, das Ende 2020 an den Märkten für das Unternehmen  $i$  mit Sitz in Region  $r$  und Kerngeschäft in Sektor  $s$  erwartet wird:

$$(1) \quad V_{i,r,s,2020} = \sum_{\tau=2021}^{2024} \frac{D_{i,\tau}^{IBES}}{(1 + R_i^{Basis})^{\tau-2020}} + \sum_{\tau=2025}^{2032} \frac{D_{i,r,s,\tau}^{transition\_Basis}}{(1 + R_i^{Basis})^{\tau-2020}} + \sum_{\tau=2033}^{2100} \frac{D_{i,r,s,\tau}^{Basis}}{(1 + R_i^{Basis})^{\tau-2020}} + \frac{D_{i,r,s,2100}^{Basis}}{R_i^{Basis} - (g_{r,s,2100} + \pi)} (1 + R_i^{Basis})^{-80}$$

Gleichung (1) beschreibt den Aktienkurs als Barwert des künftigen Dividendenstroms, der durch  $D_{i,\tau}^{IBES}$ ,  $D_{i,r,s,\tau}^{transition\_Basis}$  und  $D_{i,r,s,\tau}^{Basis}$  beschrieben wird. Die unbekannte Größe, nach der diese Gleichung aufgelöst werden kann, sind die implizit geforderten Eigenkapitalkosten (Return on Equity,  $R_i^{Basis}$ ) als unternehmensindividueller Diskontzins. Dabei fließen Dividendenerwartungen  $D_{i,\tau}^{IBES}$  aus Analystenumfragen (Quelle: IBES, Thomson Reuters) für die ersten drei Jahre (2021 bis 2023) ein, die annahm gemäß am Markt eingepreist sind. Für das darauffolgende Jahr (2024) wird die Dividendenerwartung mithilfe des – ebenfalls szenariounabhängigen – erwarteten drei- bis fünfjährigen IBES-Gewinnwachstums an-

genähert.<sup>1)</sup> In der folgenden unterstellten achtjährigen Übergangsphase (2025 bis 2032) werden die Unternehmensdividenden  $D_{i,r,s,\tau}^{transition\_Basis}$  durch Interpolation zwischen dem erwarteten drei- bis fünfjährigen IBES-Gewinnwachstum und der szenarioabhängigen, zum Teil sektorspezifischen Wirtschaftsleistung im zwölften Jahr (zzgl. einer Inflationsannahme) projiziert.

In der nachfolgenden Phase (2033 bis 2100) wird anders als im dreistufigen Dividendenbarwertmodell<sup>2)</sup> kein konstantes „Steady State“-Dividendenwachstum unterstellt, sondern ein Verlauf der Dividenden  $D_{i,r,s,\tau}^{Basis}$  proportional zur Wirtschaftsleistung im betrachteten Klimaszenario bis zum Jahr 2100 zuzüglich einer Inflationsannahme. Die Wirtschaftsleistung bezieht sich dabei entweder auf das nominale Bruttoinlandsprodukt (BIP) oder auf die sektorale Produktion unter dem Basisszenario in der Region, in der das Unternehmen seinen Sitz hat. Handelt es sich um ein Unternehmen der Öl-, Gas-, Kohleförderung, aus dem Bereich der erneuerbaren Energien oder der Nuklearenergie, so werden dessen Dividenden proportional zur projizierten Energieproduktion im entsprechenden Sektor bestimmt. Handelt es sich um einen Zement- oder Stahlkonzern, so entwickeln sich dessen Dividenden proportional zur projizierten Zement- beziehungsweise Stahlproduktion.<sup>3)</sup>

Projektionen aus dem REMIND-MAGPIE-Modell liegen bis zum Jahr 2100 vor und

1 Sollte letzteres für ein Unternehmen nicht verfügbar sein, so wird als Annäherung das Dividendenwachstum zwischen Jahr zwei und Jahr drei um ein weiteres Jahr fortgeschrieben.

2 Vgl.: Deutsche Bundesbank (2016).

3 Für die Zement- und Stahlindustrie liefert das Modell REMIND-MAGPIE separate, regionale Emissionsverläufe, die ebenfalls gesondert berücksichtigt werden.

werden entsprechend berücksichtigt. Für die Zeit danach wird angenommen, dass die Dividenden mit der letzten im Basisszenario projizierten Wachstumsrate des jeweiligen Sektors  $s$  beziehungsweise des BIP  $g_{r,s,2100}^{Y,Basis}$  in Region  $r$  zuzüglich der Inflationsannahme weiterwachsen.

In einem zweiten Schritt werden die unternehmensindividuellen Mehrkosten aus Treibhausgasemissionen projiziert, die über das Basisszenario hinausgehen. Im Fokus steht hier das Szenario eines geordneten Übergangs in eine Paris-konforme Niedrigkarbonwirtschaft (Net Zero 2050). Ausgangspunkt sind hier die direkten Treibhausgasemissionen, die in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten ausgedrückt werden. Diese Informationen stammen aus Unternehmensberichten oder werden von spezialisierten Datenanbietern geschätzt (hier verwendete Quelle: ISS-ESG). Die in der Analyse zugrunde gelegten Emissionsdaten pro Aktie  $c_{i,0}$  beziehen sich auf das Jahr 2019.

Neben der Höhe der Unternehmensemissionen pro Aktie zum Zeitpunkt  $\tau$ , ( $c_{i,r,\tau}^{NZ}$  bzw.  $c_{i,r,\tau}^{Basis}$ ) bestimmt der in Region  $r$  herrschende CO<sub>2</sub>-Preis im Paris-konformen Szenario „Net Zero 2050“ sowie im Basisszenario die Emissionskosten pro Aktie ( $C_{i,r,\tau}^{NZ}$  bzw.  $C_{i,r,\tau}^{Basis}$ ):

$$(2a) C_{i,r,\tau}^{NZ} = c_{i,r,\tau}^{NZ} \cdot p_{r,\tau}^{NZ}$$

$$(2b) C_{i,r,\tau}^{Basis} = c_{i,r,\tau}^{Basis} \cdot p_{r,\tau}^{Basis}$$

Die Mehrkosten  $\Delta C_{i,r,\tau}^{sc}$ , die für das Unternehmen  $i$  im „Net Zero 2050“-Szenario zusätzlich pro Aktie entstehen, werden demzufolge zu jedem künftigen Zeitpunkt aus der Differenz zwischen (2a) und (2b) errechnet:

$$(2c) \Delta C_{i,r,\tau} = C_{i,r,\tau}^{NZ} - C_{i,r,\tau}^{Basis}$$

Um künftige szenarioabhängige Emissionen  $c_{i,r,\tau}^{sc}$  des Unternehmens ( $c_{i,r,\tau}^{NZ}$  bzw.  $c_{i,r,\tau}^{Basis}$ ) sowie die damit verbundenen Kosten abzuschätzen, werden diese jeweils in Relation zum Emissionswachstum im betrachteten Szenario dargestellt:

(3)

$$c_{i,r,\tau}^{sc} \equiv c_{i,0} \prod_{n=1}^{\tau} (1 + g_{r,n}^{E,sc}),$$

wobei

$$g_{r,n}^{E,sc} \equiv \begin{cases} \left( \frac{E_{r,t+5}^{sc}}{E_{r,t}^{sc}} \right)^{\frac{1}{5}} - 1 & \text{für } E_{r,t+5}^{sc} \geq 0 \text{ und } t < n \leq t + 5 \\ -1 & \text{für } E_{r,t+5}^{sc} < 0. \end{cases}$$

Gemäß Gleichung (3) ist  $g_{r,n}^{E,sc}$  die Rate, mit der die Treibhausgasemissionen in einem künftigen Jahr  $n$  wachsen beziehungsweise sinken. Sie wird durch die szenariospezifischen Emissionen  $E_{r,t}^{sc}$  und  $E_{r,t+5}^{sc}$  bestimmt, die in Fünfjahresintervallen  $[t, t+5]$  vorliegen. Kumuliert ändern sich die Emissionen des Unternehmens  $i$  zwischen dem Basiszeitpunkt und dem Jahr  $\tau$  mit der Rate  $\prod_{n=1}^{\tau} (1 + g_{r,n}^{E,sc}) - 1$ . Es wird also angenommen, dass sie sich proportional zu den Gesamtemissionen im betrachteten Szenario entwickeln. Mit Blick auf das Szenario „Net Zero 2050“ kann dann von einer Paris-konformen Dekarbonisierung (Paris alignment) gesprochen werden.<sup>4</sup> Sind die szenariospezifischen Emissionen negativ – etwa aufgrund des Einsatzes von Technologien zum Entzug von Kohlendioxid –, so wird schlicht eine vollständige Dekarbonisierung unterstellt ( $g_{r,n}^{E,sc} = -1$ ). Das heißt, auf der Unternehmensebene werden keine Gewinne infolge negativer Emissionen beziehungsweise Quertransfers zugelassen.

In einem letzten Schritt wird nun der szenarioabhängige Dividendenpfad des Unter-

<sup>4</sup> Zwar erschöpft sich Konformität mit den Pariser Klimazielen nicht unbedingt in einer Rückführung direkter (Scope 1-)Unternehmensemissionen. Dennoch wird für den Zweck dieser Analyse eine Scope 1-Dekarbonisierung proportional zur Emissionsreduktion im Szenario „Net Zero 2050“ als Paris-konform definiert.

nehmens  $i$  um denjenigen  $x_i$  Anteil der Kostendifferenz aus Gleichung (2c) vermindert, den das Unternehmen annahmegemäß nicht auf seine Kunden überwälzen kann. Der Bewertungseffekt eines Unternehmens infolge einer Erwartungsrevision vom Basis-szenario hin zum „Net Zero 2050“-Szenario ist in Gleichung (4) dargestellt:

$$(4) \quad \Delta_{i,r,s,2020}^v = \frac{1}{V_{i,r,s,2020}} \left( \sum_{\tau=2021}^{2024} \frac{D_{i,r,s,\tau}^{IBES\_NZ} - x_i \cdot \Delta C_{i,r,\tau}}{(1 + R_i^{Basis})^{\tau-2020}} + \sum_{\tau=2025}^{2032} \frac{D_{i,r,s,\tau}^{transition\_NZ} - x_i \cdot \Delta C_{i,r,\tau}}{(1 + R_i^{Basis})^{\tau-2020}} + \sum_{\tau=2033}^{2100} \frac{D_{i,r,s,\tau}^{NZ} - x_i \cdot \Delta C_{i,r,\tau}}{(1 + R_i^{Basis})^{\tau-2020}} + \frac{D_{i,r,s,2100}^{NZ} - x_i \cdot \Delta C_{i,r,2100}}{R_i^{Basis} - (g_{r,s,2100}^{Y,NZ} + \pi)} (1 + R_i^{Basis})^{-80} \right).$$

In Gleichung (4) liefert der Klammerausdruck den Barwert nach Berücksichtigung des Anteils nicht überwälzbarer Mehrkosten ( $x_i \cdot \Delta C_{i,r,\tau}$ ) und des Dividendenverlaufs, der durch  $D_{i,r,s,\tau}^{IBES\_NZ}$ ,  $D_{i,r,s,\tau}^{transition\_NZ}$  und  $D_{i,r,s,\tau}^{NZ}$  beschrieben wird. Soweit das Output-Wachstum im betrachteten Szenario zum Zeitpunkt  $\tau$  von demjenigen im Basis-szenario abweicht, werden für die Dividenden entsprechend unterschiedliche Wachstumsraten unterstellt. Für die Zeit ab 2100 wird für das Paris-konforme Szenario die Annahme getroffen, dass die Dividenden mit der letzten in diesem Szenario projizierten Wachstumsrate des jeweiligen Sektors  $s$  beziehungsweise des BIP  $g_{r,s,2100}^{Y,NZ}$  in Region  $r$  zuzüglich der Inflationsannahme weiterwachsen.

Auch die kurzfristigen Dividendenerwartungen  $D_{i,r,\tau}^{IBES}$  aus Analystenumfragen, die annahmegemäß am Markt eingepreist sind, dürften unter einem ambitionierteren klimapolitischen Szenario revidiert werden. Im hier vorgestellten Bewertungsansatz wird eine Anpassung um die zum Zeitpunkt  $\tau$  bestehende Wachstumsdifferenz der Wirtschaftsleistung ( $g_{r,s,\tau}^{Y,NZ} - g_{r,s,\tau}^{Y,Basis}$ ) zwischen

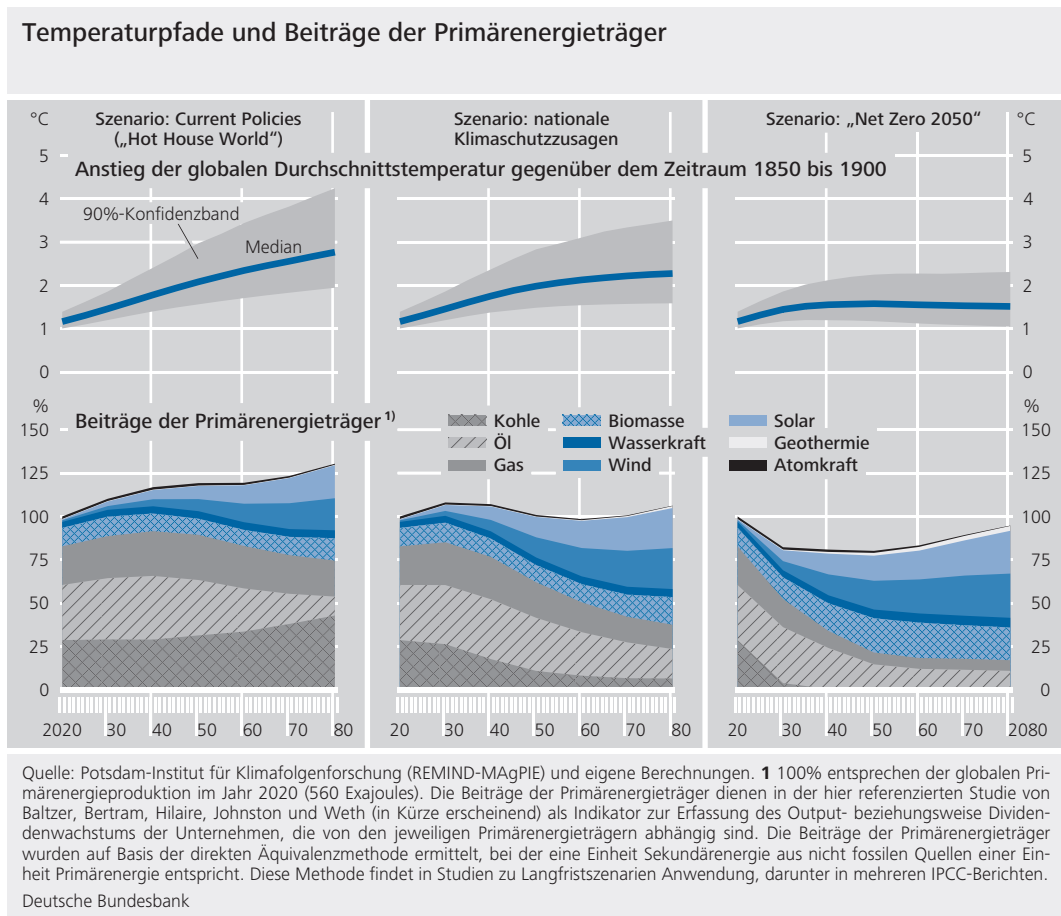
dem betrachteten Szenario und dem Basis-szenario vorgenommen. Somit wird unterstellt, dass im betrachteten Szenario die kurzfristigen Dividenden  $D_{i,r,s,\tau}^{IBES\_NZ}$  nicht mit der Rate  $g_{i,\tau}^{IBES}$  wachsen, sondern mit einer adjustierten Rate  $g_{i,r,s,\tau}^{IBES\_NZ}$ :

$$(5) \quad D_{i,r,s,\tau}^{IBES\_NZ} = D_{i,r,s,\tau-1}^{IBES\_NZ} (1 + g_{i,r,s,\tau}^{IBES\_NZ}).$$

Diese Rate wird ermittelt als Summe von  $g_{i,\tau}^{IBES}$  und der oben genannten Wachstumsdifferenz:

$$(6) \quad g_{i,r,s,\tau}^{IBES\_NZ} = g_{i,\tau}^{IBES} + (g_{r,s,\tau}^{Y,NZ} - g_{r,s,\tau}^{Y,Basis}).$$

Ist das Unternehmen einem der oben genannten Energiesektoren oder der Stahl- oder Zementindustrie zuzuordnen, so wird für  $g_{r,s,\tau}^{Y,NZ}$  anstelle des abweichenden BIP-Wachstums das sektorale Produktionswachstum berücksichtigt.



unternehmensspezifischen Wertänderungen werden anschließend auf sektoraler und gesamtwirtschaftlicher Ebene zusammengefasst und ausgewertet.<sup>25)</sup>

## Daten

*Hier betrachtet:  
 5 285 Aktien-  
 gesellschaften  
 weltweit*

Um die Treibhausgasemissionen von Unternehmen zu messen, ist eine Orientierung an den Klassifizierungsstandards des sogenannten Greenhouse Gas Protocol naheliegend.<sup>26)</sup> Demzufolge werden direkte Emissionen (sog. Scope 1-Emissionen), die aus dem Produktionsprozess beziehungsweise der Leistungserstellung des Unternehmens stammen, unterschieden von indirekten Emissionen (Scope 2), die im Zusammenhang mit dem Bezug von Elektrizität oder Wärme entstehen. In einer weiteren Abgrenzung werden unter Scope 3 die Emissionen aus vor- und nachgelagerten Stufen der Wertschöpfungskette beziehungsweise im Zusam-

menhang mit dem Gebrauch des Produktes zusammengefasst.

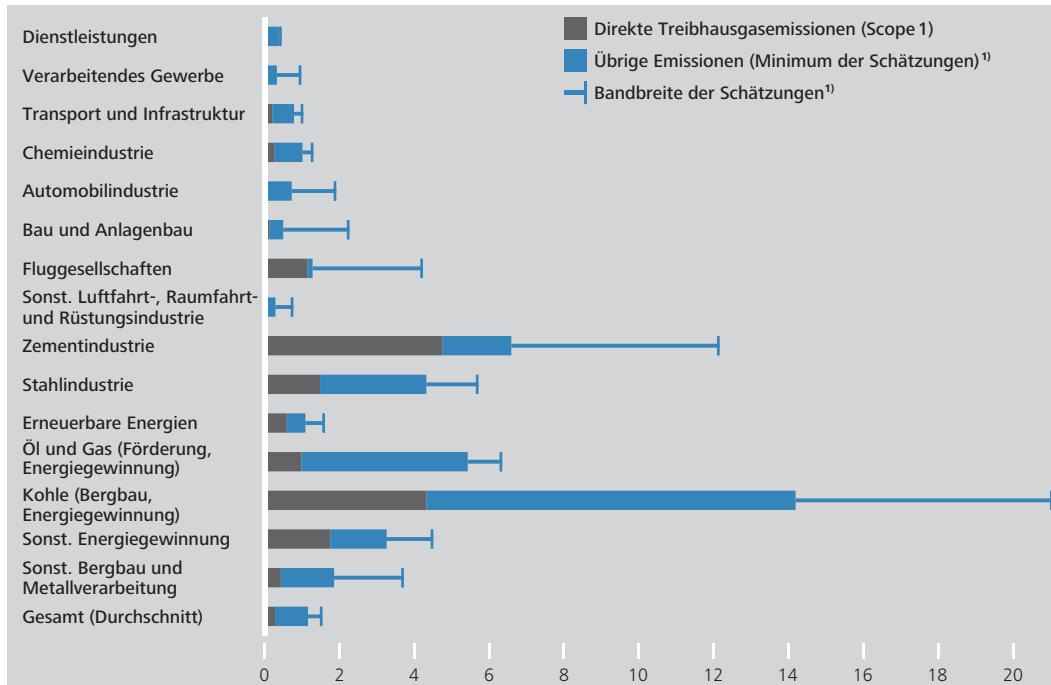
Unternehmensspezifische Daten über Treibhausgasemissionen werden von verschiedenen Anbietern bereitgestellt, die auf Unternehmensberichte zurückgreifen oder entsprechende Schätzungen vornehmen. Auf dieser Grundlage und unter Verwendung weiterer unternehmensbezogener Daten wird der genannte Wertänderungsindikator für insgesamt 5 285 nicht-finanzielle Aktiengesellschaften aus 75 Ländern ermittelt. Diese Unternehmen vereinigen mehr als die Hälfte der globalen Aktienmarktkapitalisierung auf sich. Der Anteil ihrer direkten Treibhausgasemissionen beläuft sich je nach Datenanbieter auf 17 % (9,4 Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente) bis 20 % (10,5 Milliarden Tonnen) der globalen Gesamtemissionen. Im Folgenden

<sup>25</sup> Dieser Weg wird angelehnt an das Vorgehen von Baltzer et al. (erscheint demnächst) besprochen.

<sup>26</sup> Zum Greenhouse Gas Protocol vgl.: World Resources Institute (2004) und <https://ghgprotocol.org/>.

### Sektorale Emissionsintensitäten<sup>1)</sup>

Tausend Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro 1 Mio € Umsatz



Quellen: ISS-ESG, Trucost, Thomson Reuters und eigene Berechnungen. \* Es werden insgesamt 5 285 Unternehmen betrachtet. Sektordurchschnitte ermittelt aus ungewichteten unternehmensspezifischen Emissionsintensitäten. <sup>1</sup> Bandbreite der Schätzungen der Datenanbieter ISS-ESG und Trucost für indirekte Treibhausgasemissionen (Scope 2) sowie Emissionen mit Bezug zum Produkt oder zur Wertschöpfungskette (Scope 3).

Deutsche Bundesbank

werden Informationen aus Unternehmensberichten sowie Schätzungen des Anbieters ISS-ESG zugrunde gelegt, der für alle hier betrachteten Unternehmen Emissionsdaten bereitstellt.

Das oben stehende Schaubild zeigt für einzelne Sektoren durchschnittliche Emissionsintensitäten (Treibhausgasemissionen in 1 000 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro 1 Mio € Umsatz). Dargestellt sind zum einen die direkten Emissionen (Scope 1), die von den Unternehmen berichtet oder von dem Datenanbieter ISS-ESG geschätzt werden. Zum anderen wird die Bandbreite der Sektordurchschnitte der Intensitäten für die indirekten Emissionen (Scope 2) und die produktbeziehungsweise wertschöpfungskettenbezogenen Emissionen (Scope 3) abgebildet, die auf den Schätzungen von zwei Datenanbietern beruhen. In den meisten Sektoren ist diese Unschärfe mit Blick auf diese Emissionen erheblich.

Bei der Konstruktion des hier vorgestellten Wertänderungsindikators werden nur direkte

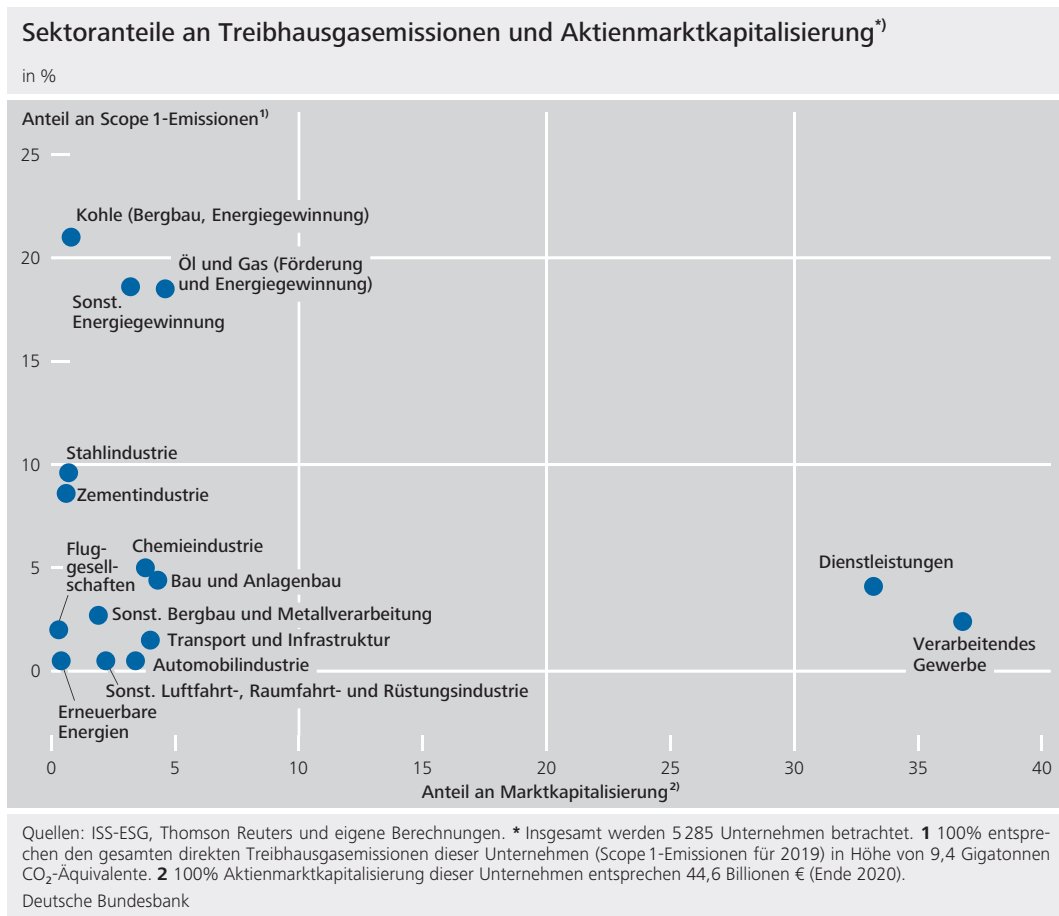
Treibhausgasemissionen (Scope 1) zum Basiszeitpunkt einbezogen. So steht derjenige Teil des ökologischen Fußabdrucks der Unternehmen im Fokus, bei dem die Verlässlichkeit der Daten am höchsten ist. Außerdem ist von Vorteil, dass die direkten Emissionen aggregierbar sind, ohne dass es zu Doppelzählungen kommt.<sup>27)</sup>

*Abgrenzung der betrachteten Treibhausgasemissionen*

## Bedeutung der Sektoren mit Blick auf Treibhausgasemissionen und Marktkapitalisierung

Die Größe des anhand direkter Treibhausgasemissionen gemessenen ökologischen Fußabdrucks eines Unternehmens spiegelt häufig nicht dessen Bedeutung am Finanzmarkt wider (siehe Schaubild auf S. 77). Im Vorgriff auf die

<sup>27</sup> Doppelzählungen entstünden etwa dann, wenn man direkte Emissionen eines Stromversorgers und indirekte Emissionen eines Strombeziehers addieren würde.



*Gewichte der Unternehmen nach Aktienmarktkapitalisierung und Treibhausgasemissionen fallen oft auseinander*

Ergebnisse bedeutet das, dass die vom Emissionsniveau abhängigen Verluste zwar einen Teil des Aktienkapitals massiv treffen, dieser jedoch im Verhältnis zur gesamten Marktkapitalisierung eher klein ist. Dies gilt beispielsweise für Unternehmen der Kohle-, Gas- und Ölindustrie, übrige Unternehmen der Energiewirtschaft sowie Unternehmen der Zement- und Stahlbranche.

*Zuordnung der Unternehmen in Energiesektoren anhand von Umsatzanteilen an Energieträgern*

Die Zuordnung zu den genannten Energiesektoren kann für eine Untergruppe von 502 Aktiengesellschaften anhand der verfügbaren Umsatzanteile der jeweiligen Energieträger vorgenommen werden (Quelle: ISS-ESG). Machte etwa die Förderung oder Verstromung von Kohle im Jahr 2019 mehr als 50 % des Umsatzes aus, so wird das Unternehmen dem Kohlesektor zugeordnet. Analog wird für Unternehmen verfahren, deren Geschäftsmodelle an andere fossile oder nicht fossile Energieträger gekoppelt sind, wobei Unternehmen im Öl- und Gasgeschäft beziehungsweise Unternehmen mit einem Schwer-

punkt auf erneuerbaren Energieträgern jeweils zusammengefasst werden.

Die den oben genannten Sektoren zugeordneten Unternehmen stoßen direkte Emissionen in Höhe von 7,5 Gigatonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente und damit rund 80 % aller hier betrachteten Unternehmensemissionen aus. Im Vergleich dazu ist ihr Gewicht mit 4,7 Billionen € oder knapp 10 % der gesamten betrachteten Aktienmarktkapitalisierung gering. Emissionsarmen Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe und im Dienstleistungssektor fällt mit jeweils rund 16 Billionen € der größte Anteil der Marktkapitalisierung zu.

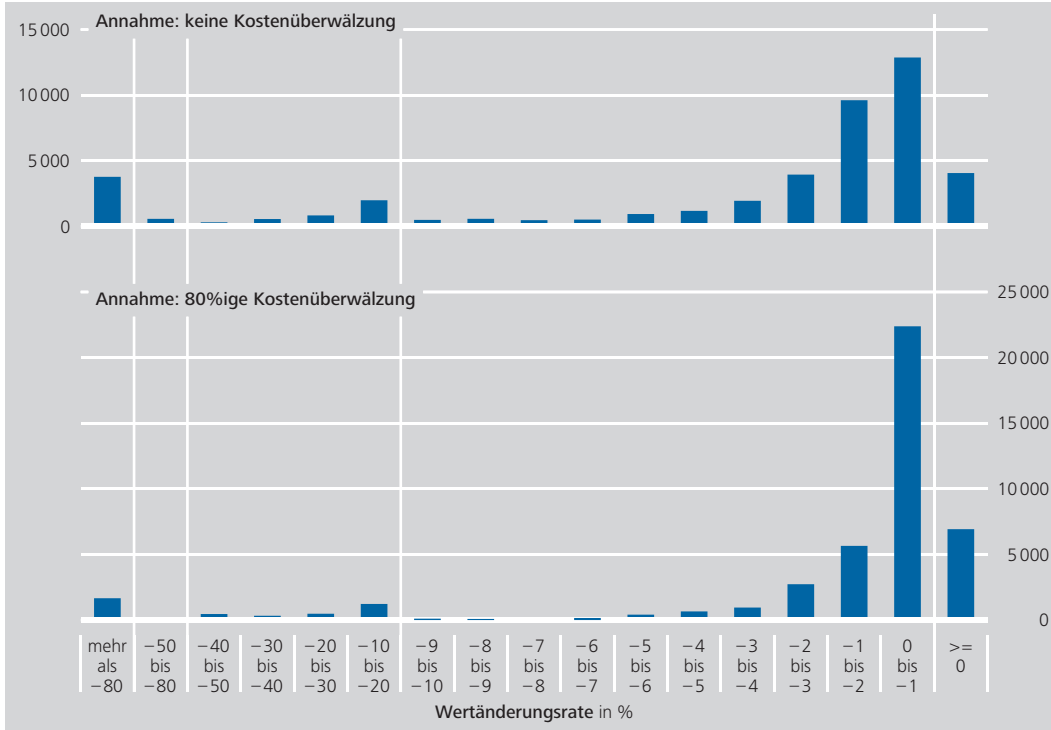
## Ergebnisse

Wie in den Erläuterungen auf den Seiten 72 ff. beschrieben, werden die Wertverschiebungen der betrachteten Unternehmen als szenario-basierte Barwertänderung der Aktien im Verhält-

*Verteilung der Bewertungseffekte*

### Verteilung der Bewertungseffekte von Aktienunternehmen<sup>\*)</sup>

Aktienkapital in Mrd €, Stand Ende 2020



Quellen: ISS-ESG, Thomson Reuters, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (REMIND-MAGPIE) und eigene Berechnungen. \* Annahme: Paris-konforme Dekarbonisierung der Unternehmen (Szenario: „Net Zero 2050“, Basisszenario: Nationale Klimaschutzzusagen). Deutsche Bundesbank

nis zum tatsächlichen Aktienkurs ausgedrückt. Insgesamt werden 5 285 Unternehmen relativ zu ihrem Jahresschlusskurs 2020 und den zu diesem Zeitpunkt herrschenden Dividenden-erwartungen bewertet. Diese Bewertungseffekte sind in Form einer Verlustverteilung darstellbar. Das oben stehende Schaubild zeigt – untergliedert für den Grad der Kostenüberwälzung – für bestimmte Intervalle der Wertänderungsraten die Summe der jeweilig darauf entfallenden Marktkapitalisierung (vor der Bewertungsänderung, Stand Ende 2020).

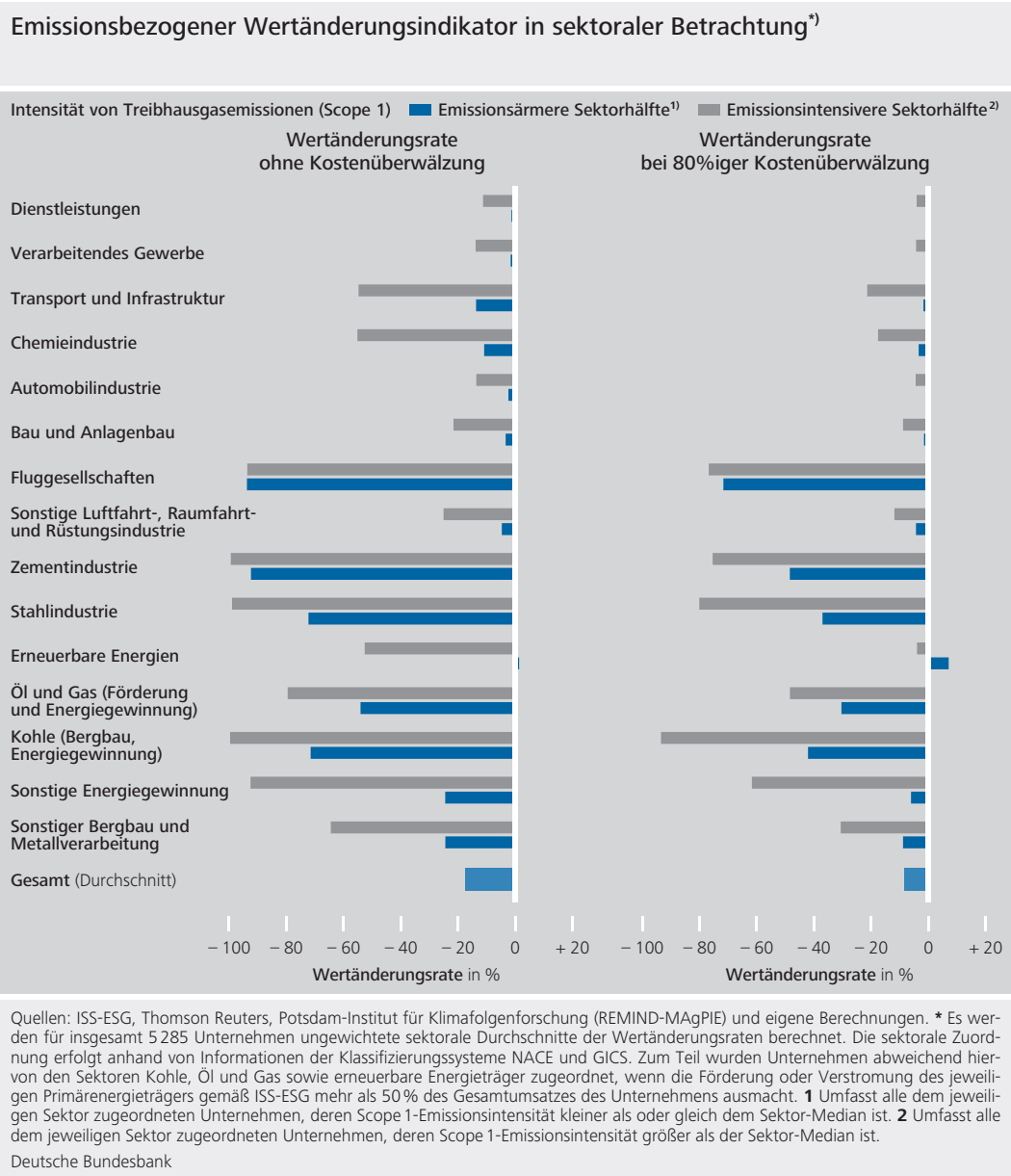
Der Fall einer Paris-konformen Dekarbonisierung mit entsprechend hoher CO<sub>2</sub>-Bepreisung zeigt, dass bei einer vollständigen Übernahme der Mehrkosten aus direkten Treibhausgasemissionen Aktien im Wert von gut 35 Billionen € (oder 78 % der gesamten betrachteten Marktkapitalisierung) von emissionsbezogenen Wertverlusten von mehr als 4 % verschont bleiben. Zugleich erleidet allerdings gut ein Zehntel der gesamten Marktkapitalisierung (4,7 Billionen €)

infolge höherer Emissionskosten und abweichender Wertschöpfungspfade Verluste von mehr als der Hälfte des Unternehmenswertes.

Geht man stattdessen von einer Kostenüberwälzung in Höhe von 80 % aus, so halten sich für 87 % der Marktkapitalisierung (38,6 Billionen €) die Wertverluste in Grenzen von unter 4 %. Zugleich erleiden Aktien im Wert von 1,9 Billionen € Werteinbußen von mehr als 50 %.

Der auf der Unternehmensebene ermittelte Wertänderungsindikator lässt sich für einzelne Sektoren aggregieren. Im Schaubild auf Seite 79 ist jeder betrachtete Sektor in eine emissionsintensive und eine emissionsarme Hälfte von Unternehmen aufgespalten. Für jede dieser Hälften wurden jeweils ungewichtete Verlustquoten (im negativen Bereich) ermittelt. Positive durchschnittliche Wertänderungen sind jedoch nicht grundsätzlich ausgeschlossen; sie treten teilweise bei erneuerbaren Energien auf.





Dabei zeigt sich, dass die Emissionsintensität die Höhe des Bewertungseffekts mitbestimmt. Die „grünere Hälfte“ ist mit geringeren Wertverlusten der untersuchten Aktien verbunden. In einigen Sektoren wird dieser Zusammenhang allerdings durch den Einfluss abweichender Wertschöpfungspfade überlagert.

bild auf Seite 80 durch einen Schnitt bei 100 % dargestellt.<sup>28)</sup> Exemplarisch illustriert dieses Schaubild für ein fiktives Unternehmen die Sensitivität des Wertänderungsindikators gegenüber dem Anteil überwälzbarer Emissionskosten und gegenüber dem Dekarbonisierungsfortschritt relativ zum Szenariopfad.

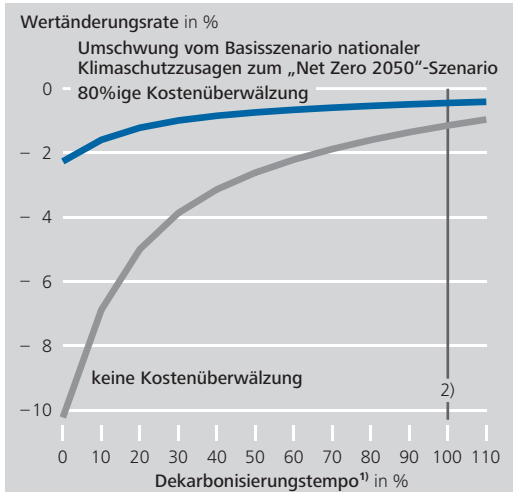
Ein theoretisches Beispiel

Der vorgestellte Wertänderungsindikator reagiert sensitiv auf die Veränderung einzelner Annahmen. Die bisher erläuterten Ergebnisse beschränken sich auf den Fall, dass alle Unternehmen ihre Emissionen im Einklang mit dem Szenario „Net Zero 2050“ reduzieren. Diese Paris-konforme Mengenreaktion ist im Schau-

Während sich die oben erläuterten Ergebnisse auf den Fall beziehen, dass die Unternehmen ihren Energiemix im Einklang mit den im

<sup>28</sup> Unter einer Paris-konformen Dekarbonisierung wird eine Emissionsentwicklung des Unternehmens proportional zu den Emissionen im Szenario „Net Zero 2050“ verstanden.

### Emissionsbezogener Wertänderungsindikator für ein fiktives Unternehmen\*)



Quelle: Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (REMIND-MAGPIE) und eigene Berechnungen. \* Annahmen: Fiktives europäisches Aktienunternehmen mit angenommenem Return on Equity von 8,5% sowie Dividenden (2021) in Relation zu direkten Treibhausgasemissionen (2019) in Höhe von 1,70 € pro kg emittierter CO<sub>2</sub>-Äquivalente. **1** Angaben relativ zur Emissionsentwicklung im Szenario „Net Zero 2050“: 100% entsprechen einer proportionalen (Paris-konformen) Dekarbonisierung, 0% entsprechen gleichbleibenden Unternehmensemissionen auf dem Niveau von 2019. **2** Schnitt bei 100%: In der vorliegenden Analyse werden Emissionsreduktionen im Einklang mit dem Szenario „Net Zero 2050“ betrachtet.

Deutsche Bundesbank

REMIND-MAGPIE-Modell zugrunde gelegten Substitutionselastizitäten anpassen und entsprechend (Paris-konform) dekarbonisieren, sind für die einzelnen Unternehmen abweichende Emissionsminderungen denkbar. Wie erläutert (siehe S. 71), dürfte das individuelle Dekarbonisierungstempo dabei sowohl vom erwarteten CO<sub>2</sub>-Preisfad als auch von den individuellen Emissionsvermeidungskosten abhängen. Betrachtet man indes ausschließlich die Emissionskosten, die unter den Preisprojektionen des Paris-konformen Szenarios anfallen, so zeigt sich, dass die Wertverluste umso höher ausfallen, je langsamer dekarbonisiert wird.

### Szenariobasierter Wertindikator für Transitionsrisiken: Quantifizierung des Strandens

Mit dem vorgestellten Bewertungsansatz kann nicht nur ein emissionsbezogener Bewertungseffekt, sondern auch ein Maß für das Strandens

*Definition des Strandens in diesem Ansatz*

von Unternehmen abgeleitet werden. Dieses wird im Folgenden definiert als der Fall, dass die zusätzlich entstehenden Emissionskosten unter Berücksichtigung abweichender Wertschöpfungspfade ab einem bestimmten künftigen Zeitpunkt die erwarteten beziehungsweise projizierten Bruttodividenden übersteigen.

Diese Definition lässt sich auf die hier betrachteten Unternehmen in dem Paris-konformen Szenario anwenden. Das Schaubild auf Seite 81 illustriert, dass das Strandens sowohl gemessen an der Anzahl der Unternehmen als auch an ihrer Marktkapitalisierung (Ende 2020) weit überwiegend in den fünf Jahren bis 2025 stattfindet. Dies gilt auch dann, wenn 80 % der Mehrkosten von Treibhausgasemissionen überwältzt werden können, wenngleich unter dieser Annahme ein etwas größerer Anteil an Unternehmen in den Folgejahren strandet als im Falle einer vollständigen Kostenübernahme durch das Unternehmen.

*Verteilung des Strandens über die Zeit*

Das strandende Aktienkapital lässt sich auch auf der sektoralen Ebene darstellen. Die Tabelle auf Seite 82 zeigt, dass auch bei einer Dekarbonisierung im Einklang mit dem Paris-konformen Szenario „Net Zero 2050“ die Mehrkosten aus den verbleibenden Emissionen sowie abweichende Wertschöpfungspfade dazu führen, dass einige Sektoren schwer betroffen sind. Dies gilt insbesondere dann, wenn keine Kostenüberwälzung möglich ist. Zu den besonders betroffenen Sektoren zählen – wenig überraschend – die karbonintensiven Branchen Zement und Stahl, aber – auch aufgrund entsprechender Produktionspfade – auch Unternehmen mit einem Geschäftsschwerpunkt in fossilen Energieträgern. Das strandende Kapital beläuft sich den Berechnungen zufolge auf 4,4 Billionen € im Fall ohne Kostenüberwälzung und auf 1,7 Billionen € im Fall einer 80 %igen Kostenüberwälzung. Errechnet man unabhängig vom Strandens die aggregierte kapitalisierungsgewichtete Verlustquote unter Berücksichtigung aller 5 285 betrachteten Unternehmen, so liegt diese bei 12,4% (ohne Überwälzung) beziehungsweise 6,0 % (mit 80 %iger Kostenüberwälzung).

*Strandens in sektoraler Hinsicht*

## Einschränkungen

Messunsicherheiten ...

Einschränkend ist festzuhalten, dass der hier vorgestellte Wertänderungsindikator einige Messunschärfen aufweist. Ausgangspunkt der hier vorgenommenen Quantifizierung ist zum einen, dass die Marktteilnehmer derzeit erwarten, dass das Szenario nationaler Klimaschutzzusagen umgesetzt wird.

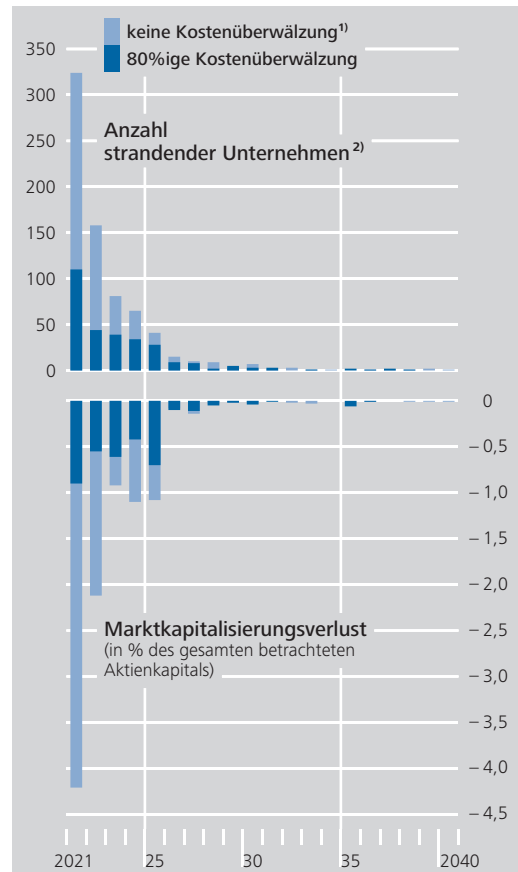
... der Erwartungsbildung

Für diese Annahme spricht, dass empirische Befunde darauf hindeuten, dass Risiken mit Treibhausgasbezug zu einem gewissen Grad bereits an den Finanzmärkten reflektiert sind.<sup>29)</sup> Dennoch ist nicht auszuschließen, dass die Märkte annehmen, dass diese Zusagen in bestimmten Weltregionen nicht eingehalten werden. Wählte man etwa ein weniger optimistisches „Current Policies“-Szenario als Basisszenario (vgl. Schaubilder auf S. 66 und S. 68), so fielen die Wertanpassungen eines Umschwungs zu einem „Net Zero 2050“-Szenario noch gravierender aus. Neben dieser Unschärfe ist zum anderen zu berücksichtigen, dass der Wertänderungsindikator einen Umschwung der Erwartungen hin zu einem Paris-konformen Szenario unterstellt. Wie in Szenariobetrachtungen üblich, wird damit keine Aussage darüber verbunden, ob beziehungsweise mit welcher Wahrscheinlichkeit es auf globaler Ebene dazu kommt. Bei der Interpretation des Wertänderungsindikators muss indes berücksichtigt werden, dass die künftige (weltweite) klimapolitische Ausrichtung mit erheblicher Unsicherheit behaftet ist. Diese Unsicherheit strahlt auch auf die Erwartungsbildung der Marktteilnehmer über den künftigen CO<sub>2</sub>-Preispfad aus.

Modellunsicherheit bezüglich der Technologien, der Substitutionselastizitäten sowie der Kosten der Emissionsvermeidung, ...

Ungewiss ist zudem, wie flexibel die Wirtschaftsakteure auf einen CO<sub>2</sub>-Preisanstieg reagieren und ob die im REMIND-MAGPIE-Modell unterstellten Substitutionsbeziehungen zwischen den Energieträgern und das angenommene technologische Lernen das Verhalten der Wirtschaftsakteure angemessen abbilden. Insbesondere liegen keine Daten über die heutigen und künftigen Emissionsvermeidungskosten der einzelnen Unternehmen vor, die

### Strandende Unternehmen und Marktkapitalisierungsverluste bei Paris-konformer Dekarbonisierung<sup>\*)</sup>



Quellen: ISS-ESG, Thomson Reuters, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (REMIND-MAGPIE) und eigene Berechnungen.  
 \* Szenario: „Net Zero 2050“. **1** Überwälzung der emissionsbezogenen Mehrkosten auf die Unternehmenskunden. **2** Das Stranden eines Unternehmens ist hier definiert als der Zeitpunkt, zu dem die erwarteten Dividenden die nicht überwälzbaren emissionsbezogenen Mehrkosten nicht mehr decken.  
 Deutsche Bundesbank

neben dem CO<sub>2</sub>-Preis die Dekarbonisierungsentscheidung bestimmen. Damit bleibt auch die Frage einer Dekarbonisierung bestimmter Produktionsprozesse mit Unsicherheit behaftet.

Darüber hinaus wird bei der regionalen Zuordnung der Treibhausgasemissionen von Unternehmen mit der Orientierung am Sitzland der Muttergesellschaft eine Ungenauigkeit in Kauf genommen. Entsprechend werden beispielsweise Produktionsstätten von Gesellschaften, die weltweit produzieren, die aber ihren Sitz in

... bezüglich des Sitzlandes ...

<sup>29</sup> Vgl. etwa: Bolton und Kacperczyk (2021) oder Gørgen et al. (2019).

## Strandendes Aktienkapital nach Sektoren

Szenario: Net Zero 2050, Basisszenario: nationale Klimaschutzzusagen

Sektor	Marktkapitalisierungsverluste durch Stranden <sup>1)</sup>			
	absolut, in Mrd €		in % der jeweiligen (sektorspezifischen) Marktkapitalisierung	
	Keine Kostenüberwälzung <sup>2)</sup>	Kostenüberwälzung <sup>2)</sup> = 80 %	Keine Kostenüberwälzung <sup>2)</sup>	Kostenüberwälzung <sup>2)</sup> = 80 %
Dienstleistungen	- 300	- 68	1,9	0,4
Verarbeitendes Gewerbe	- 127	- 19	0,8	0,1
Transport und Infrastruktur	- 211	- 67	26,7	8,4
Chemieindustrie	- 392	- 54	23,3	3,2
Automobilindustrie	- 9	- 2	0,6	0,1
Bau und Anlagenbau	- 64	- 16	3,4	0,8
Fluggesellschaften	- 111	- 98	98,4	86,9
Sonstige Luftfahrt-, Raumfahrt- und Rüstungsindustrie	- 137	- 66	13,2	6,3
Zementindustrie	- 245	- 157	97,7	62,7
Stahlindustrie	- 236	- 145	71,4	44,3
Erneuerbare Energien	- 30	0	17,1	0,0
Öl und Gas (Förderung, Energiegewinnung)	- 1 256	- 246	61,6	12,1
Kohle (Bergbau, Energiegewinnung)	- 190	- 146	54,3	41,6
Sonstige Energiegewinnung	- 901	- 491	62,7	34,1
Sonstiger Bergbau und Metallverarbeitung	- 191	- 79	23,0	9,5
<b>Gesamt</b>	<b>- 4 401</b>	<b>- 1 653</b>	<b>9,9</b>	<b>3,7</b>

Quellen: ISS-ESG, Thomson Reuters, Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (REMIND-MAGPIE), eigene Berechnungen. **1** Stranden ist hier definiert als der Fall, dass zu einem künftigen Zeitpunkt die emissionsbezogenen Mehrkosten die projizierten Bruttodividenden übersteigen. **2** Unter Kostenüberwälzung wird die Überwälzung der emissionsbezogenen Mehrkosten auf die Unternehmenskunden verstanden.

Deutsche Bundesbank

Europa haben, zur Gänze Europa zugeordnet und den projizierten europäischen CO<sub>2</sub>-Preisen unterworfen.

Die resultierenden Bewertungseffekte werden zudem stark davon bestimmt, in welchem Maße Emissionskosten überwälzbar sind. So hängt der Spielraum der Unternehmen zur Kostenüberwälzung von ihrer Wettbewerbssituation auf den Absatzmärkten ab. Verfügt das Unternehmen über hinreichende Marktmacht, so kann es im Extremfall der Belastung durch Emissionskosten vollständig entgehen. Gelingt es dagegen den Produzenten von Vorleistungen, damit verbundene Emissionskosten auf ein (nachgelagertes) Unternehmen zu überwälzen, so droht diesem je nach Wettbewerbslage eine Kostenbelastung, die über diejenige aus den eigenen Direktmissionen hinausgehen kann.

Eine weitere Unschärfe des Indikators für die finanziellen Implikationen einer höheren CO<sub>2</sub>-Bepreisung entsteht durch den Umfang, in dem

sich Unternehmen über ein sogenanntes CO<sub>2</sub>-Hedging für die kommenden Jahre über ein „Frontloading“ gegen steigende Emissionskosten geschützt haben.<sup>30)</sup> Wurden für die nächsten Jahre bereits ausreichend Emissionsrechte erworben, so fallen für das Unternehmen keine weiteren Emissionskosten an – unabhängig davon, wie stark die Emissionsrechte in diesem Zeitraum verknappt werden und wie stark der CO<sub>2</sub>-Preis steigt. Entsprechend hat das Unternehmen erst mit Ablauf des abgesicherten Zeitraums einen Anreiz, seinen Treibhausgasausstoß zu drosseln. Im Ergebnis könnten die hier ermittelten Bewertungseffekte den tatsächlichen emissionsbezogenen Wertverlust des

*Bewertungseffekte infolge von „CO<sub>2</sub>-Hedging“ gegebenenfalls überzeichnet*

**30** Innerhalb eines CO<sub>2</sub>-Emissionshandelssystems kann darunter die Strategie eines Emittenten verstanden werden, in Zeiten niedriger Preise von CO<sub>2</sub>-Emissionsrechten eine solche Menge davon zu beschaffen, die unter Hinzurechnung der kostenlos zugeteilten Zertifikate zur Deckung der erwarteten Treibhausgasemissionen im abzusichernden Zeitraum ausreicht. So lag der Preis von Emissionszertifikaten im europäischen Emissionshandelssystem Mitte 2017 noch bei 5 € pro Tonne emittiertem Kohlendioxid, verglichen mit rund 80 € Ende 2021.

Unternehmens überzeichnen, falls dieses bereits genug Emissionsrechte besitzt. Insofern kann der emissionsbezogene Wertänderungsindikator mit Blick auf einen Umschwung zu einer Paris-konformen CO<sub>2</sub>-Bepreisung als Referenzgröße in Abwesenheit solcher Absicherungsstrategien verstanden werden.

## ■ Zusammenfassung

*Abschätzung von Bewertungseffekten aufgrund einer Verschiebung klimapolitischer Erwartungen*

Im vorliegenden Beitrag wurde ein Ansatz zur Abschätzung von Bewertungseffekten vorgeschlagen, die sich aus einer Verschiebung klimapolitischer Erwartungen ergeben. Im Mittelpunkt steht dabei der Unterschied zwischen einem auf der Umsetzung nationaler Klimaschutzzusagen basierenden Szenario (konsistent mit einer Erderwärmung von 2,4 °C) und dem Szenario eines geordneten Übergangs in eine Paris-konforme Niedrigkarbonwirtschaft (konsistent mit einer Erderwärmung von 1,5 °C). Gegenstand dieser Untersuchung sind die Mehrkosten aus der Emission von Treibhausgasen sowie szenarioabhängige Änderungen der Wertschöpfungspfade; anderweitige Kostenverschiebungen werden indes nicht betrachtet. Ausgeklammert werden auch Bewertungseffekte infolge des fortschreitenden physischen Klimawandels.

*Bewertungsverfahren für 5 285 Aktienunternehmen weltweit angewendet*

Das hier gewählte Bewertungsverfahren analysiert unternehmensspezifisch 5 285 Aktiengesellschaften aus der gesamten Welt, die zusammen mehr als die Hälfte der globalen Aktienmarktkapitalisierung auf sich vereinen und für 17 % bis 20 % der globalen Treibhausgasemissionen verantwortlich sind. Der potenzielle unternehmensspezifische Kursrückschlag aufgrund veränderter Erwartungen wird anhand eines mehrstufigen Dividendenbarwertmodells modelliert. Dieses klassische Bewertungsmodell wird mit unternehmensindividuellen Treibhausgasemissionen sowie mit Szenariodaten aus einem multiregionalen integrierten-Assessment-Modell (REMIND-MAGPIE) verknüpft, das unter anderem die Energiesysteme der einzelnen Weltregionen detailliert

modelliert und temporär unterschiedliche regionale Klimapolitiken zulässt.

Dieser szenariobasierte Bewertungsansatz für Transitionsrisiken wird von verschiedenen Faktoren getrieben: Grundlegend ist dabei zunächst die Unternehmensbewertung im Basis-szenario, in die neben dem Aktienkurs und den individuellen Dividendenerwartungen auch die jeweiligen nationalen klimapolitischen Zusagen einfließen. Die Informationen werden in unternehmensindividuellen impliziten Eigenkapitalkosten verdichtet, die in der Wertermittlung entscheidend mitbestimmen. Der für die meisten Unternehmen bedeutsamste Faktor ist der Verlauf des CO<sub>2</sub>-Preises in der jeweiligen Region: Gemeinsam mit den projizierten Treibhausgasemissionen bestimmt er darüber, wie sich die Emissionskosten des Unternehmens in einem Paris-konformen Szenario im Verhältnis zu seinen Emissionskosten im zuvor beschriebenen Basisszenario entwickeln. Diese Mehrkosten vermindern die projizierten unternehmens- und szenariospezifischen Dividenden. Darüber werden bei der Projektion der Dividenden die szenariospezifischen Produktionspfade für ausgewählte Sektoren berücksichtigt.

Die betrachteten Fälle einer 80 %igen Überwälzung der emissionsbezogenen Mehrkosten sowie der vollständigen Übernahme dieser Kosten durch das Unternehmen dienen dazu, die Bandbreite des möglichen Rückschlagpotenzials abzuschätzen. Im Ergebnis zeigt sich, dass bei Paris-konformer Dekarbonisierung der Unternehmen der größte Teil unter ihnen und ihrer Marktkapitalisierung selbst dann nur mit geringen Wertverlusten zu rechnen hat, wenn die CO<sub>2</sub>-Preise stark ansteigen. Demgegenüber erleidet eine Reihe von Aktien hohe Wertebüßen, deren Unternehmen für sehr hohe Treibhausgasemissionen verantwortlich sind und für die im Verhältnis dazu vergleichsweise kleine Dividenden erwartet werden. Ebenfalls stark betroffen sind Unternehmen mit einem Geschäftsschwerpunkt auf fossilen Energieträgern. Für diese Unternehmen kann es auch bei einer

*Spielraum zur Kostenüberwälzung bestimmt Bandbreite möglicher Verluste*

Paris-konformen Emissionsverringern zu einem Stranden kommen.

Das vorgestellte Maß liefert eine Risikoindikation für die Tragfähigkeit szenarioabhängiger

Emissionskosten. Ein solcher Indikator kann helfen, Wertänderungen im Zusammenhang mit Transitionsrisiken und die Gefahr eines klimabezogenen Strandens bestimmter Vermögenswerte besser abzuschätzen.

*Wertänderungen im Zusammenhang mit Transitionsrisiken*

## ■ Literaturverzeichnis

Allen, T., S. Dees, J. Boissinot, C. M. Caicedo Graciano, V. Chouard, L. Clerc, A. de Gaye, A. Devulder, S. Diot, N. Lisack, F. Pegoraro, M. Rabaté, R. Svartzman und L. Vernet (2020), Climate-related scenarios for financial stability assessment: an application to France, Banque de France, Working Paper 774, Juli 2020.

Baltzer, M., C. Bertram, J. Hilaire, C. Johnston und M. A. Weth (2022), The scenario-based equity price impact induced by greenhouse gas emissions, Diskussionspapier der Deutschen Bundesbank, erscheint demnächst.

Banque de France (2021), Developing climate transition scenarios to manage financial risks, Bulletin de la Banque de France 237/9, September-Oktober 2021.

Bauer, N., C. Bertram, A. Schultes, D. Klein, G. Luderer, E. Kriegler, A. Popp und O. Edenhofer (2020), Quantification of an efficiency-sovereignty trade-off in climate policy, Nature 588, S. 261–266.

Baumstark, L., N. Bauer, F. Benke, C. Bertram, S. Bi, C. C. Gong, J. P. Dietrich, A. Dirnauichner, A. Giannousakis, J. Hilaire, D. Klein, J. Koch, M. Leimbach, A. Levesque, S. Madeddu, A. Malik, A. Merfort, L. Merfort, A. Odenweller, M. Pehl, R. C. Pietzcker, F. Piontek, S. Rauner, R. Rodrigues, M. Rottoli, F. Scheyer, A. Schultes, B. Soergel, D. Soergel, J. Stremler, F. Ueckerdt, E. Kriegler und G. Luderer (2021), REMIND2.1: transformation and innovation dynamics of the energy-economic system within climate and sustainability limits, Geoscientific Model Development, 14, 6571–6603, 2021, DOI: 10.5194/gmd-14-6571-2021.

Battiston, S., A. Mandel und I. Monasterolo, F. Schütze und G. Visentin (2017), A climate stress-test of the financial system, Nature Climate Change 7, S. 283–288.

Battiston, S., I. Monasterolo, K. Riahi und B. J. van Ruijven (2021), Accounting for finance is key for climate mitigation pathways, Science 372, Issue 6545, S. 918–920, DOI: 10.1126/science.abf3877.

Boehm, S., K. Lebling, K. Levin, H. Fekete, J. Jaeger, R. Waite, A. Nilsson, J. Thwaites, R. Wilson, A. Geiges, C. Schumer, M. Dennis, K. Ross, S. Castellanos, R. Shrestha, N. Singh, M. Weisse, L. Lazer, L. Jeffery, L. Freehafer, E. Gray, L. Zhou, M. Gidden und M. Gavin (2021), State of Climate Action 2021: Systems Transformations Required to Limit Global Warming to 1.5°C. Washington, D. C.

Bolton, P. und M. Kacperczyk (2021), Do investors care about carbon risk?, Journal of Financial Economics 142, S. 517–549.

Deutsche Bundesbank (2021), Finanzstabilitätsbericht 2021.

Deutsche Bundesbank (2016), Bewertungsniveau am Aktienmarkt – Theoretische Grundlagen und Weiterentwicklung von Kennzahlen, Monatsbericht, April 2016, S. 15–30.

Dietrich, J.P., B.L. Bodirsky, F. Humpenöder, I. Weindl, M. Stevanovic, K. Karstens, U. Kreideweis, X. Wang, A. Mishra, D. Klein, G. Ambrósio, E. Araujo, A.W. Yalew, L. Baumstark, S. Wirth, A. Giannousakis, F. Beier, D.M.-C. Chen, H. Lotze-Campen und A. Popp (2019), MAGPIE 4 – a modular open-source framework for modelling global land systems, *Geoscientific Model Development*, 12, 1299–1317, DOI: 10.5194/gmd-12-1299-2019.

Dunz, N., A. Naqvi und I. Monasterolo (2021), Climate sentiments, transition risk, and financial stability in a stock-flow consistent model, *Journal of Financial Stability* 54, Juni 2021, 100872, DOI: 10.1016/j.jfs.2021.100872.

ECB/ESRB (2021), Climate-related risk and financial stability.

Glanemann, N., S.N. Willner und A. Levermann (2020), Paris Climate Agreement passes the cost-benefit test, *Nature Communications* 11, 110 (2020), DOI: 10.1038/s41467-019-13961-1.

Görgen, M., A. Jacob, M. Nerlinger, R. Riordan, M. Rohleder und M. Wilkens (2020), Carbon Risk, SSRN Working Paper.

Gollier, C. (2021), The cost-efficiency carbon pricing puzzle, CEPR Discussion Paper No. 15919.

Kriegler, E., N. Petermann, V. Krey, V.J. Schwanitz, G. Luderer, S. Ashina, V. Bosetti, J. Eom, A. Kitous, A. Lontzek, T.S.Y. Cai, K.L. Judd und T.M. Lenton (2015), Stochastic Integrated assessment of climate tipping points indicates the need for strict climate policy, *Nature Climate Change* 5, S. 441–444.

Kriegler, E., M. Tavoni, T. Aboumahboub, G. Luderer, K. Cavin, G. Demaere, V. Krey, K. Riahi, H. Rösler, M. Schaeffer und D.P. van Vuuren (2013), What does the 2 °C target imply for a global climate agreement in 2020? The limits study on Durban platform scenarios, *Climate Change Economics* 4(4), 1340008.

Luderer, G., M. Leimbach, N. Bauer, E. Kriegler, L. Baumstark, C. Bertram, A. Giannousakis, J. Hilaire, D. Klein, A. Levensque, I. Mouratiadou, M. Pehl, R. Pietzcker, F. Piontek, N. Roming, A. Schultes, V.J. Schwanitz und J. Strefler (2015), Description of the REMIND Model (Version 1.6).

McGlade, C. und P. Ekins (2015), The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2 °C, *Nature* 517, S. 187–190.

Meinshausen, M., N. Meinshausen, W. Hare, S.C.B. Raper, K. Frieler, R. Knutti, D.J. Frame und M.R. Allen (2009), Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2 °C, *Nature* 458, S. 1158–1162, DOI: 10.1038/nature08017.

Meinshausen, M., T. M. L. Wigley, S. C. B. Raper (2011), Emulating coupled atmosphere-ocean and carbon cycle models with a simpler model, *MAGICC6-Part1: Model description and calibration*, *Atmospheric Chemistry and Physics* 11, S. 1457–1471, DOI: 10.5194/acp-11-1457-2011.

Network for Greening the Financial System (2021a), *Climate Scenarios Database: Technical Documentation V2.2*, Juni 2021.

Network for Greening the Financial System (2021b), *Adapting central bank operations to a hotter world – Reviewing some options*, Technical document, März 2021.

Riahi, K., D. P. van Vuuren, E. Kriegler, J. Edmonds, B. O’Neill, S. Fujimori, N. Bauer, K. Calvin, R. Dellink, O. Fricko, W. Lutz, A. Popp, J. Crespo Cuaresma, M. Leimbach, L. Jiang, T. Kram, S. Rao, J. Emmerling, K. Ebi, T. Hasegawa, P. Havlik, F. Humpenöder, L. Aleluia Da Silva, S. Smith, E. Stehfest, V. Bosetti, J. Eom, D. Gernaat, T. Masui, J. Rogelj, J. Strefler, L. Drouet, V. Krey, G. Luderer, M. Harmsen, K. Takahashi, L. Baumstark, J. Doelman, M. Kainuma, Z. Klimont, G. Marangoni, H. Lotze-Campen, M. Obersteiner, A. Tabeau und M. Tavoni (2017), *The Shared Socioeconomic Pathways and their Energy, Land Use, and Greenhouse Gas Emissions Implications: An Overview*, *Global Environmental Change* 42: S. 153–168, DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009.

Riahi, K., E. Kriegler, N. Johnson, C. Bertram, M. den Elzen, J. Eom, M. Schaeffer, J. Edmonds, M. Isaac, V. Krey, T. Longden, G. Luderer, A. Méjean, D. L. McCollum, S. Mima, H. Turton, D. P. van Vuuren, K. Wada ... O. Edenhofer (2015), *Locked into Copenhagen pledges – Implications of short-term emission targets for the cost and feasibility of long-term climate goals*, *Technological Forecasting and Social Change* 90, S. 8–23.

Roelfsema, M., H. L. van Soest, M. Harmsen, D. P. van Vuuren, C. Bertram, M. den Elzen, N. Höhne, G. Iacobuta, V. Krey, E. Kriegler, G. Luderer, K. Riahi, F. Ueckerdt, J. Després, L. Drouet, J. Emmerling, S. Frank, O. Fricko, M. Gidden, F. Humpenöder, D. Huppmann, S. Fujimori, K. Fragkiadakis, K. Gi, K. Keramidas, A. C. Köberle, L. Aleluia Reis, P. Rochedo, R. Schaeffer, K. Oshiro, Z. Vrontisi, W. Chen, G. C. Iyer, J. Edmonds, M. Kannavou, K. Jiang, R. Mathur, G. Safonov und S. S. Vishwanathan (2020), *Taking stock of national climate policies to evaluate implementation of the Paris Agreement*, *Nature Communications*, 11, 2096 (2020).

Rogelj, P., M. Forster, E. Kriegler, C. J. Smith und R. Séférian (2019), *Estimating and tracking the remaining carbon budget for stringent climate targets*, *Nature* 571, 7765, S. 335–342, DOI: 10.1038/s41586-019-1368-z.

Roncoroni, A., S. Battiston, S., L. Escobar Farfán und S. Martinez Jaramillo (2021), *Climate risk and financial stability in the network of banks and investment funds*, *Journal of Financial Stability* 54, Juni 2021, 100870, DOI: 10.1016/j.jfs.2021.100870.

Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (2019), *Aufbruch zu einer neuen Klimapolitik*, Sondergutachten Juli 2019.

United Nations Framework Convention on Climate Change (2021), *Nationally Determined Contributions under the Paris Agreement*, Synthesis report by the Secretariat.



Vermeulen, R., E. Schets, M. Lohuis, B. Kölbl, D.-J. Jansen und W. Heeringa (2018), An energy transition risk stress test for the financial system of the Netherlands, De Nederlandsche Bank, Occasional Studies 16–7.

Welsby, D., J. Price, S. Pye und P. Ekins (2021), Unextractable fossil fuels in a 1.5°C world, *Nature* 597, S. 230–234.

World Resources Institute, World Business Council for Sustainable Development (2004), The Greenhouse Gas Protocol – A Corporate Accounting and Reporting Standard.