

VERSION 2.0

# Klimawandelszenarien im ORSA

Ansätze zur Umsetzung der aufsichtlichen Anforderungen  
29. März 2023





## **Klimawandelszenarien im ORSA**

### **Version 2.0**

#### **Herausgeber**

Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V.  
Wilhelmstraße 43 / 43 G, 10117 Berlin  
Postfach 08 02 64, 10002 Berlin  
Tel.: +49 30 2020-5000  
[www.gdv.de](http://www.gdv.de), [berlin@gdv.de](mailto:berlin@gdv.de)

#### **Verantwortlich**

Götz Treber  
Leiter Kompetenzzentrum Unternehmenssteuerung und Regulierung  
Tel.: +49 30 2020-5470  
E-Mail: [g.treber@gdv.de](mailto:g.treber@gdv.de)

#### **Autor/-innen**

Projektgruppe Klimawandelszenarien im ORSA  
Dr. Linda Michalk  
Dr. Wolfgang Reichmuth

#### **Publikationsassistenz**

Anja Birkenmaier  
Heike Strauß

#### **Redaktionsschluss dieser Ausgabe**

März 2023

Zweite, aktualisierte und erweiterte Auflage

#### **Alle Ausgaben**

auf [GDV.DE](http://GDV.DE)

#### **Disclaimer**

Die Inhalte wurden mit der erforderlichen Sorgfalt erstellt. Gleichwohl besteht keine Gewährleistung auf Vollständigkeit, Richtigkeit, Aktualität oder Angemessenheit der darin enthaltenen Angaben oder Einschätzungen.

© GDV 2023

# Vorwort zur zweiten Auflage

Der immer weiter voranschreitende Klimawandel wirkt sich zunehmend auch auf die aufsichtlichen Anforderungen an Versicherungsunternehmen aus. Im Jahr 2022 mussten die Unternehmen erstmals auch Klimawandelszenarien in ihre ORSA-Berichte einbeziehen. Zur Unterstützung seiner Mitgliedsunternehmen hatte der Verband kurzfristig mögliche Ansätze zur Umsetzung dieser Anforderung erarbeitet und im Februar 2022 veröffentlicht (Version 1.0).

In der Mitgliederbefragung für den Nachhaltigkeitsbericht des Verbandes hat sich gezeigt, dass diese Hilfestellung stark genutzt und sehr positiv bewertet wurde. Gleichzeitig hatte die Hilfestellung in einigen Bereichen auch noch Lücken. Eine Weiterentwicklung schien daher sinnvoll. Im September 2022 hat zudem das NGFS eine neue Generation seiner Klimawandelszenarien veröffentlicht, aus der sich neue Erkenntnisse ergeben. Der Verband legt nun eine aktualisierte und erweiterte neue Fassung (Version 2.0) der Ansätze für Klimawandelszenarien im ORSA vor.

Bei der Weiterentwicklung wurde die Darstellung der Szenarien und Modelle des NGFS völlig neu strukturiert und ist nun auch deutlich detaillierter. Im Bereich der

Methodik wurden Überlegungen zur Prüfung der Wesentlichkeit der Klimawandelrisiken ergänzt. Bei den Auswirkungen auf die Kapitalanlagen hat die neue Szenarien-Generation des NGFS umfangreiche Änderungen nach sich gezogen. Darüber hinaus wird nun u. a. auf den Aspekt der Modellaktualität, auf die Grundzüge der gesamten Transition und auf mögliche portfolio-spezifische Betrachtungen eingegangen. Daneben spielen Fragen der Modellunsicherheit eine sehr viel größere Rolle als bisher. Auch bei den Auswirkungen auf die Personenversicherung gab es Umstrukturierungen und Ergänzungen, vor allem zur Luftverschmutzung. Bei den Auswirkungen auf die Schaden-/Unfallversicherung wurden Beispiele konkreter Quantifizierungsansätze für die Gefahren Überschwemmung und Hagel ergänzt. Darüber hinaus wurden Überlegungen zu Starkregen hinzugefügt.

Wir hoffen, dass die vorliegende Version 2.0 noch einmal neue Denkanstöße und Erkenntnisse enthält und für viele Unternehmen eine nützliche Hilfe darstellen kann.

Berlin im März 2023



# Inhalt

<b>Vorwort zur zweiten Auflage</b> .....	03
<b>Inhalt</b> .....	05
<b>Einleitung</b> .....	07
<b>1. Regulatorische Anforderungen</b> .....	10
<b>2. Szenarien und Modelle</b> .....	15
<b>2.1 Klimawandelszenarien des NGFS</b> .....	15
<b>2.1.1 Grundlegendes zu den Szenarien</b> .....	15
<b>2.1.2 Szenariodefinitionen</b> .....	17
<b>2.2 Szenariobewertung und -auswahl</b> .....	18
<b>2.2.1 Abbildung physischer Risiken</b> .....	18
<b>2.2.2 Abbildung von Transitionsrisiken</b> .....	19
<b>2.2.3 Einschätzung des NGFS zu den Risiken</b> .....	21
<b>2.3 Referenzszenario</b> .....	21
<b>2.3.1 Ansätze für einen geeigneten Vergleich</b> .....	21
<b>2.4 Integrated Assessment Models</b> .....	22
<b>2.4.1 Modelleigenschaften</b> .....	22
<b>2.4.2 Modellunsicherheit und Modellauswahl</b> .....	24
<b>2.5 NiGEM-Modell</b> .....	26
<b>2.6 Exkurs: Szenarien und Risikobegriff</b> .....	27
<b>3. Methodik</b> .....	28
<b>3.1 Grundlegende Überlegungen</b> .....	28
<b>3.2 Spezielle Aspekte der Kapitalanlage</b> .....	31
<b>3.3 Spezielle Aspekte der Personenversicherung</b> .....	31
<b>3.4 Spezielle Aspekte der Schaden-/Unfallversicherung</b> .....	32
<b>3.5 Überprüfung der Wesentlichkeit</b> .....	32
<b>4. Auswirkungen auf die Kapitalanlagen</b> .....	34
<b>4.1 Qualitative Analyse</b> .....	34
<b>4.2 Prämissen der quantitativen Analyse</b> .....	34
<b>4.2.1 Aktualität und Modellfokus</b> .....	34
<b>4.2.2 Systematik der Darstellungen</b> .....	35
<b>4.3 Grundzüge der Transition</b> .....	35
<b>4.3.1 Langfristige Änderungen im Energiebereich</b> .....	36
<b>4.3.2 Zu erwartende Folgen für die Wirtschaftsleistung</b> .....	38
<b>4.3.3 Zu erwartende Auswirkungen auf die Kapitalmärkte</b> .....	38
<b>4.4 Sektorspezifische Betrachtungen und Ableitung von Spreads</b> .....	39
<b>4.4.1 Skalierungsfaktoren und Anwendung auf Aktien</b> .....	39
<b>4.4.2 Übertragung auf Unternehmensanleihen</b> .....	42
<b>4.5 Portfoliospezifische Betrachtungen</b> .....	44
<b>4.5.1 Spreizungsfaktoren auf Grundlage von Expertenschätzungen</b> .....	44
<b>4.5.2 PACTA</b> .....	45

4.6	Spezielle Finanz- und makroökonomische Risiken .....	46
4.6.1	Bruttoinlandsprodukt .....	46
4.6.2	Aktien .....	47
4.6.3	Zinsen .....	50
4.6.4	Spreads .....	52
4.6.5	Immobilien .....	52
4.6.6	Wechselkurse .....	53
4.6.7	Inflation .....	53
4.6.8	Arbeitslosigkeit .....	54
<b>5.</b>	<b>Auswirkungen auf die Personenversicherung .....</b>	<b>55</b>
5.1	Generelle Betroffenheit .....	55
5.2	Risiken für Leben und Gesundheit .....	56
5.2.1	Temperatur .....	56
5.2.2	Luftverschmutzung .....	58
5.2.3	Weitere potenzielle Gesundheitsgefahren .....	60
5.3	Stornorisiko .....	61
5.4	Kostenrisiko .....	62
<b>6.</b>	<b>Auswirkungen auf die Schaden-/Unfallversicherung .....</b>	<b>63</b>
6.1	Ansätze zur Quantifizierung des Änderungsrisikos physischer Risiken	63
6.2	Physische Risiken .....	64
6.2.1	Sturm .....	64
6.2.2	Überschwemmung .....	66
6.2.3	Hagel .....	71
6.2.4	Waldbrand/Dürre .....	73
6.3	Rückversicherung .....	74
6.4	Transitionsrisiken .....	75
<b>7.</b>	<b>Sonstige Risiken .....</b>	<b>77</b>
<b>8.</b>	<b>Kritische Auseinandersetzung mit den Ergebnissen .....</b>	<b>78</b>
8.1	Übergreifende Überlegungen .....	78
8.2	Kapitalanlage .....	79
8.3	Personenversicherung .....	80
8.4	Schaden-/Unfallversicherung .....	80
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>81</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>84</b>
	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>85</b>
	<b>Mitwirkende .....</b>	<b>86</b>

# Einleitung

Mit ihrer Nachhaltigkeitspositionierung bekennen sich die deutschen Versicherer zu den Sustainable Development Goals der Vereinten Nationen und den Zielen des Pariser Klimaschutzabkommens.<sup>1</sup> Sie unterstützen das Ziel einer umfassenden Dekarbonisierung der europäischen Wirtschaft und sind bereit, ihren Beitrag dafür zu leisten.

Der sich beschleunigende Klimawandel bringt für die Gesellschaft Gefahren und Belastungen mit sich, die desto stärker ausfallen, je weniger und je später Gegenmaßnahmen ergriffen werden. Ein möglichst rascher Übergang zu einer nachhaltigeren Art des Wirtschaftens und Lebens erscheint unausweichlich. Für die Wirtschaft ist aber nicht nur der Klimawandel selbst, sondern auch dieser Übergang – die „Transition“ – mit erheblichen Umwälzungen und Unsicherheiten verbunden.

Für die deutsche Versicherungswirtschaft gehört die Auseinandersetzung mit dem Klimawandel zu einer nachhaltigen Geschäftstätigkeit. Als Risikoträger und Investor stehen die Versicherungsunternehmen vor der Aufgabe, mit dem Klimawandel und der Transition verbundene Risiken vorausschauend zu identifizieren und zu bewerten. Dazu können Szenarioanalysen dienen, in denen mögliche Entwicklungen exemplarisch untersucht werden. Dies ist mittlerweile auch eine Anforderung, die seitens der Aufsicht an die Unternehmen gestellt wird. Erkenntnisse daraus sollen in der Geschäftsplanung und -strategie berücksichtigt und in den ORSA-Berichten<sup>2</sup> dargestellt werden.

Für viele Unternehmen stellt diese neue Aufgabe eine Herausforderung dar. Der Verband hat deshalb mit einer Projektgruppe, in der Mitgliedsunternehmen verschiedener Sparten sowie der Verband der Privaten Krankenversicherung vertreten sind, Ansätze zur Umsetzung der aufsichtlichen Anforderungen an Klimawandelszenarien im ORSA erarbeitet. Nachdem 2022 die erste Fassung veröffentlicht wurde, wird mit dem vorliegenden Dokument nun eine zweite, deutlich

überarbeitete und erweiterte Fassung (Version 2.0) vorgelegt.

Das Dokument soll Denkanstöße geben und Möglichkeiten aufzeigen, wie die Unternehmen das Thema Klimawandelrisiken im ORSA angehen und sich den Anforderungen der Aufsicht annähern könnten. Die konkrete Umsetzung in den Unternehmen muss sich jedoch am eigenen Risikoprofil und den jeweiligen Möglichkeiten orientieren und steht ausschließlich in der Verantwortung der Unternehmen. Alle Aussagen im vorliegenden Dokument sind unverbindlich und die beschriebenen Ansätze als exemplarisch zu verstehen. Der Verband übernimmt keine Haftung für Fehler und unterschiedliche Interpretationen.

Die BaFin hat eine Bewertung materieller Klimawandelrisiken mit Hilfe entsprechender Szenarien bereits in den 2022 einzureichenden ORSA-Berichten erwartet. Aufgrund der sehr knapp bemessenen Frist hatte der Verband sich entschieden, möglichst rasch erste Ansätze zur Verfügung zu stellen, die bei der praktischen Umsetzung helfen könnten. Dies ist mit der Veröffentlichung der Version 1.0 im Februar 2022 geschehen. Wie geplant wurden die Arbeiten danach fortgesetzt und das Papier um Aspekte erweitert, die in der Kürze der Zeit in Version 1.0 nicht umgesetzt werden konnten. Der vorliegende, überarbeitete Stand (Version 2.0) erhebt dennoch nicht den Anspruch einer erschöpfenden Darstellung des Themas. Keinesfalls ist beabsichtigt, einheitliche Marktstandards zu definieren oder verbindliche Ansätze zur Umsetzung der aufsichtlichen Anforderungen vorzugeben.

Abschließend sei noch auf die Guidance<sup>3</sup> der EIOPA zu Klimawandelszenarien im ORSA hingewiesen, die am 2. August 2022 veröffentlicht wurde. Diese – nicht bindende – Guidance soll für die Versicherungsunternehmen ebenfalls eine praktische Starthilfe zur Umsetzung von Klimawandelanalysen im ORSA bieten, ohne andere Ansätze auszuschließen.

<sup>1</sup> Vgl. GDV (2023).

<sup>2</sup> Das ORSA ist die eigene Risiko- und Solvenzbeurteilung (Own Risk and Solvency Assessment) der Versicherungsunternehmen.

<sup>3</sup> Vgl. EIOPA (2022a).

## ÜBERBLICK

In Kapitel 1 werden die regulatorischen Anforderungen geschildert, die sich vor allem aus der Opinion<sup>4</sup> der EIOPA zu Klimawandelszenarien im ORSA vom 19. April 2021 ergeben. Zusätzlich werden Konkretisierungen der aufsichtsrechtlichen Erwartungen aus Gesprächen mit der BaFin (unter anderem in dem BaFin-Workshop im März 2021) und den BaFin-Hinweisen<sup>5</sup> zum Solvency-II-Berichtswesen vom 26. September 2022 dargestellt.

In Kapitel 2 werden die Szenarien und Modelle des NGFS vorgestellt und erläutert, die in diesem Dokument als Grundlage der Analysen genutzt werden. Dabei wird u. a. auf die Szenarioauswahl, die Frage des Referenzszenarios und das Thema Modellunsicherheit eingegangen. Zusätzliche Quellen, die u. a. auch weitere Möglichkeiten zur Auswahl der Szenarien bieten, werden in einer separaten Materialsammlung aufgeführt, die jedoch seit Anfang 2022 nicht weiter aktualisiert wurde. Neuere Quellen sind daher in der Sammlung nicht enthalten.

Kapitel 3 stellt verschiedene Ansätze vor, wie die Bewertung von Klimaszenarien methodisch erfolgen könnte. Dabei werden Überlegungen zu Projektionen, Mehrperiodigkeit, Geschäftsentwicklung und zum Zeithorizont angestellt. Anschließend werden kurz spezielle methodische Aspekte in Bezug auf Kapitalanlage, Personen- und Schaden-/Unfallversicherung beleuchtet. Außerdem gibt dieses Kapitel Anhaltspunkte, wie Unternehmen potenziell wesentliche Risiken des Klimawandels für ihre Geschäftstätigkeit ermitteln können.

In Kapitel 4 werden die Auswirkungen der Transition auf die Kapitalanlage diskutiert. Nach ein paar Worten zu qualitativen Analysen wird zunächst auf einige Prämissen der quantitativen Analyse (u. a. die Frage der Aktualität) eingegangen, bevor die Transition und ihre zu erwartenden Auswirkungen auf die Kapitalanlagen in Grundzügen skizziert werden. Für sektor- und portfoliospezifische Betrachtungen sowie zur Herleitung von Spreads werden mögliche Ansätze vorgestellt. Schließlich werden die projizierten Entwicklungen für die Kapitalanlage wichtiger Größen wie Aktien, Zins, Spreads und Immobilien sowie ausgewählter makroökonomischer Größen wie Wirtschaftsleistung und Inflation vorgestellt. Dabei wird insbesondere auch die Modellunsicherheit thematisiert

In Kapitel 5 werden mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf die Personenversicherung, d. h. auf die Versicherungstechnik der Lebens- und Krankenversicherer, analysiert. Dabei werden verschiedene Einflussfaktoren auf Leben und Gesundheit, wie z. B. Temperatur oder Luftverschmutzung, in Teilen quantitativ und ansonsten qualitativ betrachtet. Darüber hinaus wird der mögliche Einfluss der Transition auf das Storno- und das Kostenrisiko angesprochen.

In Kapitel 6 wird der Einfluss des Klimawandels auf die versicherungstechnischen Risiken der Schaden-/Unfallversicherung dargestellt. Dabei werden die Auswirkungen der physischen Risiken auf die einzelnen Risiken Sturm, Überschwemmung, Hagel sowie Dürre und Waldbrand beleuchtet. Es werden methodische Ansätze vorgestellt, die es ermöglichen könnten, Aussagen über Jährlichkeiten zu treffen. Für die Gefahren Überschwemmung und Hagel wird beispielhaft erläutert, wie eine mögliche Quantifizierung konkret aussehen könnte. Abschließend werden Denkanstöße zum Umgang mit Rückversicherungsverträgen im Kontext mit Klimawandel gegeben und die Bedeutung von Transitionsrisiken für Schaden-/Unfallversicherer diskutiert.

Kapitel 7 reißt kurz sonstige Risiken an, die sich im Zusammenhang des Klimawandels ergeben könnten. Dazu gehören operationelle Risiken, Reputationsrisiken und Liquiditätsrisiken.

Kapitel 8 soll Denkanstöße für eine kritische Auseinandersetzung mit den Ergebnissen aus den Klimawandelszenarien geben. Dazu wird eine Reihe möglicher Fragen formuliert. Generell dient das Kapitel der Einordnung von Ergebnissen aus Klimawandelszenarien jedweder Art, die notwendigerweise einen beispielhaften Charakter haben und mit großen Unsicherheiten verbunden sind. Auch hier wird noch einmal separat auf Kapitalanlagen, Personenversicherung und Schaden-/Unfallversicherung eingegangen.

## NGFS-LIZENZ

Für die Darstellungen der Entwicklung wirtschaftlicher Größen in diesem Dokument und der dazugehörigen Datei *Daten\_NGFS\_Bundesbank.xlsx* wurden Daten aus dem [NGFS Scenario Explorer](#) genutzt. Bei dem NGFS handelt es sich um das Network for Greening the Financial System (im Folgenden auch "Rechteinhaber" genannt), einem weltweiten Zusammenschluss von Zentralbanken und Aufsichtsbehörden. Alle Daten unterliegen einem Urheberrechtsschutz des Rechteinhabers, der daran einfache

<sup>4</sup> Vgl. (EIOPA (2021a).

<sup>5</sup> Vgl. BaFin (2022).

Datenbankrechte nach dem EU-suigeneris-Datenbankschutz geltend macht. Der Rechteinhaber stellt den NGFS Scenario Explorer den Nutzern aber kostenfrei zur Verfügung. Dies geschieht unter Ausschluss der Gewährleistung sowie unter Einbezug der unter <https://data.ene.iiasa.ac.at/ngfs/#/license> einsehbaren Lizenzvereinbarung, die als Public License eine Adaption der Creative Commons Attribution 4.0 International Public License darstellt. Mit der Nutzung des NGFS Scenario Explorers werden die zugrundeliegenden Daten durch Anwendung von Szenarien einer Bearbeitung unterzogen. Die in Kapitel 2 und 4 enthaltenen Abbildungen und die entsprechenden Daten in der oben genannten Datei sind das Ergebnis dieser Bearbeitung. Das Urheberrecht des Rechteinhabers setzt sich an diesen Abbildungen und Daten fort.

# 1. Regulatorische Anforderungen

## HINTERGRUND

Im Jahr 2018 hat die EU-Kommission mit ihrem Aktionsplan zur Finanzierung nachhaltigen Wachstums und mit dem daraus resultierenden Call for Advice zur Integration von Nachhaltigkeit in Solvency II den Startschuss für das Thema Klimawandelszenarien im ORSA gegeben.

So steht in der EIOPA-Opinion<sup>6</sup> zu Nachhaltigkeit in Solvency II vom 30. September 2019 in Bezug auf ORSA u. a.:

- Die Analyse von Szenarien ermöglicht es den Unternehmen, die Auswirkungen von Nachhaltigkeitsrisiken über den Zeithorizont von einem Jahr hinaus zu berücksichtigen. Eine solche Analyse sollte in das Risikomanagement, die Unternehmensführung und den ORSA der Unternehmen eingebettet sein. Dies sollte die Unternehmen in die Lage versetzen, die mit dem Klimawandel verbundenen Risiken, denen sie ausgesetzt sind, vorausschauend zu ermitteln und zu bewerten und die Geschäftsplanung und -strategie zu untermauern.
- Der Klimawandel wird wahrscheinlich die Häufigkeit/Schwere von Naturkatastrophen erhöhen. Solche erwarteten Schwankungen müssen in den Risikomanagementstrategien vorausschauend im ORSA erfasst werden. Daten aus der Vergangenheit allein ermöglichen wahrscheinlich keine belastbare Vorhersage für zukünftige Risiken.

Die EIOPA schreibt dort, dass weitere Arbeiten erforderlich seien, um eine einheitliche Reihe von quantitativen Parametern zu definieren, die in Klimawandelszenarien verwendet werden könnten und die die Unternehmen dann gegebenenfalls in ihre ORSA-, Risikomanagement- und Governance-Praktiken übernehmen können.

Im April 2021 hat die EIOPA in einer weiteren Opinion, die speziell Klimawandelszenarien im ORSA gewidmet ist (EIOPA, 2021a), ihre Erwartungen konkretisiert, was Unternehmen bei der Anwendung dieser Szenarien beachten sollen. Ein expliziter Anwendungsbeginn

wird nicht genannt, jedoch heißt es, dass die EIOPA das Monitoring der Anwendung zwei Jahre nach Veröffentlichung – also mit den ORSA-Berichten im Jahr 2023 – beginnt.

Seit dem August 2022 müssen gemäß der Delegierten Verordnung 2021/1256<sup>7</sup> zur Änderung der Delegierten Rechtsakte zu Solvency II Versicherungsunternehmen Nachhaltigkeitsrisiken in ihr Risikomanagement und ihr ORSA integrieren.

Klimawandelszenarien auch auf Ebene der Solvency-II-Richtlinie in den aufsichtlichen Prozess zu integrieren, wird als Maßnahme 3(d) in der Renewed Sustainable Finance Strategy<sup>8</sup> der EU-Kommission von Juli 2021 genannt. Dies spiegelt sich in den Vorschlägen der EU-Kommission zum Solvency-II-Review vom September 2021 entsprechend wider. Bei entsprechender Umsetzung würde die bestehende Anforderung aus der EIOPA-Opinion, Klimawandelszenarien zu rechnen, auf Richtlinienenebene verankert. Der Anwendungsbeginn der Richtlinienänderungen steht noch nicht fest, wird aber voraussichtlich nicht vor 2025 erwartet.

Im Folgenden werden die wesentlichen Inhalte der EIOPA-Opinion zu Klimawandelszenarien im ORSA (EIOPA, 2021a) vorgestellt.

## ZIELE DER OPINION

Die Opinion legt die Erwartungen der EIOPA an die zuständigen nationalen Behörden dar, wie die Integration von Klimawandelszenarien durch Versicherer in ihr ORSA unter Anwendung eines risikobasierten und verhältnismäßigen Ansatzes überwacht werden soll:

- Die aufsichtliche Konvergenz soll in Europa verbessert werden.
- Das vorausschauende Management der Klimawandelsrisiken soll in der kurzfristigen als auch langfristigen Perspektive gefördert werden.

<sup>6</sup> Vgl. EIOPA (2019).

<sup>7</sup> Vgl. Europäische Kommission (2021a).

<sup>8</sup> Vgl. Europäische Kommission (2021b).

- Die Klimaszenarien der Unternehmen müssen (weiter-) entwickelt werden, wenn neue Methoden verfügbar sind und die Unternehmen Erfahrungen gesammelt haben.
- Die verwendeten Szenarien sollen zu einem gewissen Grad standardisiert sein. Dabei sollen die Konsistenz auf dem Markt und die Individualität der ORSAs ausbalanciert sein.
- Technologische Risiken, z. B., wenn eine weniger klimaschädliche Technologie eine klimaschädlichere Technologie ersetzt.
- Marktstimmungsrisiken, z. B., wenn sich die Entscheidungen von Verbrauchern und Geschäftskunden hin zu weniger klimaschädlichen Produkten und Dienstleistungen verschieben.

## KLIMAWANDELRIKEN IN DER KURZ- UND LANGFRISTPERSPEKTIVE

Die Risiken sollen in der Kurzfristperspektive betrachtet werden. Dabei sollen nicht nur physische Risiken (z. B. wegen Häufigkeit, Stärke und Verteilung von Extremwetterereignissen), sondern auch Transitionsrisiken (z. B. wegen Einführung einer CO<sub>2</sub>-Steuer oder technologischer Neuerungen) betrachtet werden.

In der Langfristperspektive sollen Szenarien für die strategische Planung und Geschäftsstrategie informativ eingesetzt werden. Dabei könnten strategische Möglichkeiten sowie Herausforderungen im Blickfeld sein (wie z. B. Geschäftsmodell, Risikoprofil, Versicherbarkeit, Bezahlbarkeit, Solvenzlage, etc.).

## DEFINITION VON KLIMAWANDELRIKEN

Klimawandelrisiken/Nachhaltigkeitsrisiken sind keine eigene Risikokategorie, sondern materialisieren sich über die nachfolgenden bereits bekannten Risikoarten.

**Transitionsrisiken** sind Risiken, die sich aus dem Übergang zu einer kohlenstoffarmen und klimaresistenten Wirtschaft ergeben. Sie umfassen:

- Politische Risiken, z. B. als Folge von Energieeffizienz-anforderungen, CO<sub>2</sub>-Preis-Mechanismen oder politischen Maßnahmen zur Förderung einer nachhaltigen Landnutzung.
- Rechtliche Risiken, z. B. das Risiko von Rechtsstreitigkeiten, wenn negative Auswirkungen auf das Klima nicht vermieden oder minimiert werden oder wenn eine Anpassung an den Klimawandel nicht erfolgt.<sup>9</sup>

<sup>9</sup> Vgl. NGFS (2021). Solche Haftungs- bzw. Prozessrisiken werden teilweise auch als eigene Risikoart verstanden. Insbesondere durch die Möglichkeit der Risikoübertragung durch Haftpflichtversicherungen (wie z. B. allgemeine Haftpflicht, Berufshaftpflicht oder D&O-Versicherung) sind diese Risiken von besonderer Bedeutung für Versicherungsunternehmen.

- Reputationsrisiken, z. B. die Schwierigkeit, Kunden, Mitarbeiter, Geschäftspartner und Investoren zu gewinnen und zu halten, wenn ein Unternehmen im Ruf steht, das Klima zu schädigen.

**Physische Risiken** sind Risiken, die sich aus den physischen Auswirkungen des Klimawandels ergeben. Sie umfassen:

- Akute physische Risiken, die sich aus bestimmten Ereignissen ergeben, insbesondere wetterbedingten Ereignissen wie Stürmen, Überschwemmungen, Bränden oder Hitzewellen, die Produktionsanlagen beschädigen und Wertschöpfungsketten unterbrechen können.
- Chronische physische Risiken, die sich aus längerfristigen Veränderungen des Klimas ergeben, wie z. B. Temperaturveränderungen, Anstieg des Meeresspiegels, verringerte Wasserverfügbarkeit, Verlust der biologischen Vielfalt und Veränderungen der Produktivität von Land und Boden.

In Anlage A zu Anhang II zur Delegierten Verordnung 2021/2139<sup>10</sup>, die Screening-Kriterien zu den Umweltzielen Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel enthält, werden physische Risiken wie in Tabelle 1 dargestellt klassifiziert (die Klassifizierung ist aber nicht abschließend).

## MATERIALITÄTBEWERTUNG

Die Materialität von Klimawandelrisiken soll durch eine Kombination von qualitativen und quantitativen Analysen identifiziert werden. Dazu schreibt die EIOPA (vgl. Rz. 3.8–3.14 in EIOPA (2021a)):

- Qualitative Analysen können einen Einblick geben zu Aufsichtsrisiken wie Marktrisiko, Gegenparteirisiko,

Daneben können diese Risiken auch aus direkten Ansprüchen gegen Versicherer (z. B. aufgrund unzureichender Offenlegung) entstehen.

<sup>10</sup> Vgl. Europäische Kommission (2021c).

### Klassifikation von Klimagefahren durch die EU-Kommission

Tabelle 1 · Anlage A zu Anhang II zur Delegierten Verordnung (EU) 2021/2139

	TEMPERATUR	WIND	WASSER	FESTSTOFFE
Chronisch	Temperaturänderung (Luft, Süßwasser, Meerwasser)	Änderung der Windverhältnisse	Änderung der Niederschlagsmuster und -arten (Regen, Hagel, Schnee/Eis)	Küstenerosion
	Hitzestress		Variabilität von Niederschlägen oder der Hydrologie	Bodendegradierung
	Temperaturvariabilität		Versauerung der Ozeane	Bodenerosion
	Abtauen von Permafrost		Salzwasserintrusion	Solifluktion
			Anstieg des Meeresspiegels	
Akut	Hitzewelle	Zyklon, Hurrikan, Taifun	Dürre	Lawine
	Kältewelle/Frost	Sturm (einschließlich Schnee-, Staub- und Sandstürme)	Starke Niederschläge (Regen, Hagel, Schnee/Eis)	Erdrutsch
	Wald- und Flächenbrände	Tornado	Hochwasser (Küsten-, Flusshochwasser, pluviales Hochwasser, Grundhochwasser)	Bodenabsenkung
			Überlaufen von Gletscherseen	

Quelle: Europäische Kommission (2021c)

- versicherungstechnisches Risiko, operationelles Risiko, Reputationsrisiko, strategisches Risiko, etc.
- Quantitative Analysen können zur Bewertung des Exposures von Kapitalanlage- und Versicherungsportfolien in Bezug auf Transitionsrisiken und physische Risiken als integrale Bestandteile der bekannten Risikoarten genutzt werden.
- Bei den Analysen sollen künftige Auswirkungen des Klimawandels berücksichtigt werden.
- Rückversicherungsschutz physischer Risiken ist laut der EIOPA kein Grund für deren Nicht-Materialität.
- Bei Nicht-Materialität von Risiken muss eine Erklärung für die Gründe angegeben werden.
- Anhaltspunkte wie die Materialitätsbewertung erfolgen könnte, werden in Abschnitt 3.5 gegeben.
- Erst eine große Spanne an Szenario-Ergebnissen mit den verbundenen Risiken und Unsicherheiten ermöglicht dem Management einen hinreichend tiefen Einblick für Entscheidungen und Maßnahmen.
- Die Unsicherheit nimmt bei einem langen Modellierungs-Zeithorizont zu (getrieben durch externe Faktoren wie Demografie, ökonomische Entwicklung, Politik zu CO<sub>2</sub>-Emissionen, technischer Wandel, Marktstimmung, etc.) und ergibt eine Vielzahl an denkbaren, künftigen Zuständen.
- Mindestens zwei langfristige Szenarien sollten gerechnet werden:
  - Ein Klimawandelszenario, bei dem der globale Temperaturanstieg unter 2 °C bleibt, vorzugsweise nicht mehr als 1,5 °C, im Einklang mit den Verpflichtungen der EU (und Deutschlands);<sup>11</sup>
  - ein Klimawandelszenario, bei dem der globale Temperaturanstieg 2 °C übersteigt.

### UMFANG DER KLIMAWANDELRSIKEN

Materielle Risiken sollen – wo angemessen – anhand einer hinreichend breiten Spannweite an kurz- und langfristigen Szenarien bewertet werden (vgl. Rz. 3.15–3.21 in EIOPA (2021a):

- Das Ziel ist, die Robustheit der Geschäftsstrategie unter möglichst vielen verschiedenen Bedingungen zu bewerten.

<sup>11</sup> Mit der umgangssprachlichen Formulierung eines Temperaturanstiegs um x Grad Celsius ist ein Anstieg um x Kelvin gemeint.

## PROJEKTIONEN DER BILANZ

Generell stellt die EIOPA in der Opinion (in Rz 3.23) ihre Erwartung klar, dass bei der Darstellung der Bilanz, der Solvenzkapitalanforderung und des Gesamtsolvabilitätsbedarfs bei einem kurzfristigen Zeithorizont ein hohes Maß an Genauigkeit gegeben sein muss. Hingegen darf, je länger der Zeithorizont ist, die Projektion der Bilanz desto ungenauer ausfallen (Rz. 3.22).

Für einen (sehr) kurzfristigen Betrachtungszeitraum gilt, dass Unternehmen die aktuelle Bilanz generell als Grundlage für ihre Analyse heranziehen können und keine Projektion der Bilanz vornehmen müssen. Für andere, auch langfristige Zeithorizonte erlaubt die EIOPA die Verwendung der aktuellen Bilanz als Vereinfachung und stellt dies als Möglichkeit dar, Mehrperiodigkeit zu vermeiden (Rz. 5.14–5.15).

Als weitere denkbare Variante beschreibt die EIOPA eine teilweise Projektion der Bilanz, um nicht die komplette Bilanz fortschreiben zu müssen und dennoch den langfristigen Charakter der Klimawandelszenarien zu bewahren. Beispielsweise könnte so die Schadenentwicklung für verschiedene Naturgefahren oder Regionen projiziert werden, oder die Aktivseite der Bilanz könnte isoliert betrachtet werden, um Auswirkungen der Transitionsrisiken auf das Kapitalanlageportfolio im Zeitverlauf zu bewerten (Rz. 5.16).

Die EIOPA schreibt, dass die komplette Projektion der Bilanz einige Vorteile wie die Gewährleistung der internen Konsistenz und die Kompatibilität von Maßnahmen hätte, dennoch könne es nicht das Ziel sein, alle einzelnen Bilanzbestandteile im Detail in die Zukunft fortzuschreiben, sondern sich vor allem auf die für die Analyse wichtigen Bestandteile zu fokussieren. Als Beispiele nennt die EIOPA die Berücksichtigung des Neugeschäfts in der Projektion der Verbindlichkeiten und die Antizipation eines Anstiegs des SCR für gezeichnete Risiken (Rz. 5.17–5.18).

## ZEITHORIZONT

Die EIOPA stellt in ihrer Opinion (Rz. 3.3) klar, dass der Zeithorizont für die Bewertung der langfristigen Klimawandelrisiken anhand der Szenarioanalysen länger ausfallen könnte als der übliche Zeithorizont im ORSA. Sie definiert den Zeithorizont für die Betrachtung des Klimawandels im ORSA folgendermaßen:

- **Aktueller Klimawandel:** Bisherige Aufzeichnungen der Auswirkungen

- **Kurzfristiger Klimawandel:** Ausblick auf die nächsten 5 bis 10 Jahre
- **Mittelfristiger Klimawandel:** Ausblick auf die nächsten 30 Jahre
- **Langfristiger Klimawandel:** Ausblick auf die nächsten 80 Jahre (bis zum Ende des Jahrhunderts)

Die aktuellen Hinweise<sup>12</sup> zum Solvency-II-Berichtswesen der BaFin, die am 26. September 2022 veröffentlicht wurden, legen unter anderem die Erwartungshaltung der BaFin zur Anwendung von Klimawandelszenarien einschließlich des Zeithorizonts der Szenarien dar:

*„Im ORSA-Bericht sind Klimaänderungsrisiken explizit zu adressieren, zumindest, wenn sie materiell für das Unternehmen sind. In diesem Fall ist auf die kurz- und langfristige Perspektive (5–10 bzw. 15–30 Jahre) für das Unternehmen einzugehen.“*

Dabei ist zu beachten, dass der von der BaFin genannte Zeithorizont kürzer ist als der von der EIOPA in ihrer Opinion geforderte.

Konkret heißt das, dass es Unternehmen in Deutschland derzeit erlaubt ist, eine andere Wahl für den langfristigen Zeithorizont zu treffen als in der EIOPA-Opinion (EIOPA, 2021a) genannt. Damit könnte sich auch eine gewisse, dazu konsistente, Verschiebung der anderen zeitlichen Perspektiven ergeben.

Auch die Beispiele in der Guidance der EIOPA (EIOPA, 2022a) orientieren sich eher an dem kurzfristigen oder mittelfristigen Zeithorizont.

Wie ein möglicher Umgang mit den unterschiedlichen Zeithorizonten in der praktischen Anwendung aussehen könnte, wird in Kapitel 3 dargestellt.

## (WEITER-) ENTWICKLUNG DER KLIMAWANDELANALYSEN

Die EIOPA und die BaFin erwarten eine (Weiter-)entwicklung der Szenarien bei Umfang, Tiefe und Methoden:

- Zunächst kann der Fokus auf Haupttreiber und What-If-Analysen gelegt werden, um Langfrist-Szenarien zu vereinfachen.

<sup>12</sup> Vgl. BaFin (2022).

- Unternehmen sollen Expertise und Kapazitäten (weiter-) entwickeln.
- Heutige Szenarien enthalten (noch) nicht alle relevanten Informationen Transitions- und physischen Risiken.
- Wenn langfristige, multi-periodische Szenarien gerechnet werden, entstehen neue Herausforderungen.
- Systematische Verbesserungen der Analysen sind das Ziel.

Ein wichtiges Anliegen für die Aufsicht ist, dass die Versicherungsunternehmen die Analyse der Klimawandelrisiken weiterentwickeln oder – sofern noch nicht geschehen – umgehend mit der Auseinandersetzung bezüglich der Klimawandelrisiken beginnen. Auch wenn beispielsweise die Daten und Methoden den Unternehmen in der eigentlich erforderlichen Granularität und Qualität noch nicht vorliegen, so ist es ausdrücklich von der Aufsicht erwünscht, mit der vorhandenen Grundlage zu starten. Dafür könnten auch neue Wege erforderlich sein und z. B. einfachere Annahmen und Methoden als sonst üblich verwendet oder im Bereich der Kapitalanlage auf öffentlich bekannte Ergebnisse/Tools großer Vermögensverwalter, Indexanbieter usw. zurückgegriffen werden. Ein Abwarten, bis die erwünschte Datenbasis vorhanden bzw. so weit fortgeschritten ist, dass Unternehmen diese Risiken genauso akkurat wie z. B. ihre versicherungstechnischen Risiken bewerten können, lehnt die BaFin ab. Die Unternehmen sollen dagegen schon jetzt die vorhandenen Daten/Annahmen (aus externen Quellen etc.) nutzen, um diese Risiken so gut wie möglich und für sie angemessen zu bewerten.

Die Aufsicht betont die Wichtigkeit und Notwendigkeit der (quantitativen) Analysen gerade im Bereich von langfristigen Szenarien, für Unternehmen ohne Erfahrungen in dem Bereich würden jedoch qualitative Analysen zunächst genügen. Die qualitativen Analysen können als Annäherung und Herantasten an das Thema genutzt werden und den Boden für quantitative Ansätze bereiten. Die Aufsicht erwartet mit gewonnener Expertise systematische Verbesserungen der Analysen.

Der evolutionäre Ansatz bezieht sich auf die für die Analysen genutzten Daten und Modelle, aber auch auf die Bandbreite der Annahmen für die Szenarien. Eine Erweiterung bzw. Vertiefung verschiedener Aspekte sollte bei der Weiterentwicklung der Szenarien berücksichtigt werden (weitere Nachhaltigkeitsrisiken, Politik, Makro- und Mikroaspekte in der Ökonomie, Geschäftsausrichtung/-modell usw.). Auch könnte in einer ersten

Stufe des evolutionären Prozesses die vertiefte Auseinandersetzung z. B. mit dem gravierenderen Temperaturanstiegsszenario begonnen werden (globaler Anstieg der Temperatur um mehr als 2 °C). Ein zweites Anstiegsszenario (z. B. mit begrenztem Anstieg von 1,5 °C) könnte mit einer Abweichungsanalyse im Vergleich zu dem ersten Szenario untersucht werden.

## LOW-RISK PROFILE UNDERTAKINGS

Wie bereits oben erwähnt, schlägt die EU-Kommission im Rahmen der Überprüfung von Solvency II vor, dass ein neuer Artikel über die Analyse von Klimawandelszenarien in die Solvency-II-Richtlinie eingefügt werden soll, wonach die Versicherer künftig jede wesentliche Exponierung gegenüber Risiken des Klimawandels ermitteln und ggf. mit mindestens zwei langfristigen Klimaszenarien die Auswirkungen auf ihr Geschäft bewerten müssen. Versicherer, die als Unternehmen mit schwachem Risikoprofil – sogenannte Low-Risk Profile Undertakings (LRPU) – eingestuft werden, sollen laut dem Vorschlag von der Szenarioanalyse befreit sein, aber nicht von der Materialitätsüberprüfung. Eine Definition, welche Unternehmen künftig als LRPU gelten sollen, ist ebenfalls in den Vorschlägen der EU-Kommission enthalten. Inwieweit die Neuregelungen der Solvency-II-Richtlinie am Ende den Vorschlägen der EU-Kommission entsprechen werden, steht derzeit allerdings noch nicht fest.

Die BaFin schreibt zu diesem Aspekt in ihren aktuellen Hinweisen zum Solvency-II-Berichtswesen, dass Unternehmen mit schwachem Risikoprofil, sofern sie materiellen Klimawandelrisiken ausgesetzt sind, zumindest angeben müssten, inwieweit sie Klimarisiken gegenüber exponiert seien. Außerdem müssten sie angeben, welche klimaänderungsbedingten mittelfristigen Auswirkungen sie für ihre künftige Schadenentwicklung, ihren Kapitalbedarf und ihre Kapitalanlagen erwarten und wie sie hierauf reagieren würden.

## 2. Szenarien und Modelle

Die wissenschaftlichen Erkenntnisse zum Verlauf des menschengemachten Klimawandels sind äußerst umfangreich und wachsen stetig an. Auch in Bezug auf Analysen, die sozioökonomische Folgen des Klimawandels und der Maßnahmen zu seiner Eindämmung einbeziehen, wächst die Literatur laufend an und die Modelle entwickeln sich weiter.

Dementsprechend macht die EIOPA in ihrer "Opinion on the supervision of the use of climate change risk scenarios in ORSA"<sup>13</sup> auch keine Vorgaben zur Nutzung oder Berücksichtigung bestimmter Klimawandelszenarien. Für Versicherungsunternehmen gibt es in der praktischen Umsetzung vielfältige Möglichkeiten, sich dem Thema zu nähern.

Die Projektgruppe des Verbandes hat sich im Vorfeld mit einer Vielzahl verschiedenen Quellen auseinandergesetzt.<sup>14</sup> Dabei wurden sowohl wissenschaftliche Veröffentlichungen als auch Studien aus der internationalen aufsichtlichen Praxis (u. a. Bank of England, De Nederlandsche Bank) berücksichtigt.

Für das vorliegende Papier wurden die Arbeiten des „Network for Greening the Financial System“ (NGFS)<sup>15</sup> als Ausgangsbasis gewählt. Für diese Entscheidung spricht, dass das NGFS konkrete, gut geeignet erscheinende Klimawandelszenarien entwickelt hat und die entsprechenden Daten mit dem [NGFS Scenario Explorer](#) und dem [Climate Impact Explorer](#) frei zugänglich macht.<sup>16</sup> Dass das NGFS die für die Versicherungswirtschaft einschlägigen Aufsichtsbehörden wie die BaFin und die EIOPA umfasst, stellt zudem sicher, dass die – zu ähnlichen Zwecken wie dem ORSA entwickelten – Szenarien aufsichtlichen Ansprüchen genügen sollten.

Diese Entscheidung der Projektgruppe ist aber keine Festlegung in dem Sinn, dass dies die einzig mögliche oder sinnvolle Auswahl wäre. Eine Festlegung dieser Art ist nicht gewollt und im Allgemeinen auch nicht

möglich. Jedes Versicherungsunternehmen kann – mit Blick auf das individuelle Risikoprofil – den eigenen Analysen stattdessen auch andere valide Quellen zugrunde legen oder ergänzend heranziehen.

### 2.1 Klimawandelszenarien des NGFS

Im 2017 gegründeten **Network for Greening the Financial System (NGFS)** haben sich weltweit Zentralbanken und Aufsichtsbehörden zusammengeschlossen, um zum Erreichen der Ziele des Pariser Klimaabkommens beizutragen. Dazu soll die Rolle des Finanzsystems beim Risikomanagement und bei der Mobilisierung von Kapital für grüne und kohlenstoffarme Investitionen im Rahmen einer nachhaltigen Entwicklung gestärkt werden. Zu diesem Zweck definiert und fördert das NGFS Best Practices, die sowohl innerhalb als auch außerhalb der Mitgliedschaft des NGFS umgesetzt werden sollen, und führt Analysen zu Green Finance durch. Derzeit hat das NGFS 121 Mitglieder aus allen Kontinenten sowie 19 internationale Organisationen als Beobachter.<sup>17</sup> In Deutschland sind Bundesbank und BaFin Mitglied des NGFS, auf der europäischen Ebene gehören EZB, EBA, EIOPA und ESMA dazu.<sup>18</sup>

#### 2.1.1 Grundlegendes zu den Szenarien

Um einen gemeinsamen Referenzrahmen für die Untersuchung der Auswirkungen des Klimawandels und der Klimapolitik zu bieten, stellt das NGFS einen Satz von **sechs Klimaszenarien** zur Verfügung.<sup>19</sup> Die Szenarien umfassen nicht nur Projektionen zu Temperaturen, Emissionen und Politikmaßnahmen, sondern auch

<sup>13</sup> Vgl. EIOPA (2021a).

<sup>14</sup> Siehe separate Materialsammlung (Stand von Februar 2022, nicht fortgeführt).

<sup>15</sup> Vgl. NGFS (2022b).

<sup>16</sup> Eine Erläuterung des Zusammenhangs zwischen NGFS-Szenarien und Climate-Impact-Explorer-Daten ist in NGFS (2022a) zu finden.

<sup>17</sup> Das Sekretariat des NGFS ist bei der Banque de France in Paris angesiedelt.

<sup>18</sup> Das starke Commitment der deutschen und europäischen Aufsichtsbehörden zur Arbeit des NGFS zeigt sich u. a. darin, dass mit Sabine Mauderer ein Vorstandsmitglied der Bundesbank derzeit den stellvertretenden Vorsitz des NGFS inne hat und 2024 den NGFS-Vorsitz übernehmen wird. Der für die Klimawandelszenarien einschlägige Workstream „Scenario Design and Analysis“ des NGFS wird von der Generaldirektorin „Makroprudenzielle Politik und Finanzstabilität“ der EZB, Cornelia Holthausen, geleitet.

<sup>19</sup> Grundlegendes zur Szenarioanalyse der Auswirkungen des Klimawandels auf Finanzsystem und Finanzinstitutionen findet sich in NGFS (2020).

zum Energiesektor, zur Landnutzung und zu makroökonomischen und finanziellen Größen. Unter den jeweiligen Szenarioannahmen werden dafür in sich stimmige Projektionen mit Hilfe eines Integrated Assessment Models (IAM) erzeugt. Dabei stehen drei verschiedene IAMs zur Verfügung, sodass zu jedem Klimaszenario drei unterschiedliche Varianten zur Auswahl stehen.<sup>20</sup>

Im September 2022 wurde vom NGFS nach 2020 und 2021 bereits die **dritte Generation des Szenariensatzes** mitsamt den aus Sicht des NGFS wichtigsten Ergebnissen veröffentlicht.<sup>21</sup> Als aktualisierter Startpunkt für die Szenarien dient nun der Blick des Internationalen Währungsfonds (IWF) auf die Weltwirtschaft vom Oktober 2021.<sup>22</sup> Dies bedeutet, dass zwar die Covid-19-Pandemie und die damit im Zusammenhang stehenden Lieferkettenprobleme, nicht aber die Folgen des Kriegs Russlands in der Ukraine berücksichtigt sind (das betrifft insbesondere die jüngsten Entwicklungen im Energiesektor und bei der Inflation, die zwar schon 2021 begonnen, sich 2022 aber massiv verstärkt haben).<sup>23</sup>

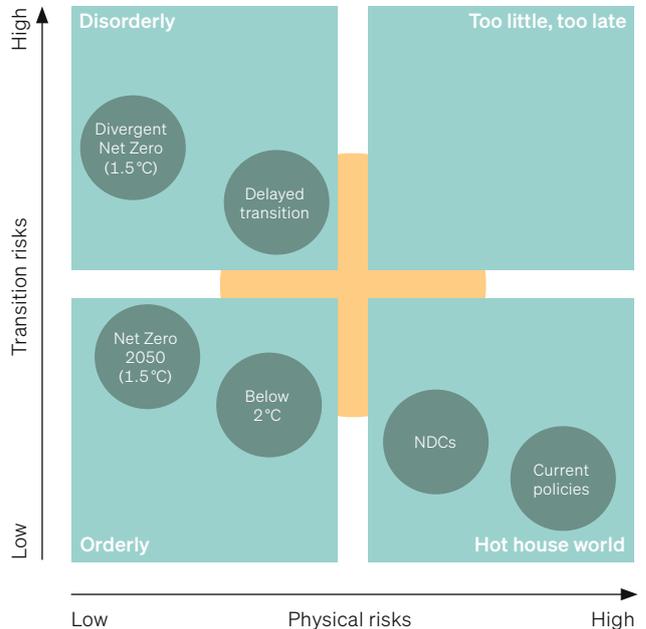
Gegenüber der Vorgängergeneration wurden nicht nur einige Daten und Annahmen aktualisiert, sondern auch die Modellierung weiterentwickelt. Sämtliche Ausführungen im vorliegenden Dokument beziehen sich auf die aktuelle dritte Generation der NGFS-Szenarien.<sup>24</sup>

Grundsätzlich sind verschiedene künftige sozioökonomische Entwicklungen denkbar. Die NGFS-Szenarien beruhen sämtlich auf denselben Grundannahmen zu den wichtigsten sozioökonomischen Faktoren, wie z. B. einer harmonisierten Entwicklung der Bevölkerung, der generellen wirtschaftlichen Entwicklung sowie der Nahrungsmittel- und Energienachfrage.<sup>25</sup> Diese sozioökonomischen Annahmen sind dem (in diesem Zusammenhang üblichen) gemeinsamen sozioökonomischen Pfad SSP2<sup>26</sup> des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) entnommen.

In den einzelnen Klimaszenarien wird jeweils die Entwicklung des CO<sub>2</sub>-Preises bestimmt. Dieser CO<sub>2</sub>-Preis

## NGFS-Szenarien

**Abbildung 1** · Einordnung der sechs NGFS-Szenarien anhand der mit ihnen verbundenen physischen Risiken und Transitionsrisiken



Quelle: NGFS (2022a), S. 4

dient dabei vereinfachend als Maß für die Intensität der gesamten klimapolitischen Maßnahmen.<sup>27</sup> In der Realität setzen Regierungen dagegen viele verschiedene fiskalische und regulatorische Instrumente ein, die mit unterschiedlichen Kosten und Nutzen verbunden sind.<sup>28</sup>

Die einzelnen Szenarien stellen verschiedene denkbare Entwicklungen dar, die mit einem sehr unterschiedlichen Ausmaß von physischen und Transitionsrisiken verbunden sind (siehe Abbildung 1). Zugleich sind die Szenarien auch auf unterschiedliche Art und Weise definiert.<sup>29</sup>

<sup>20</sup> Siehe dazu Abschnitt 2.4.

<sup>21</sup> Der Foliensatz NGFS (2022b) bietet einen High-Level-Überblick über die aktuellen Szenarien, ihre Weiterentwicklung und wesentliche Ergebnisse zu Transitions- und physischen Risiken. Als ausführliche technische Dokumentation der Szenarien, Modelle und Daten samt weiterer Quellenverweise dient NGFS (2022a).

<sup>22</sup> Vgl. NGFS (2022a), S. 5 sowie IMF (2021).

<sup>23</sup> Speziell zu dieser Problematik siehe NGFS (2022c), S. 4.

<sup>24</sup> Version 1.0 und 1.1 dieses Papiers haben auf der zweiten Generation der NGFS-Szenarien beruht, die 2021 veröffentlicht wurde.

<sup>25</sup> Vgl. NGFS (2022a), S. 4.

<sup>26</sup> Vgl. z. B. Kriegler et al. (2012) oder O'Neill et al. (2017).

<sup>27</sup> Vgl. NGFS (2022b), S. 27 und NGFS (2022a), S. 77.

<sup>28</sup> In den NGFS-Szenarien besteht eine Abhängigkeit der Ergebnisse von der unterstellten Verwendung der staatlichen Einnahmen aus dem CO<sub>2</sub>-Preis. Wenn diese Einnahmen für Investitionen verwendet werden, steigert dies die künftige Wirtschaftsleistung. Wenn die Einnahmen stattdessen (z. B. durch rückgeführte Staatsschulden, gesenkte Steuern oder erhöhte Transfers) an die Wirtschaftssubjekte zurückgegeben werden und zumindest teilweise nicht in Investitionen, sondern in den Konsum fließen, kann sich im Vergleich eine deutlich geringere künftige Wirtschaftsleistung als im ersten Fall ergeben. In den im Folgenden näher beschriebenen Szenarien wird jeweils eine Rückgabe der Einnahmen aus dem CO<sub>2</sub>-Preis an die Haushalte unterstellt. Unter Gesichtspunkten der sozialen Gerechtigkeit und politischen Durchsetzbarkeit scheint eine (teilweise) Kompensation der Haushalte aus deutscher Sicht auch eine plausible Annahme zu sein.

<sup>29</sup> Vgl. NGFS (2022a), S. 16–19.

### 2.1.2 Szenariodefinitionen

Zwei der sechs Szenarien beruhen auf der Annahme bestimmter Politikmaßnahmen, aus denen sich die Verläufe von Treibhausgasemissionen und Temperaturen ergeben. Da die Maßnahmen zur Begrenzung des Klimawandels in diesen beiden Szenarien nicht ausreichen, führen sie zu einer „**Hot House World**“, die mit den größten physischen Risiken verbunden ist:

- **Current Policies:** Bloße Fortführung der bereits geltenden Klimaschutzmaßnahmen ohne Erhöhung des Ambitionsniveaus (**keine zusätzlichen oder verschärften Maßnahmen**), daraus ergibt sich im Median ein globaler Temperaturanstieg bis 2100 um 3,1–3,2 °C (je nach IAM)<sup>30</sup> mit anschließend ungebremst weiter steigenden Temperaturen.<sup>31</sup>
- **Nationally determined Contributions (NDCs):** Erreichen der bereits zugesagten nationalen Ziele<sup>32</sup> für Emissionsreduktionen bis 2025 und 2030, danach weitere Reduktionen mit einem vergleichbaren Ambitionsniveau (Annahmen sind mit starker Unsicherheit behaftet), daraus ergibt sich im Median ein globaler Temperaturanstieg bis 2100 um 2,3–2,6 °C mit anschließend weiter steigenden Temperaturen.

Die übrigen Szenarien beruhen stattdessen auf bestimmten Annahmen zur Temperatur, aus denen dazu passende Verläufe der Emissionen und schließlich des dafür nötigen – deutlich ambitionierteren – Ausmaßes der Politikmaßnahmen (zusammengefasst im CO<sub>2</sub>-Preis) abgeleitet werden.

Dabei wird in zwei dieser Szenarien der im Rahmen der Modell-Annahmen<sup>33</sup> jeweils kostengünstigste Weg zur Einhaltung des vorgegebenen Temperaturanstiegs unterstellt. Diese beiden Szenarien werden als „**Orderly**“-Szenarien bezeichnet:

- **Below 2 °C:** Begrenzung des globalen Temperaturanstiegs bis 2100 auf 2 °C (ohne zwischenzeitliche Überschreitung) mit einer Wahrscheinlichkeit von 67 %, daraus ergibt sich im Median ein Anstieg bis 2100 um 1,5–1,7 °C mit einem zuvor erreichten, um 0,1–0,2 °C höher liegenden Peak.

<sup>30</sup> Zu den Integrated Assessment Models (IAMs) siehe Abschnitt 2.4.

<sup>31</sup> Mit der umgangssprachlichen Formulierung eines Temperaturanstiegs um x Grad Celsius ist im Folgenden jeweils ein Anstieg um x Kelvin gegenüber dem Niveau der Referenzperiode 1850–1900 gemeint.

<sup>32</sup> Grundsätzlich berücksichtigt sind die bis Ende März 2022 vom UNFCCC-Sekretariat (United Nations Framework Convention on Climate Change) in Bonn veröffentlichten nationalen Beiträge. Es gibt allerdings gewisse Abweichungen zwischen den IAMs.

<sup>33</sup> Zu den Annahmen gehört in allen Szenarien, dass sich die Anstrengungen zur Dekarbonisierung international unterscheiden.

- **Net Zero 2050 (1,5 °C):** Begrenzung des globalen Temperaturanstiegs bis 2100 auf 1,5 °C (mit geringer zwischenzeitlicher Überschreitung) mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % (im Einklang mit den Verpflichtungen aus dem Pariser Klimaabkommen), daraus ergibt sich im Median ein Anstieg bis 2100 um 1,3–1,5 °C mit einem zuvor erreichten, um 0,2 °C höher liegenden Peak.

Nahezu dieselben Begrenzungen des Temperaturanstiegs werden in zwei weiteren Szenarien auf einem deutlich kostspieligeren Weg erreicht, bei dem unterstellt wird, dass die Maßnahmen erst spät ergriffen werden oder einzelne volkswirtschaftliche Sektoren und Technologien<sup>34</sup> nicht optimal einbeziehen. Insgesamt müssen die Politikmaßnahmen daher umso gravierender ausfallen, um am Ende trotzdem die angenommenen Temperaturziele zu erreichen. Dementsprechend sind in diesen beiden, als „**Disorderly**“ bezeichneten, Szenarien die Transitionsrisiken am größten:

- **Delayed Transition:** Begrenzung des globalen Temperaturanstiegs bis 2100 auf 2 °C (abweichend vom Below 2 °C-Szenario allerdings mit zwischenzeitlicher Überschreitung,) mit einer Wahrscheinlichkeit von 67 %, daraus ergibt sich im Median ein Anstieg bis 2100 um 1,4–1,6 °C mit einem zuvor erreichten, um 0,1–0,3 °C höher liegenden Peak.

**Besonderheit: Bis 2030 keine zusätzlichen Maßnahmen** (Entwicklung wie in Current Policies), **ab 2030 zuvor nicht-antizipierte verschärfte Klimaschutzpolitik.**

- **Divergent Net Zero (1,5 °C):** Begrenzung des globalen Temperaturanstiegs bis 2100 auf 1,5 °C (mit geringer zwischenzeitlicher Überschreitung) mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % (im Einklang mit den

<sup>34</sup> In beiden Disorderly-Szenarien wird zunächst nur eine niedrige Verfügbarkeit von Verfahren zur Entfernung von CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre (Carbon Dioxid Removal, CDR) unterstellt. Dabei handelt es sich insbesondere eine langsame Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre, die eine notwendige – aufgrund von Rückkoppelungseffekten und Kippunkten aber womöglich nicht ausreichende – Voraussetzung für ein Wiederabsinken der Temperaturen ist. Allerdings ist vor allem beim Thema Aufforstung fraglich, wie groß ihr Beitrag im Sinne einer rasch und dauerhaft wirkenden Kohlenstoffsänke in der Realität sein kann. Dementsprechend werden in der dritten Generation der NGFS-Szenarien auch generell kleinere Beiträge zur Nettoemissionsminderung durch CDR angenommen. Insbesondere das Delayed-Transition-Szenario weist gleichwohl ab 2070 spürbar negative Nettoemissionen auf.

Verpflichtungen aus dem Pariser Klimaabkommen), daraus ergibt sich im Median ein Anstieg bis 2100 um 1,3–1,4 °C mit einem zuvor erreichten, um 0,1–0,3 °C höher liegenden Peak.

Besonderheit: Stark unterschiedliche CO<sub>2</sub>-Preise in den Sektoren Verkehr und Gebäude einerseits und Energie und Industrie andererseits.

## 2.2 Szenariobewertung und -auswahl

Die sechs NGFS-Szenarien sind mit sehr unterschiedlichen Entwicklungen von Klima und Wirtschaft verbunden. Manche eignen sich eher zur Untersuchung physischer Risiken, andere eher zur Untersuchung von Transitionsrisiken.

### 2.2.1 Abbildung physischer Risiken

Die in Abbildung 2 dargestellten Verläufe des Temperaturanstiegs in den verschiedenen NGFS-Szenarien zeigen eindrücklich, wie die beiden auf bestehenden (Current Policies) oder angekündigten (NDCs) Politikmaßnahmen beruhenden Szenarien in eine Hot House World mit ihren dramatischen Konsequenzen für Mensch und Natur führen. Sie unterscheiden sich dadurch deutlich von den übrigen vier Szenarien.

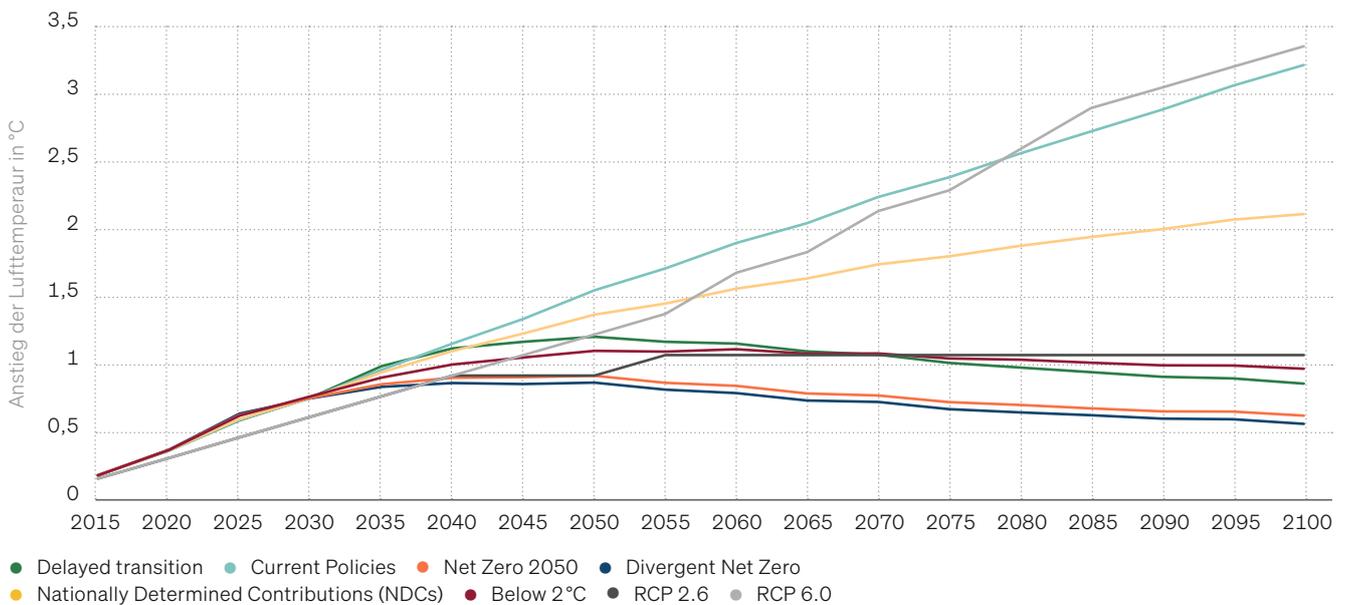
Eine auf den NGFS-Szenarien beruhende Untersuchung der durch den Temperaturanstieg verursachten physischen Risiken sollte daher in jedem Fall eines dieser beiden Szenarien, und zwar am besten das Current-Policies-Szenario, einbeziehen.

Dementsprechend wird in diesem Papier das Current-Policies-Szenario betrachtet.

Um die physischen Risiken zu untersuchen, ist auch eine Zuordnung zu repräsentativen Konzentrationspfaden

## Lufttemperatur

**Abbildung 2** · Anstieg der mittleren Oberflächentemperatur gegenüber der Referenzperiode 1850–1900 in den sechs NGFS-Szenarien (weltweiter Anstieg) sowie den beiden IPCC-Szenarien RCP 2.6 und RCP 6.0 (Anstieg in Deutschland)\* bis 2100 (NGFS-Szenarien: Medianwerte einer probabilistischen Analyse mit 600 unterschiedlich kalibrierten Modellläufen, Einheit: Kelvin, Modell: NiGEM NGFS v1.22, IAM: Mittelwert der drei Integrated Assessment Models, siehe dazu Abschnitt 2.4)



\* Die Daten für die beiden RCP-Szenarien stammen aus den Analysen für den fünften Sachstandsbericht (AR5) des IPCC, da in den aktuellen Analysen für den sechsten Sachstandsbericht (AR6) RCP 6.0 nicht mehr zu den IPCC-Standardszenarien gehört, in vielen wissenschaftlichen Veröffentlichungen aber auf RCP 6.0 Bezug genommen wird. Dass bei den NGFS-Szenarien weltweite Daten, bei den RCP-Szenarien aber Daten für Deutschland präsentiert werden, hat ebenfalls mit Fragen der Datenverfügbarkeit zu tun. Bei den anderen RCP-Szenarien 2.6, 4.5 und 8.5 zeigt sich aber, dass die Unterschiede zwischen den Ergebnissen für AR5 und AR6 (für AR6-Temperaturdaten vgl. Fyfe et al. (2021) bzw. IPCC (2021)) sowie zwischen den Ergebnissen für Deutschland und die Welt relativ gering und für die Frage der Vergleichbarkeit mit den NGFS-Szenarien nicht entscheidend sind.

Die regulatorischen Anforderungen für den ORSA beziehen sich auf die weltweite Temperaturentwicklung. Für physische Risiken deutscher Versicherungen dürfte dagegen in vielen Fällen die Temperaturentwicklung in Deutschland am wichtigsten sein.

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Daten aus dem [NGFS Phase 3 Scenario Explorer](#)

(RCP) des IPCC möglich. Wie Abbildung 2 zeigt, liegen die verschiedenen Orderly- und Disorderly-Szenarien noch ungefähr im Bereich des Niedrigtemperaturszenarios (RCP 2.6) des IPCC, in dem der Temperaturanstieg Mitte des Jahrhunderts endet und langfristig klar unterhalb von 1,5 °C bleibt. Das Current-Policies-Szenario liegt dagegen nahe am Hochtemperaturszenario (RCP 6.0) in dem sich der Temperaturanstieg ungebremst fortsetzt und Ende des Jahrhunderts 3 °C übersteigt.

Transitionsrisiken bestehen im Current-Policies-Szenario dagegen kaum, sodass im Hinblick auf die Kapitalanlage eine alleinige Betrachtung dieses Szenarios für den ORSA in der Regel nicht ausreichen dürfte.

### 2.2.2 Abbildung von Transitionsrisiken

Die den Temperaturveränderungen zugrunde liegenden Entwicklungen der Emissionen von CO<sub>2</sub> und anderen Treibhausgasen (ausgedrückt als CO<sub>2</sub>-Äquivalente) sind in Abbildung 3 dargestellt. Für das Erreichen der 1,5 °C- oder 2 °C-Ziele sind rasche und starke Rückgänge der Emissionen erforderlich – ein nur allmählicher Rückgang wie in dem NDCs-Szenario würde bereits in eine Hot House World führen. Unter den vier

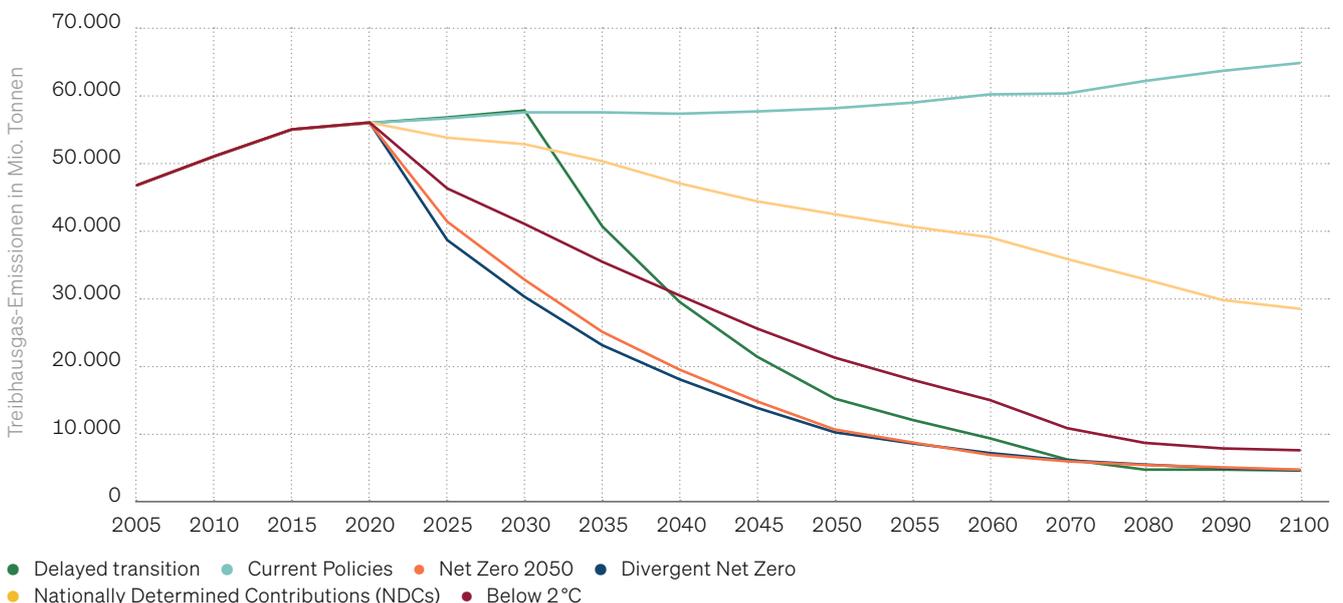
Szenarien, die eine Hot House World vermeiden, weist das 2 °C-Szenario einer Orderly Transition den am wenigsten steilen Reduktionspfad auf. Deutlich steilere Abschnitte der Reduktionspfade ergeben sich, wenn entweder ein verschärfter Klimaschutz noch weiter in die Zukunft verschoben wird (Delayed Transition) oder wenn – was mittlerweile sehr unwahrscheinlich erscheint – das offizielle 1,5 °C-Ziel tatsächlich noch eingehalten wird (Net Zero 2050 und Divergent Net Zero).

Abbildung 4 zeigt, dass der CO<sub>2</sub>-Preis vor allem in den beiden 1,5 °C-Szenarien und (nach der anfänglichen Verzögerung) im Delayed-Transition-Szenario im Zeitverlauf stark ansteigen muss.<sup>35</sup> Während sich die Emissionsverläufe der Net-Zero-2050- und Divergent-Net-Zero-Szenarien nur wenig unterscheiden, zeigt sich hier, dass die jeweiligen Emissionsreduktionen mit deutlich unterschiedlichen Kosten für Wirtschaft und Gesellschaft verbunden sind: Im direkten Vergleich ist der Preis in dem Net-Zero-2050-Szenario, das einer Orderly Transition entspricht, deutlich niedriger als in dem Divergent-Net-Zero- oder dem Delayed-Transition-Szenario, die beide einer Disorderly

<sup>35</sup> Dargestellt ist der Mittelwert der drei Integrated Assessment Models, auch wenn diese in Bezug auf den CO<sub>2</sub>-Preis deutlich voneinander abweichen (siehe dazu Abschnitt 2.4). Die hier getroffenen Aussagen sind aber durch alle Modell-Varianten gedeckt.

## Treibhausgas-Emissionen

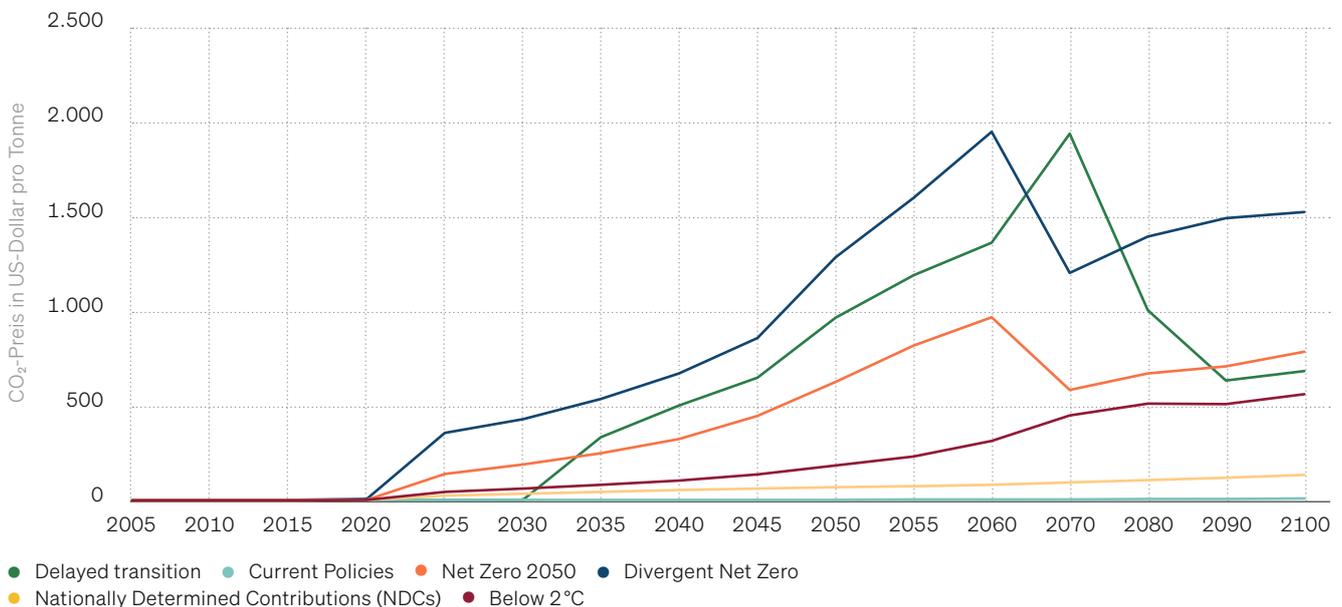
**Abbildung 3** · Entwicklung der weltweiten Emissionen der im Kyoto-Protokoll aufgeführten Treibhausgase (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O und fluoridierte Treibhausgase) in den sechs NGFS-Szenarien bis 2100 (bis 2060 5-Jahres-Schritte, danach 10-Jahres-Schritte, Einheit: Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro Jahr (ermittelt anhand des jeweiligen Treibhauspotentials über 100 Jahre, GWP100), Modell: NiGEM NGFS v1.22, IAM: Mittelwert der drei Integrated Assessment Models, siehe dazu Abschnitt 2.4)



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Daten aus dem [NGFS Phase 3 Scenario Explorer](#)

## CO<sub>2</sub>-Preis

**Abbildung 4** · Entwicklung des CO<sub>2</sub>-Preises in den sechs NGFS-Szenarien bis 2100 (bis 2060 5-Jahres-Schritte, danach 10-Jahres-Schritte, Einheit: US-Dollar in 2010er-Preisen pro Tonne CO<sub>2</sub>-Äquivalent (ggf. durchschnittlicher Preis innerhalb des Szenarios), Modell: NiGEM NGFS v1.22, IAM: Mittelwert der drei Integrated Assessment Models (IAMs) – zu den IAMs sowie speziell zu den beträchtlichen Unterschieden des CO<sub>2</sub>-Preises zwischen den IAMs siehe Abschnitt 2.4)



Transition mit dauerhaft höheren Preisen entsprechen. Die steilsten Abschnitte der (durchschnittlichen) CO<sub>2</sub>-Preis-Entwicklung finden sich ebenfalls in diesen beiden Szenarien (Divergent Net Zero und Delayed Transition). Entsprechend sind hier auch die größten wirtschaftlichen Auswirkungen der Dekarbonisierung zu erwarten.

Insgesamt ergeben sich in den Szenarien **höhere Transitionsrisiken**, wenn<sup>36</sup>

- das **Ambitionsniveau** des Klimaschutzes hoch ist (eine deutliche Begrenzung des Temperaturanstiegs bedingt ein geringeres Restbudget an Emissionen und folglich drastischere Maßnahmen),
- Maßnahmen erst **spät** ergriffen werden (weniger zur Verfügung stehende Zeit erfordert drastischere Maßnahmen – keine Kosten-Nutzen-optimale Transition hinsichtlich der zeitlichen Dimension)<sup>37</sup>,
- Maßnahmen **unsystematisch** sind (sektorspezifische Vorgaben statt eines einheitlichen

Emissionspreises machen Emissionsreduktionen insgesamt teurer – keine Kosten-Nutzen-optimale Transition hinsichtlich der sektoralen Dimension)<sup>38</sup> und

- **wenig CDR-Verfahren** zur Verfügung stehen (negative Emissionen, z. B. durch Aufforstung und CCS<sup>39</sup> könnten andere, schwer zu vermeidende Rest-Emissionen ausgleichen – keine Kosten-Nutzen-optimale Transition hinsichtlich der technologischen Dimension).

Eine auf den NGFS-Szenarien beruhende Untersuchung der mit der Bekämpfung des Klimawandels einhergehenden Transitionsrisiken sollte daher entweder das Delayed-Transition- oder des Divergent-Net-Zero-Szenario einbeziehen, die jeweils einen Teil dieser das Transitionsrisiko erhöhenden Punkte und als Folge davon auch die steilsten Anstiege des CO<sub>2</sub>-Preises aufweisen.

Im Folgenden wird, wie auch schon in Version 1.0/1.1 dieses Papiers, exemplarisch das Delayed-Transition-Szenario verwendet.

<sup>36</sup> Vgl. NGFS (2022b), S. 27.

<sup>37</sup> Dies gilt trotz der in den Modellen erwarteten technologischen Fortschritte und Kostensenkungen.

<sup>38</sup> Ähnliches könnte – in einer globalen Betrachtung der Transitionsrisiken – für internationale Unterschiede von Ambitionsniveau und Maßnahmen gelten, was mit den NGFS-Szenarien aber nicht beurteilt werden kann.

<sup>39</sup> Zu Carbon Capture and Storage (CCS) siehe Fußnote 34.

### 2.2.3 Einschätzung des NGFS zu den Risiken

Das NGFS selbst nennt als High-Level-Ergebnisse zu den Transitions- und physischen Risiken:<sup>40</sup>

Im Net-Zero-2050-Szenario haben Transitionsrisiken einen moderaten negativen Effekt auf das globale BIP. Negative Effekte der höheren CO<sub>2</sub>-Preise und Energiekosten auf die Nachfrage werden teilweise durch positive Effekte der Verwendung der staatlichen CO<sub>2</sub>-Einnahmen für Investitionen und Steuersenkungen ausgeglichen. In den Disorderly-Szenarien sind die negativen Effekte auf das BIP stärker, da die Geschwindigkeit der Transition in Verbindung mit Investitionsunsicherheit Konsum und Investitionen negativ beeinflusst.

BIP-Rückgänge aufgrund physischer Risiken variieren mit den unterschiedlichen Temperaturen in den einzelnen Szenarien. In der ersten Hälfte des Jahrhunderts sind die Effekte noch ähnlich, beginnen sich aber danach stark zu unterscheiden. Im Jahr 2100 sind die negativen Effekte im Current-Policies-Szenario bei weitem am höchsten (BIP bis zu 20 % niedriger als im Baseline-Fall), da Dekarbonisierung und Temperaturziele verfehlt werden.

In allen Szenarien und auf allen Zeitskalen überwiegen die physischen Risiken gegenüber den Transitionsrisiken. Eine strikte Politik zur Eindämmung des Klimawandels im Einklang mit dem Net-Zero-2050-Szenario zahlt sich bereits 2050 aus und verringert gegen Ende des Jahrhunderts die Risiken stark. In jedem Fall besteht aber die Notwendigkeit, in Anpassungsmaßnahmen zu investieren.

## 2.3 Referenzszenario

Die Bewertung klimabedingter Risiken erfordert die Definition eines Benchmark- bzw. Referenzszenarios, d. h. für alle betrachteten Variablen muss eine Ausprägung festgelegt werden, gegenüber der die Auswirkungen der Klimawandelszenarien gemessen und bewertet werden.

Für die Bewertung **physischer** Risiken wird als Referenz in der Regel das Niveau der jüngsten Vergangenheit oder ein vorindustrieller Durchschnitt verwendet (z. B. globale Temperaturen, Niederschläge, Meeresspiegel). Es werden also keine Referenzentwicklungen fiktiv fortgeschrieben, sondern einfach historisch beobachtete Werte als Vergleichsmaßstab für die in den Szenarien projizierten künftigen Werte verwendet. In

Bezug auf physische Risiken ist dieses Vorgehen sinnvoll, da sich die betrachteten natürlichen Größen zu meist nur auf langen Zeitskalen ändern.<sup>41</sup> Ohne den fortschreitenden Klimawandel wären auf Sicht eines Menschenlebens keine wesentlichen Änderungen zu erwarten gewesen.

In Bezug auf **wirtschaftliche** (und soziodemografische) Größen sieht dies teilweise anders aus. Auch in einer fiktiven Welt ohne Klimawandel gäbe es in diesem Bereich Entwicklungen, die im Lauf der Jahrzehnte zu deutlichen Änderungen führen würden. Daher stellt sich hier die (nicht-triviale) Frage nach einem geeigneten Vergleichsmaßstab.

### 2.3.1 Ansätze für einen geeigneten Vergleich

Einfach aktuelle Werte zu verwenden, hätte den Nachteil, dass durch den Klimawandel oder die Dekarbonisierung verursachte negative Effekte leicht durch positive Effekte davon unabhängiger langfristiger Trends überdeckt werden könnten. Zu denken ist hier vor allem an den fundamentalen Wachstumstrends des wirtschaftlichen Outputs (BIP), der Löhne und des Kapitalstocks. Dazu gehören auch die langfristig steigenden Aktienbewertungen. Andere wichtige Größen, wie beispielsweise Inflation, Zinsen oder Spreads, haben dagegen eher einen stationären Charakter. Insgesamt führt dies jedoch dazu, dass ein geeigneter Vergleichsmaßstab zum Messen und Bewerten von Klimarisiken in jedem Fall langfristige Trends berücksichtigen sollte.

Was konkret als Referenzszenario herangezogen werden sollte, ist damit aber noch nicht gesagt. Eine sinnvolle Wahl hängt auch davon ab, welche Frage mit der Analyse überhaupt beantwortet werden soll. Um auf der politischen Ebene Kosten und Nutzen des Ergreifens oder Unterlassens von Klimaschutzmaßnahmen zu bewerten, bietet sich ein Vergleich der verschiedenen Klimawandelszenarien untereinander an. Dabei zeigt sich, welche Szenarien um wieviel besser oder schlechter als andere sind und dementsprechend angestrebt bzw. vermieden werden sollten.

Dies ist aber nicht die Frage, vor der Versicherungsunternehmen im Rahmen ihres ORSA stehen. Für sie lautet die Frage eher, welche klimabedingten Risiken ihnen in einem bestimmten Szenario drohen könnten. Dabei geht es in erster Linie um zusätzliche Risiken, die noch nicht in den heutigen Bewertungen von

<sup>40</sup> Vgl. NGFS (2022b), S. 21.

<sup>41</sup> Von vorübergehenden oder zyklischen Schwankungen wird hier abstrahiert, es geht um längerfristige Trends.

Kapitalanlagen und Versicherungsverträgen abgebildet sind, obwohl diese schon viele (andere) Risiken berücksichtigen. Somit lässt sich das Problem des Referenzszenarios im Wesentlichen auf die Frage zurückführen, was an möglichen klimabedingten künftigen Entwicklungen heute schon eingepreist ist und was nicht.

Wenn man beispielsweise davon ausginge, dass sowohl die eigene Bewertung der Versicherungstechnik als auch die Bewertung der Kapitalanlagen am Markt auf der Annahme beruhten, dass es keinerlei zusätzliche Klimaschutzmaßnahmen, aber künftig stark wachsende klimabedingte physische Risiken mit entsprechenden wirtschaftlichen Schäden und Verlusten geben würde und diese vor allem in den Bewertungen auch bereits vollständig eingepreist wären, dann böte sich das **Current-Policies-Szenario** als Referenz-Szenario an.

Wenn man dagegen eher davon ausgeht, dass im Großen und Ganzen bislang weder die in den nächsten Jahrzehnten drohenden physischen Risiken noch die Transitionsrisiken einer früher oder später erfolgenden Dekarbonisierung eingepreist sind, dann bietet sich das **Baseline-Szenario** des NGFS als Referenzszenario an. Dabei handelt es sich um ein **kontrafaktisches** Szenario, in dem es keinen (weiteren) Klimawandel gibt. Konkret bedeutet dies, dass keine über den heutigen Stand hinausgehenden Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels ergriffen werden, es aber trotzdem zu keinen weiteren Klimaänderungen mehr kommt. Dementsprechend gibt es in diesem Szenario weder Transitions- noch physische Risiken. Bei den natürlichen Größen bleibt es somit beim aktuellen Niveau, bei den wirtschaftlichen Größen setzen sich Wachstumstrends ungestört fort.

In Bezug auf die wirtschaftlichen Größen gilt, dass sich die Szenarien Current Policies (und bis 2030 auch Delayed Transition) einerseits und Baseline andererseits anfangs kaum unterscheiden. Erst im Zeitverlauf werden die wirtschaftlichen Folgen der physischen Risiken größer und Current-Policies- und Baseline-Szenario laufen deutlich auseinander, sodass eine unterschiedliche Wahl des Referenzszenarios auch zu spürbaren Unterschieden der sich in den betrachteten Klimawandelszenarien ergebenden zusätzlichen Risiken führt.

In den folgenden Darstellungen, vor allem in Kapitel 4 zu den Auswirkungen auf die Kapitalanlagen, wird durchgängig das Baseline-Szenario als Referenzszenario verwendet. Es soll an dieser Stelle aber noch einmal betont werden, dass dieses Szenario nur als fiktiver Vergleichsmaßstab dient. Die Zukunft der Welt wird sich

mutmaßlich innerhalb des von den sechs NGFS-Klimaszenarien aufgespannten Raumes möglicher Entwicklungen bewegen, die mit erheblichen Transitions- und physischen Risiken einhergehen. Das kontrafaktische Baseline-Szenario gehört definitiv nicht zu diesen möglichen Entwicklungen.

Bei der **Darstellung** der Ergebnisse aus den Modellen gilt es vor allem bei den wirtschaftlichen Größen zu beachten, dass entweder ihre Entwicklung in dem jeweiligen Szenario selbst oder die Abweichung von ihrer Entwicklung im Referenzszenario betrachtet werden kann. In Veröffentlichungen zu NGFS wird meist die zweite Variante gewählt. In den Darstellungen in diesem Dokument werden hingegen die eigentlichen Szenario-Ergebnisse gezeigt und zusätzlich mit dem Referenzszenario verglichen.

## 2.4 Integrated Assessment Models

Von den NGFS-Szenarien gibt es jeweils drei verschiedene Versionen. Dahinter verbergen sich unterschiedliche **Integrated Assessment Models (IAMs)**, die jeweils dazu dienen, die komplexe globale Dynamik zwischen Energie, Makroökonomie, Landwirtschaft und Landnutzung, Wasser und Klima zu modellieren.<sup>42</sup> Obwohl die drei Modelle viele Gemeinsamkeiten aufweisen, hat jedes seine eigenen Merkmale, die die Ergebnisse beeinflussen können.<sup>43</sup>

### 2.4.1 Modelleigenschaften

Die beiden Modelle **MESSAGEix-GLOBIOM** und **REMIND-MagPIE** bestehen jeweils aus mehreren Teilmodellen, die miteinander interagieren.<sup>44</sup> Zumindest die Teilmodelle für Energie und Makroökonomie sind dabei jeweils allgemeine Gleichgewichtsmodelle, die mit einem intertemporalen Optimierungsalgorithmus gelöst werden. Dies bedeutet, dass die repräsentativen Agenten in dem Modell über eine perfekte Voraussicht verfügen und sämtliche künftigen Entwicklungen in ihren Entscheidungen berücksichtigen.<sup>45</sup> Dadurch können die Modelle Veränderungen, die im Laufe des Jahrhunderts fortschreiten werden (z. B. steigende

<sup>42</sup> Vgl. NGFS (2022a), S. 6–16 sowie S. 19–37.

<sup>43</sup> Deutlich abweichende Ergebnisse gibt es insbesondere bei der Entwicklung einiger wichtiger wirtschaftlicher Größen. Siehe dazu Abschnitt 2.4.2 und Abschnitt 4.6.2.

<sup>44</sup> Die (Teil-) Modelle MESSAGEix und GLOBIOM sind am International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) in Laxenburg bei Wien, die (Teil-) Modelle REMIND und MagPIE am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) entwickelt worden.

<sup>45</sup> Dies gilt nicht für die ersten Jahre des Delayed-Transition-Szenarios.

Kosten für nicht-erneuerbare Ressourcen, sinkende Kosten für Solar- und Windtechnologien, steigende CO<sub>2</sub>-Preise), vollständig vorwegnehmen und auch eine endogene Veränderung des Konsums, des BIP und der Energienachfrage als Reaktion auf die Klimapolitik berücksichtigen.

Im Gegensatz dazu ist **GCAM** ein etwas einfacheres Modell, dessen Ursprünge mehr als 40 Jahren zurück liegen.<sup>46</sup> Es handelt sich um ein partielles Gleichgewichtsmodell und geht von exogenen Annahmen zur Entwicklung des BIP und der Energienachfrage aus. Die repräsentativen Agenten bilden die Erwartungen, die ihren Entscheidungen zugrunde liegen, nicht vorausschauend, sondern ausschließlich anhand der Erfahrungen aus Vergangenheit und Gegenwart.

Die **Modellstruktur** sieht folgendermaßen aus:

- **GCAM** (Version 5.3) ist ein dynamisch-rekursives Modell, das die kombinierte Entwicklung der Systeme Energie, Wasser, Landwirtschaft und Landnutzung, Wirtschaft sowie Klima repräsentiert. Annahmen zur künftigen BIP-Entwicklung gehören zum Modellinput. Entscheidungen fallen entweder kostenorientiert (wie im Energiesystem) oder gewinnorientiert (wie im Landsystem).
- **MESSAGEix-GLOBIOM** (Version 1.1-M-R12) besteht aus fünf Teilmodellen: dem Energiemodell MESSAGE, dem Landnutzungsmodell GLOBIOM, dem Luftverschmutzungs- und Treibhausgasmodell GAINS, dem aggregierten makroökonomischen Modell MACRO und dem einfachen Klimamodell MAGICC. Die Teilmodelle werden durch intertemporale Wohlfahrtsmaximierung gelöst.
- **REMIND-MagPIE** (Version 3.0–4.4) besteht aus vier Teilmodellen. REMIND ist ein allgemeines Gleichgewichtsmodell für Energie und Wirtschaft, das ein makroökonomisches Wachstumsmodell mit einem ingenieurwissenschaftlichen Bottom-up-Modell des Energiesystems verbindet. MagPie modelliert die Landnutzung, die wiederum auf dem dynamischen globalen Vegetationsmodell LPJmL beruht. Hinzu kommt auch hier das Klimamodell MAGICC. Das REMIND-Teilmodell zu Energie und Wirtschaft wird durch intertemporale Wohlfahrtsmaximierung gelöst, das MagPie-Teilmodell zur Landnutzung durch rekursive Kostenminimierung.

Zur **Eindämmung des Klimawandels** enthalten die Modelle verschiedene Optionen:

- Zu den Möglichkeiten der Emissionsvermeidung im Bereich der im Modell als **(Energie-) Angebot** bezeichneten Energieerzeugung und -umwandlung gehören u. a. Solar- und Windkraft, Kernkraft, Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (CCS) sowie Brennstoffzellen und Wasserstoff (je nach IAM 14–15 modellierte Optionen).
- Auf der Seite der **(Energie-) Nachfrage**, also insbesondere in den Bereichen Industrie, Gebäude und Verkehr, können Verbesserungen der Energieeffizienz, Elektrifizierung und CCS zu Emissionsminderungen beitragen (17–20 modellierte Optionen).
- Auch im Bereich von **Landwirtschaft/Forstwirtschaft/Landnutzung (AFOLU)** gibt es Möglichkeiten zur Emissionsminderung wie z. B. reduzierte Entwaldung, Waldmanagement oder Methanreduzierung in Reisfeldern (7–8 modellierte Optionen).
- Schließlich enthalten alle Modelle zwei **CDR-Technologien** in Form von Bioenergie mit Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (BECCS) sowie von (Wieder-) Aufforstung.

Unter Nutzung dieser Optionen berechnen die Modelle innerhalb der vorgegebenen Bedingungen (naturwissenschaftlich, technologisch, wirtschaftlich, politisch...) jeweils einen kosteneffektiven Transitions Pfad. Durch den Klimawandel verursachte **wirtschaftliche Schäden und Verluste** werden dabei allerdings nur teilweise berücksichtigt:

- **Chronische physische Risiken** werden durch einen temperaturabhängigen Produktivitätsverlust abgebildet, der zu Outputverlusten gegenüber dem (kontrafaktischen) Referenzfall führt.<sup>47</sup> Schäden durch chronische Risiken wie den Meeresspiegelanstieg sowie indirekte Effekte durch mögliche gesellschaftliche Entwicklungen wie Konflikte und Migration bleiben unberücksichtigt.

<sup>46</sup> Das GCAM-Modell ist am Joint Global Change Research Institute (JGCR) der University of Maryland und des Pacific Northwest National Laboratory in den USA entwickelt worden.

<sup>47</sup> Während entsprechende Schadensfunktionen traditionell auf Bottom-up-Schätzungen der Schäden in besonders betroffenen Sektoren wie der Landwirtschaft oder in Bezug auf die menschliche Gesundheit beruhen, konzentrieren sich neuere Ansätze auf ökonometrische Top-down-Schätzungen des Verhältnisses zwischen gesamtwirtschaftlichem Output und Veränderungen der regionalen Temperaturen. Zur konkreten Schätzung siehe NGFS (2022a), S. 32–34 sowie als Grundlage Kalkuhl und Wenz (2020).

→ **Akute physische Risiken** werden in der aktuellen dritten NGFS-Modellgeneration erstmals in einer Variante<sup>48</sup> des REMIND-MAGPIE-Modells durch einen Outputverlust berücksichtigt.<sup>49</sup> Zudem werden auch in der den IAMs als weitere Modellierungsstufe nachgelagerten NiGEM-Modell (siehe Abschnitt 2.5) erstmals Outputverluste durch akute physische Risiken wie Wirbelstürme oder Überflutungen an Flüssen berücksichtigt.<sup>50</sup>

### 2.4.2 Modellunsicherheit und Modellauswahl

Alle drei Modelle sind etablierte, komplexe Modelle, die in einer Vielzahl von wissenschaftlichen Studien zum Klimawandel verwendet wurden und die jeweils unterschiedliche Vor- und Nachteile haben. Für die Zwecke der Klimawandelanalysen im ORSA dürfte jedes der drei Modelle grundsätzlich geeignet sein. In mancherlei – aber eben bei weitem nicht jeder – Hinsicht fallen die Ergebnisse auch ähnlich aus.

Abbildungen 5 bis 7 zeigen, dass sich die CO<sub>2</sub>-Preise in den drei Modellen stark unterscheiden. Auf den ersten Blick auffällig ist die völlig andere Entwicklung, die der CO<sub>2</sub>-Preis in den Szenarien Delayed Transition, Divergent Net Zero und Net Zero 2050 in den letzten Jahrzehnten des Projektionszeitraums ab 2060/70 nimmt. Im Modell MESSAGEix-GLOBIOM fällt er nach erfolgreich abgeschlossener Transition sehr stark, während in den Modellen GCAM und REMIND-MAGPIE die Preise im Großen und Ganzen auf ihrem zuvor erreichten Niveau bleiben oder sogar noch weiter steigen. Die Entwicklungen für die einzelnen Szenarien unterscheiden sich dabei auch zwischen diesen beiden Modellen.

Noch wichtiger ist, dass sich die jeweiligen CO<sub>2</sub>-Preise über den gesamten Zeitraum in ganz unterschiedlichen Größenordnungen bewegen (die abweichenden Skalen der Abbildungen sind zu beachten) und dass zudem im MESSAGEix-GLOBIOM-Modell das Delayed-Transition-Szenario relativ zu den anderen Szenarien gravierender ausfällt. Der CO<sub>2</sub>-Preis liegt dort in

den Jahren von 2035 bis 2070 anfangs mehr als um den Faktor 9 und dann durchgängig um Faktoren zwischen 4 und 7 höher als nach dem GCAM-Modell. Im Vergleich zum REMIND-MAGPIE-Modell ist der Preis nach MESSAGEix-GLOBIOM die meiste Zeit um Faktoren zwischen 5 und 7 und im Jahr 2070 schließlich sogar fast um den Faktor 11 höher.

Dies zeigt, wie stark sich die in den einzelnen Modellen getroffenen Annahmen (u. a. zur technologischen Verfügbarkeit und politischen Unterstützung verschiedener Optionen zur Eindämmung des Klimawandels) auf die Ergebnisse auswirken. Für sehr weit in der Zukunft liegende Zeitpunkte scheint nahezu jedes beliebige Ergebnis möglich. **Zusätzlich zu den naheliegenden Argumenten der Datenverfügbarkeit und der Entscheidungsrelevanz spricht auch diese Erkenntnis dafür, in der Analyse der Transitionsrisiken das Hauptaugenmerk auf die nähere Zukunft zu richten.**

Die Modellunsicherheit nimmt allerdings nicht nur im Zeitverlauf zu, sondern ist schon von Beginn der Transition an enorm. Da der CO<sub>2</sub>-Preis die zentrale Größe ist, die sich auf die Entwicklung der anderen wirtschaftlichen und finanziellen Größen im Modell auswirkt, **ergeben sich je nach Wahl des Integrated Assessment Models deutlich höhere oder niedrigere Transitionsrisiken. Die diesbezüglichen Unterschiede zwischen den drei Modellen haben sich zudem mit der dritten Generation der NGFS-Szenarien gegenüber der Vorgängergeneration deutlich ausgeweitet.** In Abschnitt 4.6.2 wird dies in Abbildung 16 anhand des Beispiels der Aktienkurse veranschaulicht.

Die geschilderte Modellunsicherheit ist in jedem Fall bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen. Dies ändert aber nichts daran, dass für die Nutzung der Szenarien eine Entscheidung bezüglich der Modelle getroffen werden muss. Auch die folgenden – exemplarischen – Ausführungen sollen nicht mit der parallelen Darstellung der Ergebnisse dreier Modelle überfrachtet werden. Klare fachliche Anhaltspunkte, dass ein Modell per se plausibler als die anderen wäre, sind nicht ersichtlich. Die beiden allgemeinen Gleichgewichtsmodelle mit einer vorausschauenden Informationsstruktur (REMIND-MAGPIE und MESSAGEix-GLOBIOM) erscheinen möglicherweise besonders geeignet. Dafür liegen die Ergebnisse der Modelle GCAM und REMIND-MAGPIE teilweise näher beieinander, während MESSAGEix-GLOBIOM deutlich abweichende Effekte aufweist. So beträgt beispielsweise der Rückgang der Aktienkurse im Delayed-Transition-Szenario nach den GCAM- und REMIND-MAGPIE-Modellen nur einen

<sup>48</sup> Den präsentierten Daten liegt in der Regel die Variante „IntegratedPhysicalDamages (median)“ des REMIND-MAGPIE-Modells bzw. bei auf REMIND-MAGPIE beruhenden Daten aus NiGEM die Variablen-Variante „combined“ zugrunde, die jeweils neben Effekten chronischer physischer Risiken auch Effekte akuter physischer Risiken berücksichtigt. Ausnahmen sind die Abbildungen 8 und 9 zu Energiemix und Energieinvestitionen (ohne Effekte akuter physischer Risiken).

<sup>49</sup> Siehe NGFS (2022a), S. 34–36 sowie Kalkuhl und Wenz (2020) und Schultes et al. (2021).

<sup>50</sup> Grundlage sind die EM-DAT-Datenbank und das CLIMADA-Modell auf Ebene einzelner Länder.

### Unterschiedliche CO<sub>2</sub>-Preise in den IAMs

**Abbildung 5, 6 und 7** · Entwicklung des CO<sub>2</sub>-Preises in den sechs NGFS-Szenarien bis 2100 (Achtung: abweichende Skalen, außerdem bis 2060 5-Jahres-Schritte, danach 10-Jahres-Schritte, Einheit: US-Dollar in 2010er-Preisen pro Tonne CO<sub>2</sub>-Äquivalent (ggf. mittlerer Preis innerhalb des Szenarios), Modell: NiGEM NGFS v1.22, IAM: GCAM, REMIND-MagPIE (mit physischen Schäden) bzw. MESSAGEix-GLOBIOM)



Quelle Abbildung 5, 6 und 7: Eigene Darstellung basierend auf Daten aus dem NGFS Phase 3 Szenario Explorer

Bruchteil des entsprechenden Rückgangs nach dem MESSAGEix-GLOBIOM-Modell – was „richtiger“ ist, ist damit aber nicht gesagt.

Die Projektgruppe hat sich in dieser Situation für eine agnostische Herangehensweise entschieden, bei der **alle drei Modelle als gleichermaßen möglich** und ihre Ergebnisse als gleichrangig angesehen werden. In Kapitel 4 zu den Auswirkungen auf die Kapitalanlagen wird daher jeweils das **arithmetische Mittel der Ergebnisse der drei Modelle** präsentiert. Diese nachgelagerte Mittelung könnte zwar grundsätzlich die Kohärenz und Interpretierbarkeit der Ergebnisse beeinträchtigen, für die in Abschnitt 4.6 betrachteten Risiken scheint dies aber kein größeres Problem darzustellen. Ein Vorteil ist in jedem Fall die größere Robustheit der Ergebnisse im Vergleich zur Wahl eines einzigen Modells.

Auch diese Entscheidung stellt selbstverständlich keine Festlegung in dem Sinn dar, dass dies die einzig mögliche oder sinnvolle Wahl wäre.<sup>51</sup>

Über den [NGFS Scenario Explorer](#) sind Daten für alle drei IAMs verfügbar.

## 2.5 NiGEM-Modell

In den verschiedenen Integrated Assessment Models (IAMs), mit den die NGFS-Szenarien erzeugt werden, werden jeweils nur wenige, grundlegende wirtschaftliche Größen modelliert. Um auch zu weitergehenden wirtschaftlichen Fragen des Klimawandels und der Transition Antworten zu erhalten, kombiniert das NGFS den primären Szenarien-Output der IAMs anschließend mit dem NiGEM-Modell.<sup>52</sup> Erst dieses Modell liefert als Output Daten zu den in Abschnitt 4.6 betrachteten finanziellen Größen wie beispielsweise Aktien oder Zinsen. **Die Daten erstrecken sich dabei auf den Zeitraum bis 2050. Für spätere Zeitpunkte sind keine entsprechenden Daten verfügbar.**

<sup>51</sup> In Version 1.0 und 1.1 dieses Papiers wurden lediglich mit MESSAGEix-GLOBIOM erzeugte Ergebnisse präsentiert. In der damals verwendeten zweiten Generation der NGFS-Szenarien waren die Unterschiede der Ergebnisse zwischen den drei Integrated Assessment Models noch weitaus geringer als bei der jetzigen dritten Generation. Damals spielte auch die Analogie zum Vorgehen der Bundesbank nach Schober et al. (2021), das aber möglicherweise auch keine fundamentalen Gründe hatte, sondern unter Umständen eher situativ bedingt gewesen sein könnte, eine Rolle.

<sup>52</sup> Das NiGEM-Modell ist am National Institute of Economic and Social Research (NIESR) in London entwickelt worden.

NiGEM ist ein globales makroökonomische Modell, das – unabhängig von Fragen des Klimawandels – von vielen Institutionen im öffentlichen und privaten Sektor für quartalsweise Wirtschaftsprognosen, Szenariorechnungen und Stresstests verwendet wird.<sup>53</sup> Es besteht aus Ländermodellen der wichtigsten Volkswirtschaften, die durch internationalen Handel und integrierte Kapitalmärkte miteinander verbunden sind und deren Parametrisierungen ökonometrisch geschätzt werden. Die einzelnen Ländermodelle weisen im Großen und Ganzen eine neoklassische Struktur mit vielen Merkmalen dynamischer stochastischer allgemeiner Gleichgewichtsmodelle (DSGE) auf. Mit klebrigen Preisen, rationalen oder modellkonsistenten Erwartungen, endogener Geldpolitik auf der Grundlage einer Taylor-Regel oder anderer Standardspezifikationen sowie langfristiger fiskalischer Budgetbeschränkung entsprechen sie üblichen makroökonomischen Annahmen. Die Ländermodelle basieren jeweils auf der volkswirtschaftlichen Einkommensidentität und umfassen die Determinanten der Binnennachfrage, des Handelsvolumens, der Preise, der Leistungsbilanz und der Vermögensbestände sowie eine klar spezifizierte Angebotsseite (Arbeit, Kapital, Energie), die im Einklang mit der langfristigen Wachstumsrate der jeweiligen Volkswirtschaft steht. Neben verschiedenen fiskalischen, monetären und Wechselkursregimen können u. a. auch unterschiedliche Arten der Erwartungsbildung der ökonomischen Agenten im Modell spezifiziert werden.

Für Zwecke der NGFS-Szenarien baut NiGEM vor allem auf den von den IAMs auf Ebene der Länder bzw. Ländergruppen gelieferten Daten zu wirtschaftlichem Output (BIP), Bevölkerung, Energie und CO<sub>2</sub>-Preis auf. Auch die Temperaturentwicklung wirkt sich im Zeitverlauf via der Produktivität auf die wirtschaftlichen Größen in NiGEM aus.

Sowohl die IAMs als auch NiGEM erzeugen endogene BIP-Schätzungen.<sup>54</sup> Als Ausgangspunkt verwenden die NiGEM-Schätzungen des BIP den langfristigen BIP-Pfad im Baseline-Szenario des jeweiligen IAM, der ebenso wie die zugehörigen Bevölkerungs- und Energieverbrauchspfade von NiGEM repliziert wird. Nachdem diese Anpassung des NiGEM-Modells auf die vom IAM vorgegebenen Ergebnisse anhand des Baseline-Szenarios erfolgt ist, werden die Rechnungen für die sechs Klimaszenarien durchgeführt. Dazu werden die vom jeweiligen IAM gelieferten Unterschiede des

<sup>53</sup> Vgl. NGFS (2022a), S. 37–50 und NIESR (2022).

<sup>54</sup> Die BIP-Schätzung nach GCAM beruht hier auf der endogenen Reaktion des CO<sub>2</sub>-Preises.

nach Energiequellen aufgegliederten Primärenergieverbrauchs und des CO<sub>2</sub>-Preises zwischen dem betrachteten und dem Baseline-Szenario als entsprechende Schocks in NiGEM modelliert.

## 2.6 Exkurs: Szenarien und Risikobegriff

Die einzelnen Klimawandelszenarien des NGFS beschreiben jeweils einen möglichen Entwicklungspfad des physischen und wirtschaftlichen Zustands der Welt. Zusammen genommen sollen die unterschiedlichen Szenarien das Spektrum „möglicher Zukünfte“ aufzeigen. Als einzelne Entwicklungspfade unter unendlichen vielen möglichen Pfaden sind diese Szenarien nicht mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit verbunden, sondern nur als Beispiele zu verstehen. Es kann lediglich eine qualitative Einschätzung vorgenommen werden, ob das jeweilige Szenario sich hinsichtlich der angenommenen Klimaschutzmaßnahmen in einem als mehr oder weniger realistisch erscheinenden Bereich bewegt.

Das gesamte Spektrum der Möglichkeiten umfasst sehr unterschiedliche Verläufe im Hinblick auf die Intensität der Klimaschutzmaßnahmen und des Klimawandels, die mit unterschiedlichen Transitions- und physischen Risiken einhergehen. Diese unterschiedlichen Risiken werden in der Präsentation der Ergebnisse durch das NGFS zumeist in den Vordergrund gestellt. Da sich die für die Szenarien bereitgestellten Daten in der Regel nur auf einen einzigen Entwicklungspfad beziehen, ist allerdings zu klären, was in diesem Zusammenhang überhaupt mit dem Begriff „Risiko“ gemeint ist.

In der Finanz- und Versicherungsmathematik wird bei unsicheren künftigen Ereignissen, deren Unsicherheit sich quantifizieren lässt, von einem Risiko gesprochen. Ein künftig mit Sicherheit eintretender Verlust oder Schaden stellt somit kein Risiko (mehr) da.

Mathematisch lässt sich der Wert einer Kapitalanlage oder eines Versicherungsvertrags als Zufallsvariable beschreiben, die mit Hilfe einer oder mehrerer Risikofaktoren modelliert werden kann. Diese Risikofaktoren, wie beispielweise Zins, Spread, verschiedene Naturgefahren, Sterblichkeit oder Storno, stellen selbst wiederum Zufallsvariablen dar. Für eine gegebene Modellierung und für gegebene Verteilungsannahmen der Risikofaktoren lässt sich das Risiko der betreffenden Kapitalanlage oder des Versicherungsvertrags bestimmen. Es setzt sich aus dem unvermeidlichen Zufalls- und dem Modellrisiko zusammen.

Daran ändert sich auch durch den Klimawandel und durch die Maßnahmen zur Eindämmung des Klimawandels grundsätzlich nichts. In der mathematischen Beschreibung kommen im Allgemeinen auch keine neuen Risiken hinzu. Was sich jedoch ändert, ist die (wahre) Verteilung der betreffenden Zufallsvariablen und ihrer Risikofaktoren. Dementsprechend ändern sich auch die Verteilungsannahmen, mit denen man diese Risikofaktoren möglichst gut zu beschreiben versucht. In diesem Sinne bestehen physische Risiken des Klimawandels darin, dass sich die Verteilungen für Naturgefahren abbildende Risikofaktoren (in einer nachteiligen Weise) ändern. Entsprechend bestehen Transitionsrisiken der Dekarbonisierung darin, dass sich die Verteilungen für Risikofaktoren des Kapitalmarktes in einer nachteiligen Weise ändern. Dadurch können sich sowohl Erwartungswerte als auch Streuungen für die Realisationen der betreffenden Zufallsvariablen (Risikofaktoren sowie konkrete Kapitalanlagen und Versicherungsverträge) ändern.

Die Szenarien stellen allerdings keine sich ändernden Verteilungsannahmen, ganze Bündel möglicher Pfade oder Aussagen zu Quantilen<sup>55</sup>, sondern in der Regel lediglich die Entwicklung einiger Risikofaktoren auf einem einzigen Pfad bereit – d. h. für jeden Zeitpunkt nur eine Realisation. Wenn beim NGFS von den physischen und Transitionsrisiken, die sich in einem Szenario zeigen, die Rede ist, dürfte daher zumeist einfach die Abweichung der Realisationen der Zufallsvariablen in diesem Szenario (der präsentierte Pfad) von ihren in einem Vergleichsfall erwarteten Werten gemeint sein. Konkret: In dem Szenario entwickeln sich Kapitalanlagen oder Versicherungsschäden schlechter als im (kontrafaktischen) Referenzszenario erwartet. Die Abweichung zwischen diesen Zeitreihen einfacher Zahlen (keine Zufallsvariablen) wird in diesem Zusammenhang als das „Risiko“ bezeichnet, das in einem betrachteten Szenario größer und in einem anderen betrachteten Szenario kleiner sein kann. Tatsächlich geht es bei dieser Begriffsverwendung also nicht darum, wie „riskant“, sondern vielmehr wie „schlecht“ die Lage wäre, wenn ein bestimmtes Szenario eintreten sollte.

<sup>55</sup> Die Temperaturentwicklung stellt eine Ausnahme dar. Neben dem in Abbildung 2 gezeigten Median wären in diesem Fall auch weitere Quantile verfügbar.

## 3. Methodik

### 3.1 Grundlegende Überlegungen

Während die heutigen Bewertungen meist auf historischen Daten beruhen, muss für Klimawandelszenarien die Bewertung auf vorwärts gerichteten Daten basieren.

Betrachtet man unterschiedliche Klimaszenarien (z. B. die NGFS-Szenarien, siehe Abschnitt 2.1, Abbildung 2 zur Temperaturentwicklung) zu verschiedenen Zeitpunkten in der Zukunft, so wirken diese insbesondere auf

- Bilanz (insbesondere Eigenmittel),
- Solvenzkapitalanforderung (SCR) und
- Gesamtsolvabilitätsbedarf (GSB).

Daneben werden auch Profitabilitätskennzahlen (wie beispielsweise in der Gewinn- und Verlustrechnung) berührt, deren Betrachtung ggf. ebenfalls hilfreich sein kann.

Je nach Erwartung für die Zukunft („erwartetes Szenario“) können die Klimaszenarien aber auch bereits die darauf aufbauende Bewertung per heute (2021) verändern. Dies ist insbesondere für langlaufende Biometrie-Produkte der Fall, wenn die aktuellen Rechnungsgrundlagen noch eher dem Referenzszenario zuzuordnen sind.

Verschiedene mögliche Ansätze, wie die Bewertung von Klimaszenarien methodisch erfolgen kann, lassen sich grob einteilen in:

- Neubewertung per heute (Sensitivitätsanalyse);
- Stresstest, wie er in der Form instantaner Schocks in der SCR-Berechnung Anwendung findet. Im Kontext von Klimaszenarien sind dies eher „Zeitreisen“, d. h. eine Verschiebung des Bestands (Aktiv- wie Passivseite) in die Zukunft unter Beibehaltung der Restlaufzeiten;
- Projektion, etwa wie in der BaFin-Prognoserechnung für Lebensversicherungsunternehmen (LVU). Diese Projektion kann sowohl statisch erfolgen als auch in einer Weiterentwicklung Managementregeln beinhalten, die auf Klimaszenarien reagieren.

Bei den sogenannten “Zeitreise-Stresstests” werden im Normalfall also keinerlei Maßnahmen unterstellt, die die zukünftigen Risiken aus dem Klimawandel mindern würden. Ein derartiger Ansatz eignet sich somit insbesondere dafür, die grundsätzliche Betroffenheit einer Gesellschaft gegenüber dem Klimawandel zu beurteilen. Er sollte damit auch einen geeigneten Ansatz zur Beurteilung von Klimawandelszenarien im ORSA darstellen. Jedoch liefert er keine realistische Aussage darüber, wie sich die tatsächliche Lage der Gesellschaft bei einer Realisierung eines solchen Szenarios darstellen würde, da davon auszugehen ist, dass im Zeitverlauf entsprechende Risikosteuerungsmaßnahmen ergriffen werden würden (z. B. Anpassung von Prämien oder Rückversicherungsschutz).

Bei Projektionen sind eine Vielzahl an Annahmen zu treffen, insbesondere welche risikomindernden Maßnahmen für die Zukunft unterstellt werden. Dies kann die Beurteilung der grundsätzlichen Betroffenheit erschweren. Es sind aber auch Zwischenlösungen – insbesondere als ergänzende Analyse – denkbar, z. B. wenn in einem “Zeitreise-Stresstests” auch gleichzeitig das Ergreifen von Maßnahmen und sonstige Entwicklungen unterstellt werden. Derartige Anpassungen sollten jedoch immer transparent dargestellt werden, um die richtige Interpretation der Ergebnisse sicherzustellen.

Tabelle 2 zeigt die konkreten Unterschiede dieser Ansätze anhand der beispielhaft gewählten Zeitpunkte 2021, 2030 und 2050.

**Szenario\_1** und **Szenario\_2** könnten hier beispielsweise für die Narrative des Current-Policies- bzw. des Delayed-Transition-Szenarios stehen. Ob und wie stark sich die Stresse zu einem bestimmten Zeitpunkt zwischen den Szenarien unterscheiden, hängt von der konkreten Parametrisierung ab.

Wichtig ist hierbei, dass bei einer Bewertung per einem ausgewählten Jahr immer eine Erwartung zur Zukunft mit einfließt, da die Bewertungsgrundlagen aufgrund der Annahme vorwärts gerichteter Erwartungen der Marktteilnehmer auch den zukünftigen Pfad der Ökonomie in dem betrachteten Szenario widerspiegeln. Ebenso gilt dies für die Versicherungstechnik. In

## Methodische Ansätze zur Bewertung der Szenarien

**Tabelle 2** · Übersicht der verschiedenen Ansätze Sensitivitätsanalyse, Stresstest und Projektion

BESTAND	PER	ZUKUNFT	BILANZ	SCR	GSB	
2021	2021	Referenz	vorhanden	vorhanden	vorhanden	Sensitivitätsanalyse
	2021	Szenario_1	neu	neu	neu	
	2021	Szenario_2	neu	neu	neu	
2021	2030/50	Referenz	vorhanden	vorhanden	vorhanden	Stresstest „Zeitreise“
	2030/50	Szenario_1	neu	neu	neu	
	2030/50	Szenario_2	neu	neu	neu	
2030	2030	Referenz		LVU: z. B. BaFin-Prognoserechnung		Projektion
	2030	Szenario_1	neu	neu	neu	
	2030	Szenario_2	neu	neu	neu	
2050	2050	Referenz	neu	neu	neu	Projektion
	2050	Szenario_1	neu	neu	neu	
		Szenario_2	neu	neu	neu	

Quelle: Eigene Darstellung

diesem Sinne ist dann auch eine langfristige Betrachtung über das ausgewählte Jahr hinausgegeben.

### Mehrperiodigkeit, Projektionen und Geschäftsentwicklung

Tabelle 2 deutet bereits eine optionale, schrittweise Entwicklung der Methodik an. In einem ersten quantitativen Schritt können die beiden ersten Ansätze Sensitivitätsanalyse und Stresstest erfolgen. Dabei wird die vorhandene Bilanz ohne Projektion als Referenz bzw. Ausgangswert für die Berechnungen genutzt. Dies entspricht den Anforderungen der Aufsicht bei Analysen mit einem kurzfristigen Zeithorizont. Außerdem ist die Verwendung der aktuellen Bilanz als Vereinfachung auch bei einem langfristigen Zeithorizont zulässig (siehe Kapitel 1).

Eine Möglichkeit für eine Weiterentwicklung wäre eine (teilweise) Projektion der Bilanz, sofern und soweit es von den Unternehmen als sinnvoll und notwendig erachtet wird, d. h. abhängig vom unternehmensindividuellen Risikoprofil und den bisherigen Erkenntnissen zu Klimaszenarien. Bei der Weiterentwicklung könnten bereits vorhandene Projektionen (z. B. BaFin-Prognoserechnung, Mittelfristplanung) für die nächsten 5–15 Jahre als Referenzszenario herangezogen werden.

Diese ließen sich dann zu einer (statischen) Projektion für die verschiedenen Klimaszenarien anpassen bzw. erweitern. Je nach Ergebnis dieser statischen Projektion würde eine Ergänzung um unterschiedliche

geschäftsstrategische Maßnahmen erfolgen, ggf. sogar um dynamische Managementregeln. Um die Komplexität der Projektion im handhabbaren Rahmen zu halten, könnte eine Beschränkung auf bestimmte Aspekte angezeigt sein, wie zum Beispiel auf Schadenentwicklungen für verschiedene Naturgefahren oder Regionen, die Betrachtung der Aktivseite isoliert von den versicherungstechnischen Risiken, um Auswirkungen auf das Investment Portfolio zu untersuchen, oder das Neugeschäft.

Die Projektion der vollen Bilanz würde auf einen komplexen, herausfordernden Mehrperioden-Ansatz hinauslaufen. Dieser erforderte eine Vielzahl von zusätzlichen Annahmen für weit in der Zukunft liegende Zeitpunkte, u. a. auch zum Kapitalanlageuniversum.

Generell dürften Bilanz-Projektionen mit einem Mehrperiodenansatz mit einem gewissen Modellfehler verbunden sein, der die Interpretation der Ergebnisse erschwert. Das Identifizieren von Vulnerabilitäten und Ableiten von sinnvollen Maßnahmen ist aber auch bereits mit Stresstests mit „Ceteris-paribus-Analysen“ auf Basis der aktuellen Bilanz möglich.

Je nach Unternehmen wird die strategische Planung eher eine kontinuierliche Geschäftsführung oder eine dynamische Veränderung der Bestandsstruktur vorsehen. Dementsprechend wird der Bedarf zu einer Berücksichtigung von Bestandsveränderungen unternehmensindividuell unterschiedlich ausfallen. Unabhängig davon ist jedoch zu beachten, dass im Verlauf

der Dekarbonisierung bzw. Transformation die Wirtschaft sich – je nach Szenario – auch bereits im Laufe von einem Jahrzehnt insgesamt und besonders für einzelne Branchen sehr stark ändern kann. Historische Begebenheiten wie beispielsweise die Verbreitung von Mobilfunk im Massenmarkt innerhalb von weniger als fünf Jahren verdeutlichen dies. Entsprechend kann es je nach Szenario sein, dass Kunden neu gewonnen werden müssen (vgl. veränderte Mobilität, Energiewende, energetische Gebäudesanierung, usw.). Diese Effekte können materiell sein und müssen dann entsprechend in der Methodik berücksichtigt werden.

Wie oben erwähnt ist der Umgang mit der Mehrperiodigkeit der Szenarien eine wichtige methodische Frage. Grundsätzlich ergeben sich hieraus zwei Entscheidungsdimensionen: (1) die Berücksichtigung von reaktiven Managementmaßnahmen/-regeln (statische vs. dynamische Bilanz) sowie (2) die Anwendung eines instantanen Schocks zu einem oder mehreren ausgewählten Zeitpunkten gegenüber einer fortlaufenden Betrachtung in einem bestimmten Zeitintervall. Im Sinne der Evolution der Methodenkompetenz erscheint die Annahme eines instantanen Schocks und einer statischen Bilanz („Stresstest“ bzw. „Zeitreise“) mit Blick auf den Implementierungsaufwand sowie die Aussagekraft und Vergleichbarkeit derzeit ausreichend und für viele Unternehmen angemessen. Hierfür können die Szenarien für einen oder mehrere ausgewählte Zeitpunkte als instantaner Schock auf die aktuelle Bilanz (bzw. die Bilanz zum Referenzstichtag) abgebildet werden. Dieser (quantitative) Ansatz kann beispielsweise ergänzend mit einer separaten (qualitativen) vorausschauenden Bewertung reaktiver Managementmaßnahmen kombiniert werden. In Zukunft könnten Erweiterungen in Betracht gezogen werden, die auch dynamischere Ansätze umfassen, sofern diese sich unternehmensindividuell als sinnvoll oder notwendig erweisen.

### Zeithorizont

Der Zeithorizont von Klimawandelrisiken ist im Vergleich zu herkömmlichen Stresstests oder Szenarioanalysen wesentlich länger. Die Auswahl des Betrachtungszeitraums/-punktes sollte dabei sowohl dem Szenario-Narrativ als auch der strategischen Unternehmensplanung Rechnung tragen. Mit Blick auf den ersten Aspekt kann dies zum Beispiel bedeuten, dass Szenarien mit Fokus auf Transitionsrisiken eher kurz- bis mittelfristig bzw. zum angenommenen Zeitpunkt der stärksten ökonomischen Auswirkungen betrachtet werden, wohingegen für Szenarien mit Fokus auf physische Risiken eine langfristige Betrachtung angenommen werden kann. Dies kann bedeuten, dass bei der Kalibrierung der Szenarien beispielsweise ein

„konservativer“ Ansatz in Bezug auf physische Risiken gewählt wird, indem diese zeitlich vorweggenommen werden.<sup>56</sup> Gleichzeitig sollte insbesondere im Falle eines dynamischen Ansatzes und/oder der Berücksichtigung von Managementmaßnahmen die strategische Relevanz des Szenariohorizonts gewährleistet werden, um plausible Ergebnisse zu erzielen.

### Quantifizierung der Szenarien

Für eine quantitative Bewertung von Klimawandelrisiken müssen die Szenarien mit einer angemessenen Granularität quantifiziert werden. Dafür ist es notwendig, die Auswirkungen auf die wichtigsten physikalischen, makroökonomischen und finanziellen Variablen zu bewerten. Dabei besteht die Herausforderung insbesondere darin, High-level-Szenarien in detaillierte Informationen über die wichtigsten ökonomischen Variablen zu übersetzen. Hierfür können die im Folgenden beschriebenen Variablen der NGFS-/NiGEM-Szenarien als Modellierungsbausteine genutzt werden. Die NGFS-Szenarien bieten Informationen über Transitionsprofile sowie physikalische Klimavariablen und makroökonomische Indikatoren für die wichtigsten Wirtschaftsregionen. Die Zeitreihen sind über den [NGFS Phase 3 Scenario Explorer](#) verfügbar. Als Zielbild wäre sowohl eine angemessene geografische als auch sektorale Granularität wünschenswert, um das unternehmensspezifische Risikoprofil angemessen zu berücksichtigen. Insbesondere sektorale Modellierungen sind für die Analyse von Transitionsrisiken bedeutend, jedoch bisher nur in sehr begrenztem Umfang verfügbar.

### Stressherleitung

Aus der Definition des Referenzszenarios ergeben sich grundsätzlich zwei mögliche Ansätze zur Herleitung und Implementierung von Stressen. Zum einen kann der anzuwendende Stress als Differenz zwischen den Klimawandelszenarien und dem Referenzszenario zum ausgewählten Zeitpunkt spezifiziert werden. Zum anderen kann für alle Szenarien inklusive des Referenzszenarios ein Stress als Differenz zwischen dem ausgewählten Zeitpunkt und dem Ist-Niveau (bzw. Bilanzstichtag) spezifiziert und implementiert und anschließend die Abweichung der Ergebnisse zwischen den Klimaszenarien und dem Referenzszenario betrachtet werden. Die Wahl des Ansatzes hängt von der konkreten unternehmensspezifischen Implementierung ab. Der erste Ansatz unterstellt implizit eine Einpreisung des Referenzszenarios in die aktuelle Bilanz, wohingegen

<sup>56</sup> Kurz- bis mittelfristig ähneln sich die physischen Risiken in allen Szenarien. Die angenommenen Maßnahmen in den Transitionsszenarien reduzieren diese Risiken erst langfristig. Der Zeitpunkt für einen Vergleich zwischen einem Transitions- und einem physischen Szenario sollte in Abhängigkeit des unterstellten Narrativs gewählt werden.

der zweite Ansatz technische Nachteile bei der Implementierung birgt, da die Änderungen der Risikofaktoren aufgrund des allgemeinen Wachstumstrends hier je nach Wahl des Zeitpunktes sehr hoch ausfallen können (weite Extrapolation).

### Bewertungskennzahlen

Um die Auswirkungen eines Szenarios zu bewerten, können eine Reihe von Indikatoren herangezogen werden, für die die Stressszenarien berechnet werden. Ziel dieser Indikatoren sollte es sein, ein umfassendes Bild der Auswirkungen der gewählten Szenarien auf die Risiko- und Solvenzposition zu vermitteln. Dazu zählen, wie oben genannt, Bilanz (insbesondere Eigenmittel), Solvenzkapitalanforderung (SCR), Gesamtsolvabilitätsbedarf (GSB) oder Profitabilitätskennzahlen. Wie bereits ausgeführt, können in zusätzlichen Analysen, wie Teilprojektionen oder dynamischen Ansätzen, auch Aktiv- und Passivseite isoliert betrachtet werden, z. B. um die Auswirkungen eines Szenarios auf den Marktwert des Anlageportfolios im Zeitverlauf abzubilden.

### Interpretierbarkeit und Einschränkungen

Bei der Interpretation der Ergebnisse quantitativer Analysen und der Ableitung möglicher Handlungsempfehlungen sollte das hohe Maß der mit dem Klimawandel verbundenen Unsicherheit und der Grenzen der Prognosen, insbesondere bei Kombination verschiedener Modelle wie probabilistischer Klima- und sozioökonomischer Modelle, berücksichtigt werden.

Die folgenden Abschnitte 3.2 bis 3.4 ergänzen zusätzliche Überlegungen für die Kapitalanlage, Schaden-/Unfallversicherung und Personenversicherung.

## 3.2 Spezielle Aspekte der Kapitalanlage

Für die Bewertung der finanziellen Auswirkungen der Klimawandelrisiken auf die Kapitalanlage gelten die oben genannten Empfehlungen, insbesondere die Berücksichtigung des Referenzszenarios (siehe Abschnitt 2.3).

In Hinblick auf Transitionsrisiken erscheint es wichtig, die Auswirkungen auch auf sektoraler Ebene zu betrachten, da Emittenten bzw. Sektoren mit hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen grundsätzlich stärker von einem Anstieg des CO<sub>2</sub>-Preises (direkt oder indirekt) betroffen sein werden. Derzeitige Ansätze für Stresstests haben sich bisher eher auf qualitativer Ebene oder mittels heuristischer Ansätze mit sektoralen Effekten beschäftigt. Dies ist der mangelnden Verfügbarkeit von granularen sektoralen Informationen in den gängigen

Szenarien und Modellen geschuldet. In Abschnitt 4.4 wird ein Ansatz vorgestellt, der sich teilweise an einer ähnlichen Analyse der Deutschen Bundesbank orientiert, mit dem sektorspezifische Assetpreisentwicklungen aus den makroökonomischen NGFS-/NiGEM-Szenarien abgeleitet werden könnten.

Bei mangelnder sektoraler Verfügbarkeit der kapitalanlagerelevanten Risikofaktoren kann die Abbildung der gesamtwirtschaftlichen Effekte mittels Stressfaktoren für Assetklassen jedoch als eine Art Ausgangswert für eine durchschnittliche Portfolioallokation interpretiert werden (d. h. Branchenallokation entspricht sektoraler Verteilung der Bruttowertschöpfung in investierten Regionen). Ausgehend hiervon könnten beispielsweise auf Basis von Expertenschätzungen Skalierungsfaktoren für verschiedene Portfolioallokationen definiert und angewendet werden. Ein entsprechender Ansatz, der entweder auf der gesamtwirtschaftlichen oder der sektoralen Entwicklung aufsetzt, wird in Abschnitt 4.5 skizziert.

Hintergrund dieses Ansatzes ist, dass sich Unternehmen auch innerhalb einer Branche unterscheiden können. Technologie, individuelle Klimastrategien, finanzielle Ressourcen und Kapazitäten können die Exposition gegenüber Transitionsrisiken erheblich beeinflussen. Solche emittentenspezifischen Faktoren könnten beispielsweise durch unternehmensbezogene Nachhaltigkeitsdaten (z. B. Ratings etc.) berücksichtigt werden. Ein solcher Ansatz ist aber derzeit eindeutig als Zusatz zu den sektoralen Ansätzen zu sehen, da es hierfür bislang keine standardisierte Methode gibt und Nachhaltigkeitsdaten weitgehend kommerziell lizenziert und daher in unterschiedlichem Umfang bei Versicherungsunternehmen und Asset Managern vorhanden sind.

## 3.3 Spezielle Aspekte der Personenversicherung

Ziel der Betrachtung von Klimawandelszenarien im ORSA ist es, materielle Risiken für das Unternehmen zu identifizieren. Die Entwicklung des Versicherungsbestandes kann insbesondere im Hinblick auf die Langfristigkeit der Verpflichtungen in der Lebensversicherung eine Rolle spielen. Für die genannten verschiedenen Herangehensweisen ergeben sich daher unterschiedliche Anforderungen an die zugrunde gelegte Bestandsentwicklung:

- Stresstests („Zeitreisen“): Stresstests auf dem bestehenden Bestand können dazu dienen, Bestandsgruppen zu identifizieren, die erhöhten Risiken ausgesetzt sind.

- Projektion für den Zeitraum bis ca. 10 Jahre: Für ein Klimawandelszenario kann vereinfachend auf die Bestandsentwicklung aus vorhandenen Szenarien aus der eigenen Mittelfristplanung oder der Prognoserechnung zurückgegriffen werden.
- Projektionen über einen längerfristigen Zeitraum (Multiperiodenansatz): Für einen längeren Projektionshorizont könnte die Entwicklung des Neugeschäfts anhand geeigneter Treiber projiziert werden, sofern und soweit es von den Unternehmen als sinnvoll und notwendig erachtet wird. Dies wäre insbesondere konsistent zu einem statischen Ansatz von Managementmaßnahmen/-regeln bezüglich der Neugeschäftssteuerung. Reaktive Managementmaßnahmen/-regeln könnten davon abweichend auch den Produktmix hinsichtlich einzelner Produktgruppen (z. B. „grüne“ Produkte) berücksichtigen.

Für den Bereich der Lebensversicherung kann als Treiber für das Neugeschäft oder einzelne Bestandsgruppen eine Korrelation z. B. zum Bruttoinlandsprodukt zugrunde gelegt werden. Das Volumen des Neugeschäfts (ggf. nach Bestandsgruppen) kann dann mit der Entwicklung des Bruttoinlandsprodukts des NGFS-Szenarios skaliert werden und so Jahr für Jahr fortgeschrieben werden.

### 3.4 Spezielle Aspekte der Schaden-/Unfallversicherung

Für die zukünftigen Zeiträume sind Annahmen zu Entwicklung des Exposures zu treffen.

Typischerweise dürfte es zumindest für kürzere Zeiträume ein valider Ansatz sein, das Exposure z. B. hinsichtlich Naturgefahren auf Basis der Entwicklungen der letzten Jahre fortzuschreiben. Für längerfristige Zeiträume dürfte diese Fortschreibung weniger tragfähig sein. Es könnte sich dann beispielsweise ein „Einfrieren“ eines Exposures der näheren Zukunft anbieten. Damit werden dann für die ferneren Zeiträume ausschließlich Effekte der geänderten äußeren Einflüsse, wie geänderter Extremwetterereignisse, sichtbar. Unter Umständen könnten aber auch bereits deutlichere Verschiebungen im Exposure zu erwarten sein, als die einfache Fortschreibung nahelegt. Diese sollten dann entsprechend integriert werden.

Drei Beispiele seien als Anregungen genannt:

- Möglicherweise sollen im Rahmen einer Nachhaltigkeitsstrategie des Unternehmens bestimmte Risiken

stärker gezeichnet und andere weniger stark gezeichnet werden. Auch könnte es Änderungen im Deckungsumfang geben.

- Schwere Ereignisse führen zu einer stärkeren Zeichnung von Naturgefahren. Beispielsweise ist nach der Sturzflut „Bernd“ Mitte Juli 2021 die Versicherungsdichte elementar marktweit um 4 Prozentpunkte gestiegen, üblich sind ansonsten 1 bis 2 Prozentpunkte.
- Ein neuer regulatorischer Rahmen für die Naturgefahrenversicherung führt zu deutlichen Änderungen der Abschlussquote. Hier kann beispielsweise auf das Positionspapier „Zukunft der Naturgefahrenversicherung“<sup>57</sup> verwiesen werden.

### 3.5 Überprüfung der Wesentlichkeit

In den voran gegangenen Abschnitten dieses Kapitels ging es um das methodische Vorgehen für die Bewertung von Risiken anhand von Klimaszenarien. Im Folgenden wird vorgeschlagen, wie man sich der Wesentlichkeitsüberprüfung der Klimawandelrisiken nähern könnte.

In den Anforderungen der Opinion<sup>58</sup> stellt die EIOPA ihre Erwartung klar, dass Versicherer wesentliche Risiken des Klimawandels mit mindestens zwei langfristigen Klimaszenarien bewerten sollen. Dafür müssen Unternehmen zunächst die wesentlichen Risiken des Klimawandels für ihre Geschäftstätigkeit ermitteln.

#### Schritt 1: Szenarien festlegen

Die Identifikation und Beurteilung von Klimawandelrisiken und damit insbesondere die Einschätzung ihrer Wesentlichkeit wird dadurch stark erschwert,

- dass sich die Risiken teilweise erst (sehr) langfristig realisieren werden,
- dass „Klimawandel“ ein Abstraktum ist, dessen konkrete Ausprägungen man sich erst vor Augen führen muss, bevor man Auswirkungen auf das einzelne Unternehmen beurteilen kann,
- dass es eine Vielzahl denkbarer möglicher Entwicklungen gibt und
- dass man diese möglichen künftigen Entwicklungen nicht auf Basis von Vergangenheitsdaten ableiten kann.

<sup>57</sup> Vgl. GDV (2021).

<sup>58</sup> Vgl. EIOPA (2021a).

Um diese Herausforderungen zu bewältigen, scheint eine Risikobeurteilung mit Hilfe eines Szenarioansatzes eine geeignete Herangehensweise darzustellen: Mit einer sehr begrenzten Auswahl an Szenarien kann den verschiedenen Beteiligten im Unternehmen eine Grundlage an die Hand gegeben werden, mit der das Abstraktum „Klimawandel“ durch die möglichst konkrete Beschreibung eines künftigen Umfelds ersetzt wird. Die Szenarien stellen also keine Vorhersagen dar, sondern sollen – als jeweils eine mögliche zukünftige Entwicklung – dazu dienen, die in dem jeweiligen Szenario entstehenden oder sich verändernden Risiken identifizieren und beurteilen zu können.

Um auf diese Weise eine angemessene Identifikation und Beurteilung von Klimawandelrisiken sicherzustellen, kommt der Auswahl der zu analysierenden Szenarien eine besondere Bedeutung zu. Da bei Klimawandelrisiken typischerweise zwischen Transitions- und physischen Risiken unterschieden wird – was auch von Seiten der Aufsicht vertreten bzw. vorgegeben wird – erscheint es naheliegend, je ein Szenario mit Schwerpunkt auf Transitions- bzw. physischen Risiken zu untersuchen. Vor diesem Hintergrund wurden für das vorliegende Papier die beiden Szenarien Delayed Transition und Current Policies ausgewählt, die eine angemessene Grundlage für die Analyse von Klimawandelrisiken darstellen sollten (vgl. Abschnitt 2.2).

### Schritt 2: Wesentlichkeit ermitteln

Die Aufsichtsbehörden erwarten von den Unternehmen, die Wesentlichkeit der Exponierung gegenüber Risiken des Klimawandels durch eine Kombination aus qualitativen und quantitativen Analysen zu ermitteln.

In einer ersten Analyse können sich die Versicherungsunternehmen zunächst mit ihrem aktuellen und zukünftig geplanten Versicherungs- oder Kapitalanlagenbestand auseinandersetzen. Hierbei gilt es zu beurteilen, welche Sparten oder (Teil)-Bestände das Versicherungsunternehmen wesentlich beeinflussen können. Auf dieser Basis können dann die in den Szenarien zukünftig neu entstehenden oder sich verändernden Risiken identifiziert und bewertet werden. Dazu kann man sich vorstellen, dass man sich in einem bestimmten Zeitpunkt in der Zukunft befindet (z. B. im Jahr 2030 für kurzfristig, 2050 für mittelfristig, 2100 für langfristig im Sinne der EIOPA-Vorgaben<sup>59</sup>). Unternehmen sollten sich nun für diesen Zeitpunkt die Frage stellen, welche Effekte in den Versicherungs- oder Kapitalanlagenbeständen auftreten könnten und diese grob hinsichtlich

ihrer Materialität einordnen. Beispiele solcher Effekte könnten steigende Schadenfrequenzen in der Naturgefahrenversicherung durch Klimawandeleffekte, geringere Fahrleistungen in der Kfz-Versicherung durch höhere Energiepreise oder gänzlich neue Versicherungsbedarfe in der Technischen Versicherung durch neue Technologien zur Begegnung des Klimawandels sein. Die Risiken, die sich dabei gegenüber dem heutigen Stand (wesentlich) verändern oder neu ergeben, können identifiziert und die Änderung gegenüber heute bewertet werden. Das heißt, gegenüber der im Rahmen des „normalen“ Risikomanagementprozesses üblichen Risikoidentifikation und -bewertung ändert sich vor allem der Betrachtungszeitpunkt. Ganz im Sinne der EIOPA-Opinion sollte die Analyse der Risiken durch eine Kombination aus qualitativen und quantitativen Elementen erfolgen. Es bietet sich dafür eine Einteilung der Risiken bzw. Risikoveränderungen hinsichtlich ihrer ökonomischen Auswirkungen in Größenklassen „niedrig“, „mittel“, „hoch“ oder „nicht wesentlich“ an (z. B. „nicht wesentlich“ entspricht einer ökonomischen Auswirkung < 10 Mio. Euro, „niedrig“ entspricht einer ökonomischen Auswirkung zwischen 10 Mio. Euro und 50 Mio. Euro, usw.). Die Zuordnung der verschiedenen Risiken und Effekte in diese Größenklassen kann anhand grober Abschätzungen erfolgen.

Den hier vorgeschlagenen Ansatz für die Bewertung von Klimawandelrisiken (Risikobewertung künftiger, über Szenarien beschriebener Situationen unter Verwendung der heutigen Risikodefinition) könnte man auch „Zeitreise-Ansatz“ (vgl. Kapitel 3) nennen. Hervorzuheben ist dabei, dass die **Wesentlichkeit abhängig vom Betrachtungszeitpunkt** ist. Bei etlichen Risiken kann davon ausgegangen werden, dass aktuell (noch) keine Wesentlichkeit gegeben ist, zu einem zukünftigen Zeitpunkt jedoch von einem wesentlichen Einfluss auszugehen ist.

### Schritt 3: Detailliertere Quantifizierungen durchführen oder Nicht-Wesentlichkeit begründen

Auf obiger Analyse aufbauend können dann weitergehende Quantifizierungen durchgeführt werden: Eine umfangreiche Quantifizierung erscheint nur dort sinnvoll und notwendig, wo in der obigen Analyse eine wesentliche Betroffenheit (zum jeweiligen Zeitpunkt) festgestellt wurde. Die Gründe für einen etwaigen Verzicht auf die Quantifizierung wegen fehlender Wesentlichkeit sollten durch die Unternehmen dokumentiert werden. So heißt es in der EIOPA-Opinion, dass Unternehmen, die zu dem Schluss kommen, dass der Klimawandel kein wesentliches Risiko darstellt, erläutern, wie sie zu diesem Schluss kommen. Mögliche Vorgehensweisen zur Quantifizierung werden in den Kapitel 4 bis 6 ausführlich erläutert.

<sup>59</sup> Abweichend von den Vorgaben von EIOPA erlaubt die BaFin aktuell die Betrachtung von kürzeren Zeithorizonten, vgl. BaFin (2022).

## 4. Auswirkungen auf die Kapitalanlagen

Neben dem Klimawandel selbst wirkt sich vor allem auch die zur Eindämmung des Klimawandels nötige Dekarbonisierung auf die künftige Entwicklung der Wirtschaft aus – die Phase der Transformation der Weltwirtschaft kann mit erheblichen Transitions- oder Übergangsrisiken für Kapitalanlagen verbunden sein.

Nach der Vorstellung einiger Grundlagen werden im Folgenden Grundzüge der Transition skizziert. Angesichts der zu erwartenden unterschiedlichen Betroffenheit werden Ansätze für sektor- und portfoliospezifische Betrachtungen vorgestellt, bevor die Entwicklung wichtiger finanz- und makroökonomischer Risiken im Detail betrachtet wird.

### 4.1 Qualitative Analyse

Unternehmen ohne bisherige Erfahrung könnten unter Umständen als ersten Schritt damit beginnen, langfristige Klimawandelszenarien zunächst weitestgehend qualitativ zu analysieren und vereinfachende Annahmen für die Klimaszenarien zu unterstellen.

Eine qualitative Risikoanalyse der Klimaszenarien kann durch ein Scoring der einzelnen Szenarioauswirkungen auf die Kapitalanlage erfolgen. Wichtig ist dabei, die wesentlichen Risiken zu identifizieren und zu überlegen, wo diese Risiken auftreten könnten. Eine Möglichkeit dafür ist es, die Risiken und die Auswirkungen auf die einzelnen Marktrisiken und Kapitalanlageklassen herunterzubrechen. Im Scoring kann dabei zum Beispiel zwischen keiner, geringer, mittlerer und hoher Auswirkung auf die einzelnen Marktrisiken und Kapitalanlageklassen, jeweils über verschieden lange Zeithorizonte bis hin zu den Folgen in 80 Jahren, unterschieden werden. Ein wesentlicher Schritt dabei ist es, ein Bewertungsschema festzulegen, d. h. die Grenzen der Scoring-Kategorien zu bestimmen. Die Grenzen legen zum Beispiel fest, in welcher Höhe der Marktwert der Aktien sinken müsste, um als geringe, mittlere oder hohe Auswirkung klassifiziert zu werden.

### 4.2 Prämissen der quantitativen Analyse

Für quantitative Analysen stellen die ökonomischen Projektionen der NGFS-Szenarien eine gute Ausgangsbasis dar.

#### 4.2.1 Aktualität und Modellfokus

Die Projektionen knüpfen an mehr oder weniger aktuelle Daten und Konjunkturprognosen an. Der aktuellen dritten Generation der NGFS-Szenarien liegt diesbezüglich der Stand vom Herbst 2021 zugrunde.<sup>60</sup> Von diesen Werten ausgehend, werden die ökonomischen Größen endogen im Modell fortgeschrieben. Neue externe Schocks, die weder in den bis dahin beobachteten Daten noch in den zugrunde gelegten Annahmen enthalten sind, tauchen in der Modellierung nicht auf. Aktuell bedeutet dies, dass die im Modell für 2022 projizierten Werte wirtschaftlicher Größen wie Inflation oder Zinsen stark von der Realität abweichen.

Generell bilden Modelle ohnehin nur bestimmte Aspekte der Realität in vereinfachter Weise ab. Da ihre Ergebnisse zudem von den als Input verwendeten Daten und Annahmen abhängen, ist es unvermeidlich, dass nicht vorhergesehene einschneidende Ereignisse, wie der Anfang 2022 in vollem Umfang ausgebrochene Krieg Russlands gegen die Ukraine, derartige Diskrepanzen verursachen können.

Dies sollte aber nicht als gravierender Nachteil angesehen werden. Die NGFS-Szenarien stellen ausdrücklich keine Prognosen dar, die mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit genau so eintreten werden. Es handelt sich vielmehr um Projektionen, die den Möglichkeitenraum im Hinblick auf die Folgen des Klimawandels und der Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels aufzeigen sollen. Dabei geht es um die mit dieser speziellen Thematik verbundenen Entwicklungen im Lauf der nächsten Jahrzehnte. Es ist selbstverständlich, dass es in dieser Zeit auch viele andere Ereignisse und Entwicklungen geben wird, die heute noch nicht antizipiert werden können. Dadurch ausgelöste Schocks auf

<sup>60</sup> Siehe dazu auch Abschnitt 2.1.

der Mikro- und Makroebene werden auch weiterhin die Wirtschaft beeinflussen, sodass die reale Entwicklung stets das Ergebnis einer Vielzahl unterschiedlicher Einflüsse sein wird, die sich gegenseitig überlagern.

Bei den Klimawandelszenarien soll jedoch von allen möglichen anderen nicht vorhersehbaren Schocks abstrahiert und der Fokus ganz bewusst nur auf Klimawandel und Dekarbonisierung gelegt werden. Die Analyse liefert dann Erkenntnisse speziell zu dieser Thematik, die zum Verständnis der grundsätzlichen Zusammenhänge und möglichen Entwicklungen in diesem Bereich beitragen. Dies gilt auch dann, wenn in einer Momentaufnahme Realität und (notwendigerweise partielles) Modell deutlich voneinander abweichen wie im Jahr 2022.

#### 4.2.2 Systematik der Darstellungen

Das kontrafaktische NGFS-Baseline-Szenario<sup>61</sup> stellt die Grundlage für die Anpassung des NiGEM-Modells<sup>62</sup> an die Ergebnisse der vorgelagerten Berechnungen mit den Integrated Assessment Models dar. Daneben dient es aber auch als Vergleichsgrundlage für die anderen Szenarien, um transitorische oder dauerhafte Effekte, die im Zusammenhang des Klimawandels stehen, von einer sonst erwarteten „normalen“ Entwicklung unterscheiden zu können. Dementsprechend werden in den Veröffentlichungen zu NGFS in der Regel für die ökonomischen Größen gar keine Originalergebnisse für die einzelnen Szenarien, sondern stattdessen jeweils die Abweichungen vom Baseline-Szenario dargestellt. Beim NGFS Scenario Explorer ist zudem zu beachten, dass es sich bei den bereitgestellten Daten – je nach betrachteter Datenreihe – teils um absolute und teils um relative Abweichungen handelt.

Im Folgenden werden jedoch nicht diese Abweichungen, sondern die eigentlichen Ergebnisse für die beiden betrachteten Szenarien und für das NGFS-Baseline-Szenario dargestellt. Dadurch wird vermieden, „normalerweise“ ansteigende wirtschaftliche Entwicklungen zu verdecken.

### 4.3 Grundzüge der Transition

Als Hintergrund sollen zunächst wesentliche Aspekte skizziert werden, die mit der Dekarbonisierung einhergehen. Die reale Transformation der Wirtschaft und

deren Auswirkungen auf Wirtschaftsleistung und Kapitalmärkte unterscheiden sich dabei deutlich hinsichtlich ihrer Schwere und des Zeitrahmens.

In den Modellen wird die Transition im Wesentlichen durch den CO<sub>2</sub>-Preis gesteuert. Dieser steht dabei vereinfachend für die Gesamtheit der politischen Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels.

Abbildung 4 in Abschnitt 2.2.2 zeigt, wie sich der CO<sub>2</sub>-Preis in allen sechs NGFS-Szenarien im Mittel der drei Integrated Assessment Models (IAMs) entwickelt. Dabei steigt der Preis in allen Szenarien langfristig an. In den beiden 1,5 °C-Szenarien (Net Zero 2050 und Divergent Net Zero) wird 2060 der Höhepunkt erreicht, im Delayed-Transition-Szenario erst 2070. Danach kommt es jeweils zu einem Rückgang. Dies lässt sich so interpretieren, dass bis dahin die Dekarbonisierung der Weltwirtschaft so weit abgeschlossen ist, dass (Netto-) CO<sub>2</sub>-arme Produktionsweisen flächendeckend etabliert und so kostengünstig sind, sodass es auch bei wieder niedrigeren CO<sub>2</sub>-Preisen zu keiner Re-Karbonisierung mehr kommt. Im Vergleich der Szenarien liegt der vorherige Höhepunkt des Preises in den beiden Disorderly-Szenarien (Divergent Net Zero und Delayed Transition) mit Abstand am höchsten.

Wie bereits im Abschnitt 2.4.2 zur Modellunsicherheit und Modellwahl ausgeführt, unterscheiden sich dabei die Ergebnisse der einzelnen IAMs deutlich.<sup>63</sup> Dies betrifft zum einen die Entwicklung des CO<sub>2</sub>-Preises nach 2060/2070.<sup>64</sup> Diese weit in der Zukunft liegende Entwicklung ist aber im Hinblick auf die Auswirkungen auf die (heutigen) Kapitalanlagen im Allgemeinen nicht relevant – für die Analyse von Transitionsrisiken im Rahmen des ORSA ist vor allem das Ausmaß der anfänglichen wirtschaftlichen Umbrüche wichtig. Zum anderen bewegen sich die Preise in den drei IAMs über die gesamte Zeitachse hinweg auf einem deutlich unterschiedlichen Niveau. Dies ist relevant und wirkt sich auf die Ergebnisse aus. Da sich aber das Muster des Preisverlaufs bis 2060 zwischen den Modellen nicht wesentlich unterscheidet, sollte dies für die Interpretation der Ergebnisse kein größeres Problem darstellen.

<sup>63</sup> Abbildungen 5 bis 7 zeigen dort die entsprechenden Ergebnisse für die drei Integrated Assessment Models.

<sup>64</sup> Nach dem MESSAGEix-GLOBIOM-Modell würden die Preise nach ihrem Höhepunkt sehr stark fallen. Nach dem GCAM-Modell würden die Preise dagegen überwiegend weiter steigen und nur beim Divergent-Net-Zero-Szenario gegen Ende des Jahrhunderts leicht sinken. Nach dem REMIND-MAGPIE-Modell wäre die Entwicklung ab 2060 mit einem Rückgang beim Delayed-Transition- und einem weiteren Anstieg beim Divergent-Net-Zero-Szenario uneinheitlich.

<sup>61</sup> Siehe Abschnitt 2.3.

<sup>62</sup> Siehe Abschnitt 2.5.

Im Folgenden konzentriert sich die Darstellung daher auf die über die drei IAMs gemittelten Ergebnisse.<sup>65</sup>

### 4.3.1 Langfristige Änderungen im Energiebereich

Das bereits an den CO<sub>2</sub>-Preisen ablesbare Voranschreiten der Dekarbonisierung im Delayed-Transition-Szenario ab 2030 spiegelt sich vor allem auch im Energiemix wider. Abbildung 8 zeigt, wie sich in diesem Szenario der gesamte Primärenergieverbrauch entwickelt und wie er sich auf einzelne Energiequellen aufteilt.

Nachdem der Gesamtverbrauch von Energie bis dahin stetig gestiegen ist, geht er mit Einsetzen der Transformation zwischen 2030 und 2035 deutlich zurück, wobei sich in erster Linie der Beitrag der Energieerzeugung aus Kohle stark reduziert. Danach sinkt der Gesamtverbrauch mit abnehmendem Tempo zunächst noch weiter, bevor er ab 2050 wieder langsam zu steigen beginnt und ab 2080 neue Höchstwerte erreicht.

Zugleich ändert sich der Energiemix komplett. Ab 2050 machen Solarenergie, Windkraft und Biomasse zusammengenommen mehr als die Hälfte des

<sup>65</sup> Eine Ausnahme findet sich in Abschnitt 4.6.2, wo am Beispiel der Aktien noch einmal die Unterschiede zwischen den IAMs verdeutlicht werden.

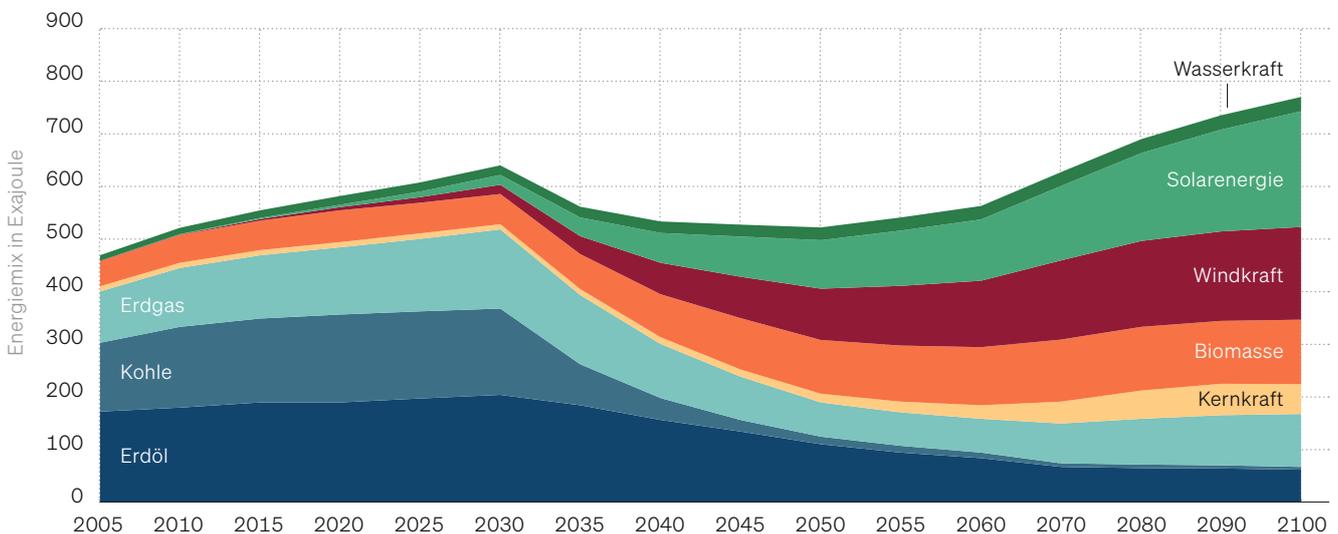
Primärenergiemixes aus, ab 2055 hat jede dieser drei Energiequellen für sich genommen die bis dahin wichtigste Primärenergiequelle Erdöl überrundet.<sup>66</sup>

Hinter der Entwicklung des Energiemixes stehen gewaltige weltweite Investitionen im Energiebereich, die sowohl die Kapazitäten zur Energieerzeugung (d. h. das Energieangebot) als auch die Energieeffizienz der übrigen Sektoren (d. h. die Energienachfrage) betreffen. Abbildung 9 zeigt, dass im Delayed-Transition-Szenario die Gesamtinvestitionen nach dem Transitionsbeginn 2030 bis 2045 rasch auf mehr als das Zweieinhalbfache ansteigen. Nach einem leichten Rückgang 2050 steigen die Investitionen danach dauerhaft auf immer

<sup>66</sup> 2070 hat sich im Vergleich zum Beginn der Transition im Jahr 2030 bei wieder nahezu gleichem Gesamtverbrauch die Energieerzeugung aus Windkraft auf das 9-fache, aus Solarenergie auf das 7,5-fache, aus Kernkraft auf das 4-fache, aus Biomasse auf das 2-fache und aus Wasserkraft auf das 1,5-fache erhöht. Zugleich ist die Energieerzeugung aus fossilen Energieträgern massiv gesunken (Erdgas noch die Hälfte, Erdöl noch ein Drittel und Kohle noch 4 % der 2030er Werte). Die Verläufe in den drei IAMs sind dabei sehr ähnlich, der einzige nennenswerte Unterschied betrifft die Entwicklung von Kernkraft in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts. Während die Energieerzeugung aus Kernkraft im REMIND-MAGPIE-Modell nach dem Höhepunkt der Transition langsam ausläuft, steigt sie im GCAM-Modell spürbar an. Im MESSAGEix-GLOBIOM-Modell steigt die Bedeutung von Kernkraft sogar stark an, gegen Ende des Jahrhunderts entwickelt sie sich mit einer gegenüber heute auf das 14-fache gestiegenen Erzeugung zu einer der vier Energiequellen, die nach der mit großem Abstand führenden Solarenergie ebenfalls eine bedeutende Rolle spielen und relativ dicht beieinander liegen (Windkraft, Biomasse, Kernkraft und Erdgas).

## Energiemix

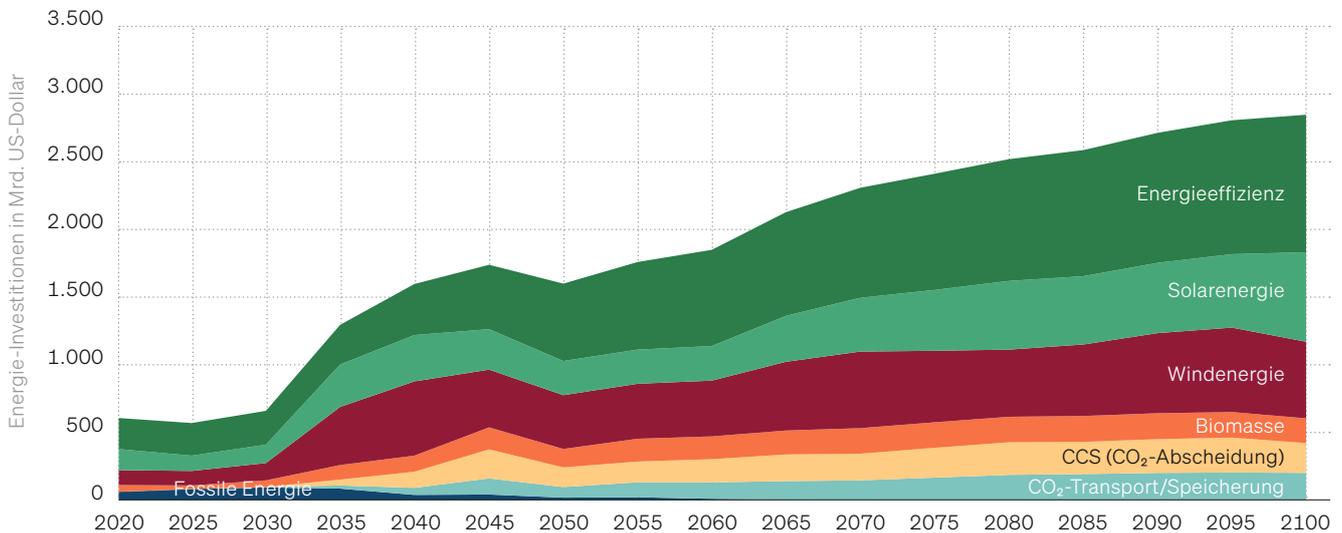
**Abbildung 8** · Weltweiter Verbrauch unterschiedlicher Primärenergiequellen im Delayed-Transition-Szenario bis 2100 (bis 2060 5-Jahres-Schritte, danach 10-Jahres-Schritte, Einheit: Exajoule pro Jahr (1 EJ ≈ 278 TWh), Modell: NiGEM NGFS v1.22, IAM: Mittelwert der drei Integrated Assessment Models)



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Daten aus dem NGFS Phase 3 Scenario Explorer

## Energie-Investitionen

**Abbildung 9** · Weltweite Investitionen im Zusammenhang von Energieerzeugung und Energieeffizienz im Delayed-Transition-Szenario bis 2100 (Einheit: Milliarden US-Dollar in 2010er-Preisen pro Jahr, Modell: NiGEM NGFS v1.22, IAM: Bei der Energieeffizienz Mittelwert der REMIND-MAGPIE- und MESSAGEix-GLOBIOM-Modelle, ansonsten Mittelwert aller drei Integrated Assessment Models)\*



\* Im GCAM-Modell sind Investitionen in Energieeffizienz auf der Nachfrageseite nicht bei den Energie-Investitionen berücksichtigt. Warum das NGFS bei den Daten hier zwischen „CCS“ und „CO<sub>2</sub> Transport and Storage“ unterscheidet, ist für uns nicht nachvollziehbar.

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Daten aus dem NGFS Phase 3 Scenario Explorer

neue Höchststände an. Während der Transformation steigen dabei sowohl die Investitionen in Energieeffizienz als auch die Investitionen in alle Kategorien der Energieerzeugung mit Ausnahme der fossilen Energiequellen. Die zuvor praktisch nicht existenten Investitionen in CO<sub>2</sub>-Abscheidung, -Transport und -Speicherung (CCS)<sup>67</sup> ersetzen dabei die verschwindenden Investitionen in fossile Energie. Die größte Bedeutung nach der Energieeffizienz haben jedoch Investitionen in Wind- und Solarkraft. Die wichtigste Besonderheit unter den Ergebnissen der einzelnen IAMs ist, dass im MESSAGEix-GLOBIOM-Modell sowohl der Anstieg der Gesamtinvestitionen 2030 bis 2040 als auch der anschließende vorübergehende Rückgang wesentlich stärker ausfallen.<sup>68</sup>

Die Modellprojektionen mit jahrzehntelang hohen Investitionen auf Angebots- und Nachfrageseite von Energie entsprechen den grundsätzlichen Erwartungen. Bekanntermaßen ermöglichen Elektrifizierung und Wasserstoffwirtschaft die Sektorkoppelung bei der

Transformation zu einer klimaneutralen Wirtschaft. Dies bedeutet, dass erst weitgehend CO<sub>2</sub>-frei erzeugte sekundäre Energieträger (elektrischer Strom sowie Wasserstoff und seine Derivate, wie z. B. Ammoniak) die Dekarbonisierung fast aller Sektoren der Volkswirtschaft erlauben.<sup>69</sup> Besonders wichtig sind dabei die Sektoren Industrie (insbesondere die bislang sehr CO<sub>2</sub>-intensiven Branchen wie Stahl, Zement, chemische Grundstoffe und Glas, aber auch alle anderen Produktionsbereiche), Verkehr und Gebäude. Voraussetzung für die Sektorkoppelung ist ein massiver Ausbau CO<sub>2</sub>-neutraler Elektrizitätserzeugung. Als Primärenergiequelle kommen dafür grundsätzlich unterschiedliche erneuerbare Energien, Kernkraft und fossile Brennstoffe mit CCS/CCU-Technologie in Frage.<sup>70</sup> Die natürlichen und politischen Rahmenbedingungen dafür sind aber weltweit sehr unterschiedlich.

<sup>67</sup> Zu CCS im Allgemeinen siehe Fußnote 34, speziell zur Aufgliederung der Daten im Bereich der Energie-Investitionen siehe Anmerkung \* zu Abbildung 9.

<sup>68</sup> Darüber hinaus sind im MESSAGEix-GLOBIOM-Modell die Investitionen in Solarenergie und im REMIND-MAGPIE-Modell die Investitionen in Windenergie besonders hoch. Die Investitionen in CO<sub>2</sub>-Abscheidung, -transport und -Speicherung sind dagegen im REMIND-MAGPIE-Modell äußerst niedrig und im GCAM-Modell sehr hoch.

<sup>69</sup> Schwierig bleibt insbesondere die Dekarbonisierung der Landwirtschaft.

<sup>70</sup> Wenn Wasserstoff aus Erdgas erzeugt wird, entsteht dabei (je nach Verfahrenstechnik) CO<sub>2</sub> oder fester Kohlenstoff als Abfallprodukt, die entweder in nicht mehr genutzten fossilen Lagerstätten eingelagert (Carbon Capture and Storage, CCS) oder als Rohstoff genutzt werden (Carbon Capture and Use, CCU) können. Bisher wird Wasserstoff nur in relativ kleinen Mengen aus Erdgas oder Kohle gewonnen, ohne dass dabei CCS stattfindet, d. h. das entstehende CO<sub>2</sub> wird in die Atmosphäre freigesetzt. Die Wasserstoffherzeugung mit Hilfe von erneuerbaren Energien oder Kernenergie per Elektrolyse aus Wasser ist dagegen grundsätzlich CO<sub>2</sub>-frei.

Für eine umfassende Dekarbonisierung wird auf der Energieangebotsseite sehr viel mehr weitgehend CO<sub>2</sub>-neutral erzeugte Elektrizität sowie eine entsprechende Infrastruktur zur Übertragung und Speicherung von Energie, insbesondere auch in Form von Wasserstoff und seiner Derivate, benötigt. Zusätzlich müssen auf der Energienachfrageseite Industrie, Verkehr und Gebäude, die bislang andere Energieträger nutzen und/oder nicht ausreichend energieeffizient sind, aufwendig umgerüstet werden. Dies ist nicht nur sehr kostenintensiv, sondern aus technischen und Kapazitätsgründen (von der Planung und Genehmigung über die Materialbeschaffung bis zur Umsetzung durch qualifizierte Arbeitskräfte) her schwierig in kurzer Zeit umzusetzen: Teilweise handelt es sich um komplexe großtechnische Anlagen, bei Massenprodukten wie Fahrzeugen oder Haustechnik sind dagegen Kapazitäten und angesparte Investitionsmittel auf die normalerweise relativ langen Lebenszyklen mit geringer Erneuerungsrate ausgerichtet. Je später die Transformation beginnt und je weniger Zeit dann noch zur Verfügung steht, umso schwieriger und kostspieliger wird die Transition. Innerhalb der NGFS-Szenarien spiegelt sich das im Delayed-Transition-Szenario wider.

#### 4.3.2 Zu erwartende Folgen für die Wirtschaftsleistung

Wie sich Klimawandel und Dekarbonisierung im Zeitverlauf auf die Wirtschaftsleistung auswirken, ist nicht per se klar.

Der voranschreitende Klimawandel führt zu zeitweiligen Produktivitätsverlusten, z. B. durch Hitzewellen oder durch Wassermangel, der nicht nur die Landwirtschaft, sondern u. a. auch Kraftwerke und Binnenschifffahrt beeinträchtigt. Dies reduziert die aktuelle Wirtschaftsleistung. Darüber hinaus können z. B. durch Überflutungen nach Starkregenereignissen oder durch den steigenden Meeresspiegel Teile des Kapitalstocks der Volkswirtschaft zerstört werden.

Auch die Transformation der Wirtschaft im Zuge der Dekarbonisierung, die dazu führt, dass manche wirtschaftliche Aktivitäten in bisheriger Form nicht mehr lohnend oder gar nicht mehr möglich sind, entwertet Teile des bestehenden Kapitalstocks. Die durch Klimawandel und Transformation eintretenden Verluste am Kapitalstock reduzieren jeweils den möglichen wirtschaftlichen Output (und somit auch die Konsummöglichkeiten) in der Folgezeit.

Wenn die durch klimawandelbedingte Zerstörungen oder durch die Transformation zunächst verhinderten wirtschaftlichen Aktivitäten anschließend in neuer Form fortgesetzt oder durch andere wirtschaftliche Aktivitäten ersetzt werden sollen, erfordert dies entsprechende Investitionen. Diese Investitionen in neue Anlagen erhöhen vorübergehend den Output, bis die Höhe des Kapitalstocks wieder einen Gleichgewichtszustand erreicht. Der zusätzliche Beitrag der erhöhten Investitionstätigkeit kann in dieser Zeit den Entfall der durch Klimawandel oder Transformation verhinderten Wirtschaftsaktivitäten überkompensieren, so dass es vorübergehend sogar zu einem höheren Wirtschaftswachstum kommt.<sup>71</sup> Durch die „zwangsweise“ Modernisierung des Kapitalstocks kann es zudem zu einer Steigerung der Produktivität und einer langfristig höheren wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit der Volkswirtschaft kommen. Nur wenn bestimmte Aktivitäten künftig ersatzlos entfallen, gibt es keine derartige Kompensation.

Im Zuge der Transition ist daher vielleicht anfangs, aber nicht unbedingt dauerhaft mit einem negativen Effekt auf die Wirtschaftsleistung zu rechnen. Auch wenn sich die reale Transformation der Volkswirtschaft über Jahrzehnte erstrecken kann, heißt dies nicht, dass der Output dadurch langsamer wachsen müsste. Genauso möglich wäre auch ein „grüner Boom“.<sup>72</sup>

#### 4.3.3 Zu erwartende Auswirkungen auf die Kapitalmärkte

Die Dekarbonisierung der Volkswirtschaften ist zunächst mit einem sehr hohen Kapitalbedarf für die immensen Investitionen im Energie-, Industrie-, Verkehrs- und Gebäudebereich verbunden, der mit Wertverlusten des bestehenden Kapitalstocks einhergeht.

Ab Beginn der Transition dürfte der hohe Kapitalbedarf zunächst zu steigenden Zinsen, verschlechterten Finanzierungsbedingungen und erhöhten Abzinsungssätzen für die Bewertung künftiger Gewinne führen. Dies belastet ganz generell die Werte von Aktien und Rentenpapieren.

In einer gesamtwirtschaftlichen Betrachtung – einschließlich der vermiedenen Schäden und Verluste

<sup>71</sup> Das „Wirtschaftswunder“ der 1950er Jahre ist ein anschauliches Beispiel für ein vorübergehend höheres Aufholwachstums nach dem (kriegsbedingten) Verlust eines Teils des Kapitalstocks.

<sup>72</sup> Im Hinblick auf die Wohlfahrt spielen sowohl die Schäden durch den Klimawandel als auch die Konsumeinschränkungen durch Produktionsausfälle und Ressourcenumlenkung zugunsten der Investitionen eine Rolle.

– zahlen sich die Investitionen später aus. In einer individuellen Betrachtung können einzelne wirtschaftliche Aktivitäten dagegen entweder günstiger oder teurer als zuvor geworden sein. Vor allem bei einem späten und unerwarteten Beginn der wirtschaftlichen Transformation wie im Delayed-Transition-Szenario kommt es dadurch zu einer plötzlichen Verschiebung zwischen den Gewinnaussichten unterschiedlicher Branchen und Unternehmen mit entsprechenden Folgen für die Bewertungen. Für Eigen- und Fremdkapital sind teils Gewinne, teils aber auch beträchtliche Verluste bis hin zu Totalverlusten (Stranded Assets) zu erwarten. Dafür wäre eine möglichst granulare Betrachtung essenziell.

Falls die Transition ganz oder teilweise antizipiert würde, fänden entsprechende Wertzuwächse und -verluste schon vorher statt. Transitionsrisiken von Kapitalanlagen hängen daher nicht nur davon ab, wann die reale Transformation beginnt, wie sie sich gestaltet und wie lange sie sich hinzieht. Mindestens ebenso wichtig ist die Frage, wann und wie stark sich die Erwartungen der Marktteilnehmer in Bezug auf eine bevorstehende Transition ändern. Dies kann durchaus auch kurzfristig passieren. Im Delayed-Transition-Szenario findet ein starker Umschwung zum Beispiel im Jahr 2030 statt – ein früherer oder späterer Zeitpunkt wäre aber ebenso möglich. Die Risiken einer plötzlich einsetzenden Transition sind nicht an dieses Datum gebunden.

Neben Exposures gegenüber Unternehmen dürften Wertverluste auch Bestandsimmobilien, deren Betrieb mit hohen Emissionen verbunden ist, betreffen. Im Abschnitt 4.6 werden daher neben Aktien-, Zins- und Spreadrisiken auch Immobilienrisiken betrachtet.

Die unterschiedlichen Aussichten für einzelne Kapitalanlagen lassen sich allein mit den NGFS-Szenarien jedoch nicht beurteilen, da diese bei weitem nicht so granular modelliert sind. Auf diese Problematik soll in den folgenden Abschnitten eingegangen werden.

#### 4.4 Sektorspezifische Betrachtungen und Ableitung von Spreads

Das NiGEM-Modell liefert in erster Linie makroökonomische Größen und nur relativ wenige Finanzmarktgrößen. Zu den Ergebnissen gehören Projektionen für Aktienkurse, die zwar regional, aber nicht nach volkswirtschaftlichen Sektoren differenziert sind. Aussagen zur Entwicklung von Unternehmensanleihen oder deren

Spreads fehlen ganz. Diese müssen daher mit Hilfe zusätzlicher Quellen und Methoden bestimmt werden.

Abbildung 10, die aus einem aktuellen Diskussionspapier der EIOPA zu methodischen Fragen des Umgangs mit Nachhaltigkeitsrisiken stammt, vergleicht verschiedene Ansätze europäischer Aufsichtsbehörden für sektorspezifische Betrachtungen.<sup>73</sup> Hinsichtlich des Musters der Auswirkungen eines Transitionschocks auf einzelne Sektoren bzw. Technologien ergibt sich ein sehr uneinheitliches Bild. Dies zeigt die beträchtliche Modellunsicherheit, die auch bezüglich der sektoralen Auswirkungen besteht.

Drei der in dem EIOPA-Papier vorgestellten Ansätze beruhen auf einer Klassifizierung nach NACE-Sektoren.<sup>74</sup> In dem vierten Ansatz, einer Sensitivitätsanalyse der EIOPA<sup>75</sup>, werden nur für einige besonders CO<sub>2</sub>-intensive Technologien Transitionsrisiken abgeschätzt und deren mittelfristig (für einen einzelnen Zeitpunkt) erwartete Aktienkursrückgänge beziffert. Mit einer pauschalen Annahme hat die EIOPA daraus auch Wertverluste für entsprechende Anleihen abgeleitet.<sup>76</sup>

Daneben hat auch die Deutsche Bundesbank in einem Sonderkapitel ihres Finanzstabilitätsberichts 2021<sup>77</sup> untersucht, wie sich Transitionsrisiken auf die Portfolios im deutschen Finanzsystem auswirken könnten. Dabei bilden die NGFS-Szenarien ebenfalls den Ausgangspunkt. Aufbauend auf den Ergebnissen aus dem NiGEM-Modell werden in weiteren Schritten sektorspezifische Projektionen für Aktien und Anleihen bestimmt.<sup>78</sup>

Im Folgenden wird ein mögliches Vorgehen beschrieben, dass sich teilweise an diesem Ansatz der Bundesbank orientiert.

##### 4.4.1 Skalierungsfaktoren und Anwendung auf Aktien

Die Bundesbank bestimmt zunächst mit einem Sektorenmodell, wie stark die verschiedenen Sektoren der Volkswirtschaft im Zuge der Dekarbonisierung von

<sup>73</sup> Vgl. EIOPA (2022b), S. 52–59.

<sup>74</sup> Die [NACE-Klassifizierung](#) ist Grundlage der volkswirtschaftlichen Statistiken in Europa.

<sup>75</sup> Vgl. EIOPA (2020).

<sup>76</sup> Es wird angenommen, dass der Effekt auf die Unternehmensanleihen das 0,15-fache des Effekts auf die Aktien beträgt (vgl. EIOPA (2020), S. 27). Dieselbe Annahme hatte auch schon die Bank of England bei ihrem Stresstest 2019 verwendet (vgl. BoE (2019)).

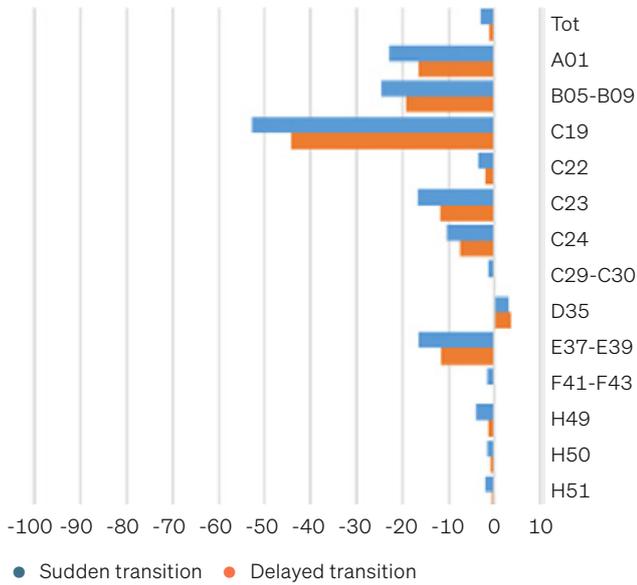
<sup>77</sup> Vgl. Deutsche Bundesbank (2021), S. 83–110.

<sup>78</sup> Details finden sich in dem ergänzenden Papier Schober et al. (2021).

### Unterschiedliche Einschätzungen sektorspezifischer Auswirkungen

**Abbildung 10** · Vergleich der sektor- bzw. technologiespezifischen Aktienrückgänge in Disorderly-Szenarien von ACPR/Banque de France, DNB, ESRB/ECB und EIOPA

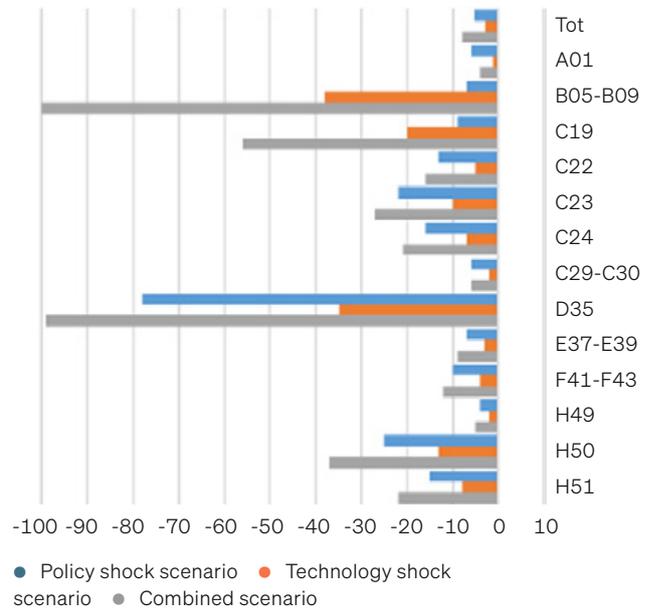
ACPR/BANQUE DE FRANCE<sup>A</sup> in Prozent



<sup>A</sup> Equity shocks relate to EU stock markets, excluding France.

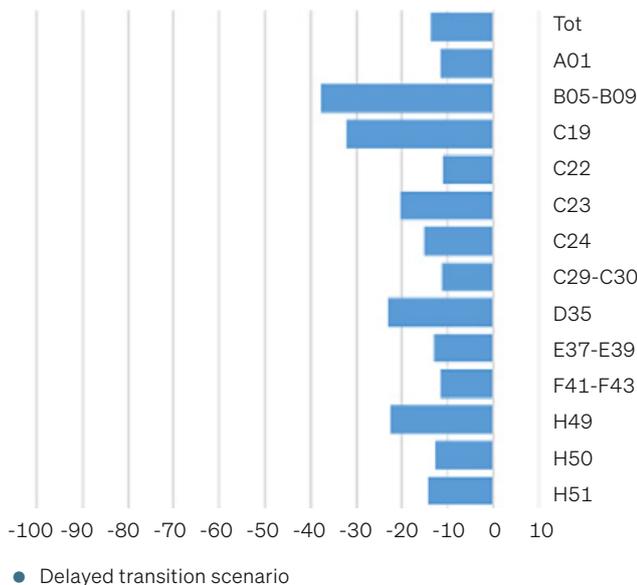
Source: ACPR (2020)

DNB in Prozent



Source: DNB (2018))

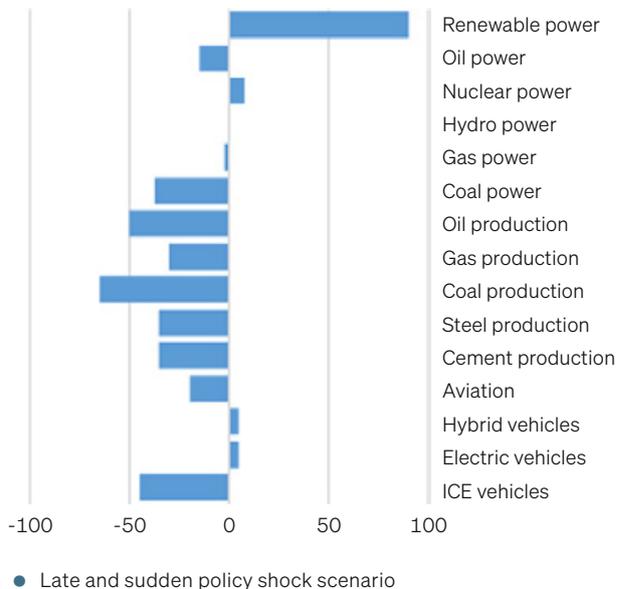
ESRB/ECB<sup>B</sup> in Prozent



<sup>B</sup> Total equity shocks relate to the weighted average of the shocks by NACE-activity using value added taken from Eurostat as weights. Note on NACE-activities – the 13 NACE activities are shown, where available, for which equity prices are most impacted by the transition scenarios of ACPR, DNB and ESRB/ECB.

Source: ESRB (2022)

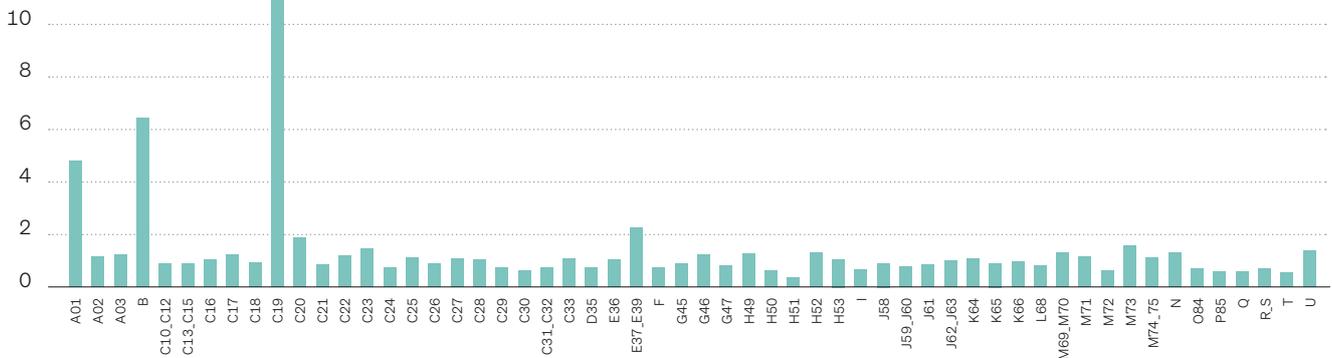
EIOPA in Prozent



Source: EIOPA (2020a)

## Skalierungsfaktoren für die unterschiedlichen Sektoren

**Abbildung 11** · Skalierungsfaktoren aus dem Input-Output-Modell der Bundesbank für einzelne Sektoren (entsprechend der [NACE-Klassifizierung](#)). Lesebeispiel: Ein transitionsbedingter Rückgang des gesamtwirtschaftlichen Outputs um 1 % wäre mit einem Rückgang des Outputs im Sektor der Kokerei und Mineralölverarbeitung (C19) um ca. 11 % verbunden.



Quelle: Schober et al. (2021), S. 15

Rückgängen ihrer Outputs betroffen sein könnten.<sup>79</sup> Das Ergebnis sind die in Abbildung 11 dargestellten Skalierungsfaktoren, mit deren Hilfe eine gesamtwirtschaftliche Veränderung des Outputs (Bruttoinlandsprodukt, BIP) auf die – über- oder unterdurchschnittlich betroffenen – einzelnen Sektoren umgerechnet werden kann.<sup>80</sup>

Wenn der aktuelle und aller Voraussicht nach auch der künftig erwartete Output zurückgeht, sinken auch die Gewinnerwartungen der betroffenen Unternehmen. Da sich der Unternehmenswert in dem Modell aus den diskontierten künftigen Gewinnen ergibt, sinken die Aktienkurse entsprechend. Zur Ermittlung der erwarteten sektorspezifischen Kursentwicklung im Zuge der wirtschaftlichen Transformation werden die Skalierungsfaktoren aus dem Sektorenmodell auf die Entwicklung der Aktienindizes aus dem NiGEM-Modell angewandt.<sup>81</sup> Damit ergeben sich sektorspezifische Aktienkursentwicklungen, die das systematische Risiko der verschiedenen Sektoren berücksichtigen.

Allerdings beziehen sich diese Skalierungsfaktoren nur auf die Phase der Transition, in der es vorübergehend

zu einem Rückgang der Marktbewertungen kommt. Für den anschließenden Wiederanstieg sowie für Phasen mit unveränderter CO<sub>2</sub>-Bepreisung – also das gesamte Current-Policies-Szenario sowie die ersten Jahre im Delayed-Transition-Szenario – sind sie nicht geeignet: Bei einer plötzlich eingeleiteten Dekarbonisierung, die zu einem allgemeinen Rückgang der Aktienkurse führt, ist mit einem weit überproportionalen Kurseinbruch in „braunen“ Sektoren wie beispielsweise der Kohle- und Mineralölverarbeitung (C19) zu rechnen. Bei einer späteren allgemeinen Erholung ist aber keineswegs ein ebenso überproportionaler Wiederanstieg der Kurse in diesem Bereich zu erwarten. Für die Aufschwungphase der Transition würden eigentlich ebenfalls spezielle Skalierungsfaktoren benötigt, die aber derzeit nicht vorliegen.<sup>82</sup> Hilfsweise könnte eine gleichlaufende Erholung aller Sektoren unterstellt werden.<sup>83</sup> Dies gilt ebenso für die Jahre vor Beginn der Transition und für das gesamte Current-Policies-Szenario. Im Ergebnis würden die Skalierungsfaktoren aus dem Sektorenmodell der Bundesbank nur für die Jahre 2030 bis ca. 2034 im Delayed-Transition-Szenario angewandt werden,

<sup>79</sup> Es handelt sich um ein Produktionsnetzwerkmodell (Input-Output-Modell), das neben den sektoralen Emissionsdaten vor allem die internationalen und intersektoralen Wertschöpfungsketten abbildet (kalibriert mit Daten der [World Input-Output Database](#)) und mit Hilfe von Substitutions- und Nachfrageelastizitäten die Folgen der Einführung eines allgemeinen CO<sub>2</sub>-Preises simuliert (vgl. Schober et al. (2021), S. 13–15 sowie speziell Frankovic (2022)).

<sup>80</sup> Daten siehe separate Datei. Das grundsätzliche Vorgehen mit einem Input-Output-Modell zur Bestimmung von Skalierungsfaktoren entspricht dem Vorgehen in DNB (2018a) und DNB (2018b), worin ein etwas einfacheres Input-Output-Modell verwendet und die Skalierungsfaktoren Transition Vulnerability Factors (TVFs) genannt werden.

<sup>81</sup> Der Skalierungsfaktor könnte dabei als beta-Faktor der Kapitalmarkttheorie interpretiert werden.

<sup>82</sup> Genau genommen wäre insgesamt eine Differenzierung zwischen „braunen“ und „grünen“ Bereichen erforderlich: Braune Bereiche würden vermutlich auch nach dem Höhepunkt der Transition nicht „normal“ weiter wachsen, während grüne Bereiche auch am Anfang der Transition nicht schrumpften. Ein Problem der Analyse auf Ebene der Sektoren ist aber, dass die NACE-Klassifizierung nicht nach braun oder grün differenziert. So umfasst beispielsweise der Sektor Energieerzeugung (D.35.11) gleichermaßen mit fossilen Brennstoffen betriebene Kraftwerke, Kernkraftwerke, mit sekundären Energieträgern betriebene Kraftwerke und mit erneuerbaren Energieträgern betriebene Energieerzeugungsanlagen.

<sup>83</sup> Datenbanken wie die [Trade in Value Added \(TIVA\) Database](#) der OECD, die wiederum auf ihrer Inter-Country Input-Output (ICIO) Database beruht, stellen zwar detaillierte Informationen über Ist-Zustand und Historie der internationalen und intersektoralen Wertschöpfungsketten bereit, liefern aber keine unmittelbaren Anhaltspunkte für die Sensitivitäten bei veränderten Bedingungen, wie sie im Zuge der Transition herrschen würden.

während ansonsten die sektorspezifische Aktienkursentwicklung mit der allgemeinen Aktienkursentwicklung identisch wäre.

#### 4.4.2 Übertragung auf Unternehmensanleihen

Aus den sektorspezifischen Aktienkursentwicklungen leitet die Bundesbank anschließend entsprechende Entwicklungen für Unternehmensanleihen ab. Dazu werden zunächst für geeignete Indizes empirische Aktienrenditen sowie entsprechende Änderungen von CDS-Spreads bestimmt. Anschließend werden den Perzentilen der invertierten Verteilung der Aktienrenditen<sup>84</sup> die entsprechenden Perzentile der CDS-Spread-Änderungen zugeordnet.<sup>85</sup> Dies entspricht dem Grundsatz nach der empirischen Beobachtung, dass steigende Spreads typischerweise mit sinkenden Aktienkursen einhergehen.<sup>86</sup> Für diese Zuordnung lässt sich sodann eine lineare Approximation bestimmen, die jeder Änderung eines sektorspezifischen Aktienkurses eine dazu

passende gegenläufige Änderung der sektorspezifischen CDS-Spreads zuordnet (siehe Abbildung 12).<sup>87</sup>

Bei dem soweit geschilderten Vorgehen der Bundesbank bleibt aber noch der Schritt offen, mit Hilfe von CDS-Spreads entsprechende Anleihespreads zu bestimmen. Diese hängen nicht ausschließlich von den jeweiligen Ausfallwahrscheinlichkeiten ab, deren Einschätzung die CDS-Spreads widerspiegeln. Somit wäre noch eine zusätzliche Annahme über das Verhältnis von CDS- und Anleihespreads zu treffen.

Stattdessen bietet es sich aus unserer Sicht an, direkt den Zusammenhang von Anleihen- und Aktienindizes zu untersuchen, ohne den Zwischenschritt über die CDS-Spreads zu gehen. Auch hier wäre prinzipiell eine Betrachtung von Perzentilen möglich.<sup>88</sup> Durch die Zuordnung von Perzentilen würden aber implizit Annahmen über die gemeinsame Verteilung getroffen, die im Ergebnis nicht nur einen zu engen Zusammenhang der beiden Datenreihen vortäuschen, sondern auch zu einer spürbar anderen linearen Approximation führen würden (siehe Abbildung 13). Sinnvoller erscheint uns somit die einfache Betrachtung der Originaldaten.

<sup>84</sup> Die Rendite ist hier als relative Wertänderung über drei Monate definiert.

<sup>85</sup> Der Grund für die Betrachtung der Perzentile sollen dem Vernehmen nach Datenausreißer sein.

<sup>86</sup> Vgl. z. B. Fama und French (1993). Elton et al. (2001) zeigen ferner, dass sich nur ein geringer Teil der Spreads von Unternehmensanleihen mit erwarteten Ausfällen erklären lässt, während etwa die Hälfte des Spreads eine Kompensation für systematisches Risiko darstellt, das den gleichen Einflüssen wie das systematische Risiko am Aktienmarkt unterliegt. Auf einer kurzfristigen Zeitskala sind Spreads zudem ein vorlaufender Indikator für makroökonomische Größen wie Output und Arbeitslosigkeit (vgl. z. B. Gilchrist et al. (2009) oder Karlsson und Österholm (2020)).

<sup>87</sup> Tabelle 3 enthält die Ergebnisse einer entsprechenden Kleinst-Quadrat-Schätzung (OLS) für verschiedene CDS-Spreads mit Daten der letzten zehn Jahre. Aus Gründen der Datenverfügbarkeit für iTraxx Europe und CDX Investment Grade wurde einheitlich der Beobachtungszeitraum 11.01.2011–30.11.2021 (tägliche Daten) gewählt.

<sup>88</sup> Im Fall der Anleihenindizes entfielen dabei der Invertierungsschritt.

### Kleinst-Quadrate-Schätzung für verschiedene CDS-Spreads

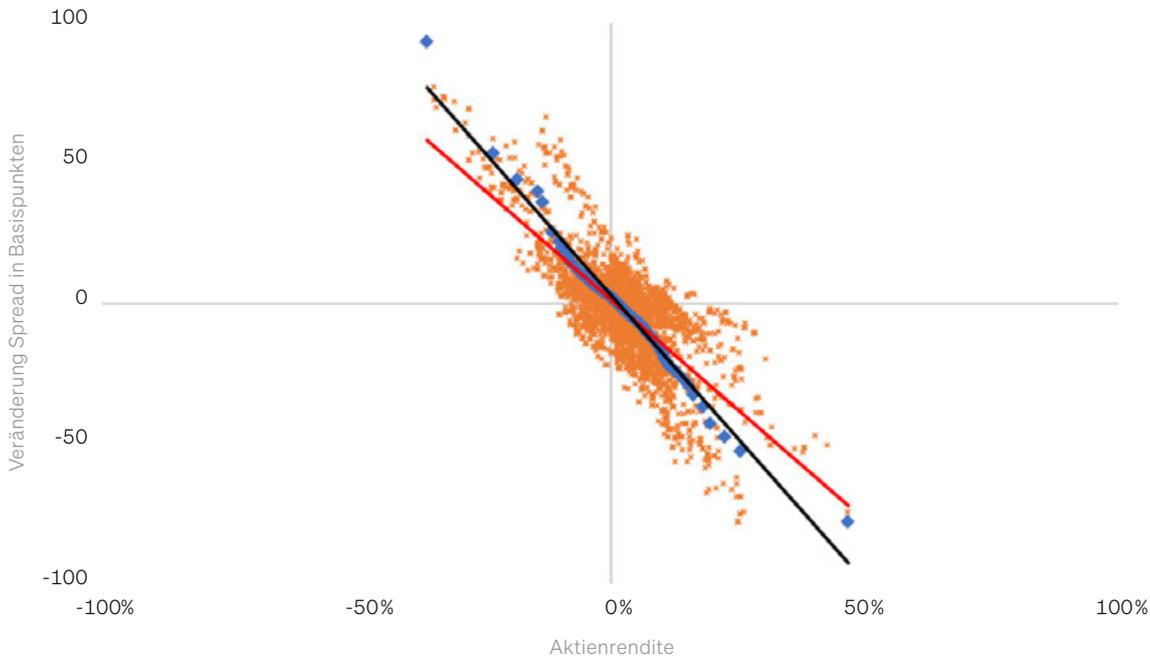
**Tabelle 3** · Eigene Berechnungen: Korrelationen  $\rho$ , Ergebnisse einer OLS-Regression  $y = m \cdot x + b$  und Bestimmtheitsmaße  $R^2$  für die Originaldaten und die Perzentile der Datenreihen zu CDS-Spreads und Aktienindizes; Ländergruppen und Datenreihen in Anlehnung an Schober et al. (2021), S. 18, Tabelle 2. Die sehr hohen Korrelationen und Bestimmtheitsmaße für die simulierten Daten dürften ein Artefakt der Betrachtung von Perzentilen sein, die implizit zusätzliche Annahmen über die gemeinsame Verteilung trifft. Sinnvoller scheint uns hier die Betrachtung der Originaldaten zu sein.

LÄNDERGRUPPE	DATEN		ANALYSE MIT ORIGINALDATEN				ANALYSE MIT PERZENTILEN			
	y	x	$\rho$	m	b	$R^2$	$\rho$	m	b	$R^2$
DE	iTraxx Europe	DAX	-0,758	-157,3	1,253	0,575	-0,988	-204,7	2,897	0,977
US	CDX Investment Grade	S&P 500	-0,873	-223,2	5,893	0,761	-0,985	-251,7	7,223	0,970
RoEUR	iTraxx Europe	Euro Stoxx 50	-0,757	-168,3	-0,084	0,573	-0,992	-223,9	1,178	0,985
ODC	CDX Investment Grade	MSCI World	-0,887	-215,2	3,890	0,787	-0,986	-243,4	4,961	0,971
EMDC (WD)	CDX Emerging Market	MSCI EM	0,607	26,23	-0,624	0,369	-0,859	-38,7	0,072	0,738

Quelle: Eigene Berechnungen

### Zusammenhang von Spreadänderungen und Aktienrenditen

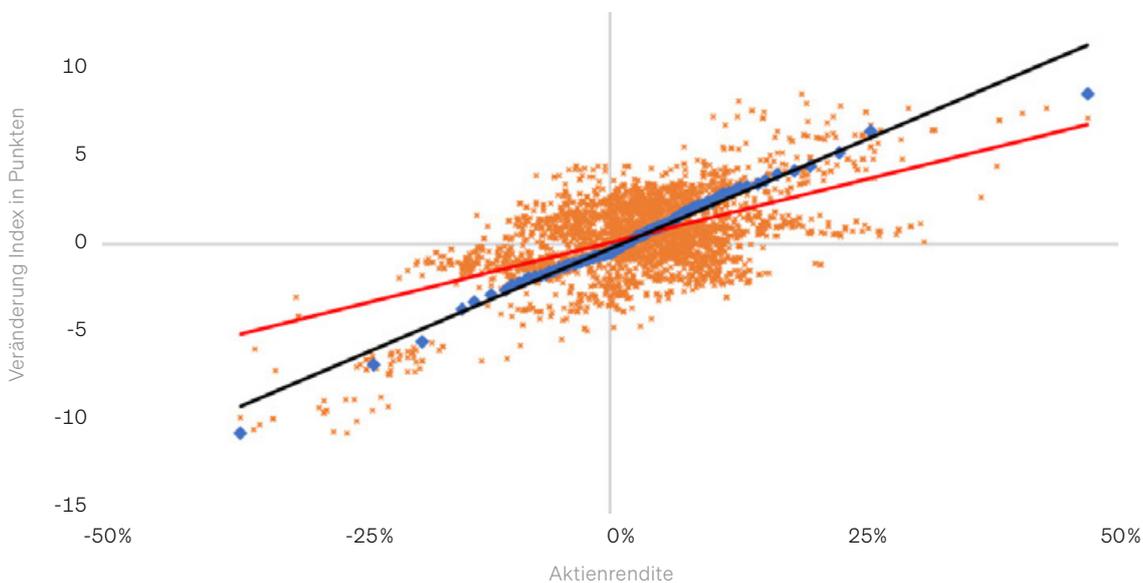
**Abbildung 12** · Zusammenhang von Spreadänderungen und Aktienrenditen für Deutschland. Darstellung wie in Schober et al. (2021), S.19, Abbildung 10, Teilgrafik links oben (Datenpunkte: Originaldaten („Empirie“) in orange, Perzentile („Simulation“) in blau; lineare Approximationen (OLS): für Originaldaten in rot, für Perzentile in schwarz). Die geringfügigen Abweichungen zu Schober et al. (2021) werden vermutlich durch einen leicht unterschiedlichen Beobachtungszeitraum verursacht.



Quelle: Eigene Berechnungen

### Zusammenhang von Anleihenindex-Änderungen und Aktienrenditen

**Abbildung 13** · Zusammenhang von Änderungen eines Anleihenindizes und Aktienrenditen für Deutschland. Darstellung wie in Schober, et al. (2021), S. 19, Abbildung 10, Teilgrafik links oben (Datenpunkte: Originaldaten („Empirie“) in orange, Perzentile („Simulation“) in blau; lineare Approximationen (OLS): für Originaldaten in rot, für Perzentile in schwarz). Die andere Ausrichtung der Datenwolke als in Abbildung 12 ergibt sich durch die Betrachtung von Indexänderungen an Stelle von Spreadänderungen.



Quelle: Eigene Berechnungen

## Kleinste-Quadrate-Schätzung für verschiedene Anleiheindizes

**Tabelle 4** · Korrelationen  $\rho$ , Ergebnisse einer OLS-Regression  $y = m \cdot x + b$  und Bestimmtheitsmaße  $R^2$  für die Originaldaten und die Perzentile der Datenreihen zu Anleihen- und Aktienindizes

LÄNDER-GRUPPE	DATEN		ANALYSE MIT ORIGINALDATEN				ANALYSE MIT PERZENTILEN			
	y	x	$\rho$	m	b	$R^2$	$\rho$	m	b	$R^2$
DE	iBoxx Euro Corporates 5-7Y Overall Index	DAX	0,553	13,44	0,129	0,305	0,989	23,23	-0,18	0,978
US	iBoxx USD Corporates 5-7Y Price Index	S&P 500	0,442	16,79	-0,334	0,196	0,991	36,74	-1,037	0,981
RoEUR	iBoxx Euro Corporates 5-7Y Overall Index	Euro Stoxx 50	0,517	13,46	0,262	0,267	0,995	25,49	0,012	0,990

Quelle: Eigene Berechnungen

Tabelle 4 enthält beispielhafte Ergebnisse einer Kleinste-Quadrate-Schätzung (OLS) für verschiedene Anleiheindizes mit Daten der letzten zehn Jahre. Ein längerer Beobachtungszeitraum würde dabei geringere Korrelationen (und Bestimmtheitsmaße) liefern, ein kürzerer dagegen höhere.<sup>89</sup> Derartige Schätzungen können in gleicher Weise auch für andere Indizes (z. B. für Non-Financials oder andere Laufzeitbänder) durchgeführt werden.

Die Ergebnisse der OLS-Schätzung (z. B.  $y = 13,44x + 0,129$  bezogen auf den DAX) können schließlich auf die zuvor bestimmten sektorspezifischen Entwicklungen der Aktienkurse angewandt werden. Dadurch ergibt sich eine sektorspezifische Schätzung der Entwicklung von Unternehmensanleihen.<sup>90</sup> Diese Wertentwicklung berücksichtigt – genau wie bei den Aktienkursen – das systematische Risiko der verschiedenen Sektoren im Zuge der Transition.

Idiosynkratische Risiken – das „alpha“ – einzelner Unternehmen bzw. der von ihnen begebenen Eigen- und Fremdkapitalinstrumente können in einer an den volkswirtschaftlichen Sektoren ausgerichteten Betrachtung nicht ermittelt werden. Dazu müsste zunächst die Vulnerabilität aller als Investitionsobjekt dienenden Unternehmen im Zuge der wirtschaftlichen Transformation

bestimmt werden, beispielsweise (vereinfachend) anhand ihrer CO<sub>2</sub>-Intensität. Ein derartiger Ansatz wäre nicht nur wesentlich aufwendiger, sondern erforderte vor allem entsprechende Daten. Womöglich könnte er zu einem späteren Zeitpunkt ins Auge gefasst werden, wenn entsprechende Daten problemlos verfügbar sind.

## 4.5 Portfoliospezifische Betrachtungen

Die bisher betrachteten Risikofaktoren bewegen sich entweder auf makroökonomischer oder sektoraler Ebene. Bei Anwendung derartiger Stresse auf das Kapitalanlageportfolio kann letztlich nur eine Einschätzung des systematischen, jedoch nicht des idiosynkratischen Risikos der Einzeltitel erfolgen. Damit kann etwa nicht Benchmarking-Ansätzen innerhalb von Regionen oder Sektoren Rechnung getragen werden. Für eine erste Schätzung scheint eine Granularität auf Ebene der makroökonomischen Faktoren und sektoralen Auswirkungen angemessen. Für eine weiterführende Analyse und um Klimaszenarien perspektivisch auch für die Gestaltung des Investmentprozesses nutzbar zu machen, kann es jedoch unter Umständen vorteilhaft erscheinen, die Implikationen auch auf Einzelemittenten-Ebene zu betrachten.

### 4.5.1 Spreizungsfaktoren auf Grundlage von Expertenschätzungen

Dies könnte etwa durch eine Anreicherung der „top-down“ Szenarien (makroökonomisch, sektoral) mit „bottom-up“ Informationen (portfolio- bzw. emittentenspezifisch) erreicht werden. Letztere sind beispielsweise

<sup>89</sup> Für die Tabelle wurden (vergleichbar mit den Analysen für die CDS-Spreads) tägliche Daten aus dem Beobachtungszeitraum 01.01.2011–30.11.2021 verwendet, wobei ein offensichtlich fehlerhafter Datenpunkt vom 04.08.2016 entfernt wurde.

<sup>90</sup> Der Zusammenhang von Anleihen- und Aktienentwicklungen ist zwar nicht besonders eng, ihn zu ignorieren wäre aber der größere Fehler. Im Vergleich zu der pauschalen Annahme in EIOPA (2020) wird dieser Zusammenhang durch die lineare Approximation zumindest etwas besser (und nachvollziehbar begründet) abgebildet.

unternehmensbezogene Nachhaltigkeitsdaten (z. B. ESG-Ratings, CO<sub>2</sub>-Emissionen) oder interne ESG-Kriterien im Selektionsprozess. Zunächst könnte der Marktwertverlust unter Anwendung der makroökonomischen und ggf. sektorspezifischen Effekte unterstellt und als Ausgangswert für eine „durchschnittliche“ Portfolioallokation betrachtet werden. Ausgehend hiervon könnte dann im nächsten Schritt auf Basis der verfügbaren „bottom-up“ Informationen eine portfolio-spezifische Exposure-Abschätzung erfolgen.

Für Transitionsrisiken kann dies beispielsweise über eine Anpassung der in Abschnitt 4.4.1 dargestellten Skalierungsfaktoren realisiert werden. Für jeden der in Abbildung 11 dargestellten NACE-Sektoren, in den das Unternehmen investiert ist, wird von unternehmensinternen Experten eine Punktschätzung des Skalierungsfaktors in Bezug auf den eigenen Bestand in diesem Sektor abgegeben.<sup>91</sup> Der in Abbildung 11 dargestellte Skalierungsfaktor kann dabei als Mittelwert der Verteilung der Risikoexposition innerhalb des Sektors gegenüber transitionsbedingten wirtschaftlichen Rückgängen interpretiert werden. Die Experten nutzen dafür ihr Branchenwissen und die verfügbaren Informationen. Dabei könnte unter Umständen auch die Einschätzung der EIOPA zu einigen besonders durch die Transformation betroffenen Bereichen innerhalb größerer Sektoren mit gegenläufigen Effekten (wie z. B. Elektrizitätserzeugung oder Automobilbau) herangezogen werden.<sup>92</sup> Wird der eigene Bestand innerhalb des Sektors als relativ emissionsarm angesehen, so wird ein geringerer Skalierungsfaktor gewählt. Nach der individuellen Schätzung für alle Sektoren sollte auch die Rangfolge und Relation der angepassten Skalierungsfaktoren zwischen den Sektoren überprüft werden.

#### 4.5.2 PACTA

Einen weiteren denkbaren Ansatz für gewisse portfoliospezifische Betrachtungen stellt das von der 2<sup>o</sup> Investing Initiative (2DII) entwickelte [Paris Agreement Capital Transition Assessment \(PACTA\)](#) dar.<sup>93</sup> Dabei handelt es sich um ein frei verfügbares und quelloffenes Tool, das die Anpassung von Finanzportfolios an Klimawandelszenarien in klimakritischen Sektoren misst.

<sup>91</sup> Statt einer Punktschätzung könnte auch eine verteilungsbasierte Abschätzung (z. B. Schätzung des Quantils) vorgenommen werden. Diese erfordert allerdings zunächst eine Annahme über die Verteilung der Risikoexposition innerhalb des betrachteten Sektors.

<sup>92</sup> Vgl. EIOPA (2020), insbesondere Figure 14 auf Seite 56.

<sup>93</sup> Die [2<sup>o</sup> Investing Initiative \(2DII\)](#) ist eine Non-Profit-Organisation in Berlin und Paris, die verschiedene Sustainable-Finance-Projekte koordiniert. Mittlerweile wird PACTA jedoch vom [RMI](#) betreut. Das RMI (vormals Rocky Mountain Institute) ist eine vor allem mit der Transformation im Energiebereich befasste Non-Profit-Organisation in den USA.

PACTA liefert Informationen über das Transitionsrisiko von börsennotierten Aktien, Unternehmensanleihen und ggf. Unternehmenskrediten, um auf diesem Weg dazu beizutragen, Emissionsreduzierungen in der Realwirtschaft voranzutreiben.<sup>94</sup> Fonds werden in ihre Bestandteile aufgeschlüsselt und können ebenfalls in die Analyse einbezogen werden, wenn Informationen über die Bestände innerhalb des Fonds verfügbar sind.

Die Bewertung der Anpassung des Portfolios an ein Klimaszenario stützt sich auf zukunftsorientierte Produktionswerte der Realwirtschaft. Damit unterscheidet es sich von reinen CO<sub>2</sub>-Buchhaltungssystemen, die häufig auf historischen Daten beruhen. Abgedeckt werden sieben klimarelevante Sektoren (Öl und Gas, Kohle, Elektrizität, Automobil, Transport, Zement, Stahl), die für 80–90 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen üblicher Finanzportfolios und für 75 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen der gesamten Wirtschaft verantwortlich sind. Die auf die entsprechenden Teile beschränkte Analyse deckt daher oft nur etwa 20–30 % eines Portfolios, aber trotzdem ca. 70–80 % seines gesamten Treibhauseffekts ab.

In dem von PACTA erstellten Ergebnisbericht fasst der erste Teil die Exponierung des Portfolios gegenüber Geschäftstätigkeiten zusammen, die potenziell von der Dekarbonisierung betroffen sind und somit ein Transitionsrisiko aufweisen. Insbesondere wird der prozentuale Anteil des Portfolios an CO<sub>2</sub>-armen und -intensiven Aktivitäten in den Sektoren fossile Brennstoffe, Energie und Automobile quantifiziert und mit dem Marktdurchschnitt verglichen. Im zweiten Teil des Berichts wird quantifiziert, inwieweit das Portfolio in den nächsten fünf Jahren zum Erreichen oder Verfehlen eines Below 2° C-Szenarios beiträgt.

Auch wenn PACTA ein kostenloses Angebot für Portfolioanalysen darstellt, ist die Nutzung nach Ansicht der Projektgruppe nur bedingt zu empfehlen. Positiv hervorzuheben ist die einfache Handhabung. Eine Datei mit Portfoliodaten (Identifizierung der Assets per ISIN) im csv-Format wird in dem Tool hochgeladen und anschließend ausgewertet. Das Ergebnis ist einfach und verständlich aufbereitet. Nachteilig ist, dass sich die Analyse lediglich auf börsennotierte Aktien, Unternehmensanleihen und ggf. Unternehmenskredite aus sieben Sektoren bezieht, sodass niemals das ganze Portfolio betrachtet wird. Darüber hinaus dürften in vielen Unternehmen Bedenken bestehen, detaillierte Daten zum eigenen Portfolio auf einen externen Server

<sup>94</sup> Mit dem interaktiven Online-Tool *PACTA for Investors* können Aktien und Unternehmensanleihen analysiert werden. Für Unternehmenskredite ist das ebenfalls kostenlose Stand-alone-Software-Paket *PACTA for Banks* erforderlich.

(vermutlich in den USA) hochzuladen. Prinzipiell könnte das Tool hilfreich sein, um sich (ggf. mit veränderten Test-Daten) einen ersten Überblick zu verschaffen – für die Zwecke des ORSA oder für Steuerungszwecke erscheint es aber nur bedingt geeignet.

#### 4.6 Spezielle Finanz- und makroökonomische Risiken

Nach den vorangegangenen allgemeinen Ausführungen zur Transition und zu Fragen möglicher granularerer Betrachtungen werden in diesem Abschnitt die vom NGFS bereitgestellten Entwicklungen wichtiger wirtschaftlicher Größen und einige sich daraus ergebende Erkenntnisse vorgestellt. Das NiGEM-Modell liefert dabei Daten in 1-Jahres-Schritten bis zum Jahr 2050. Entsprechende Daten für weiter in der Zukunft liegende Zeitpunkte sind nicht verfügbar.

Falls trotz der mit erheblichen Unsicherheiten verbundenen Modellierung in den NGFS-Szenarien auch noch die Entwicklung der sich in den Szenarien ergebenden Risiken im Sinne der Säule 1 von Solvency II untersucht werden sollte, könnten zur Einschätzung des jeweiligen Aktien-, Spread-, Immobilien- und Wechselkursrisikos einfach die Risikofaktoren der SCR-Standardformel auf die sich in den NGFS-Szenarien ergebenden Werte angewandt werden. Beim Zinsrisiko ist die Situation etwas komplizierter, da Risikofaktoren auf der Ebene der Zinsstrukturkurve angewandt werden müssten. Für die verschiedenen Marktrisiken wäre alternativ auch eine Skalierung der vorherigen Kapitalanforderungen anhand der Marktwertänderungen in den NGFS-Szenarien denkbar.

##### 4.6.1 Bruttoinlandsprodukt

In den NGFS-Szenarien stellt neben CO<sub>2</sub>-Preis und Energieverbrauch die Wirtschaftsleistung in Form des Bruttoinlandsprodukts (BIP) die zentrale wirtschaftliche Größe dar, die bereits in den Integrated Assessment Models (IAMs) berechnet wird und Grundlage der genaueren Modellierung in NiGEM ist.

Von den Nutzern können die BIP-Daten zudem bei Bedarf als Hilfsgröße zur Herleitung weiterer volkswirtschaftlicher Größen herangezogen oder auch beispielsweise bei der Ableitung von Stornowahrscheinlichkeiten in der Lebens- und Krankenversicherung miteingesetzt werden.

Im NGFS Scenario Explorer sind Daten zum BIP in der Variablen „NiGEM|Gross Domestic Product (GDP)“ sowohl auf Länderebene als auch für verschiedene Aggregat (z. B. Europa, Afrika, Asien, Welt) über den Szenariohorizont 2022–2050 verfügbar.

Abbildung 14 zeigt die über die drei IAMs gemittelte Entwicklung des Bruttoinlandsprodukts für die NGFS-Szenarien Baseline, Delayed Transition und Current Policies beispielhaft für Deutschland.

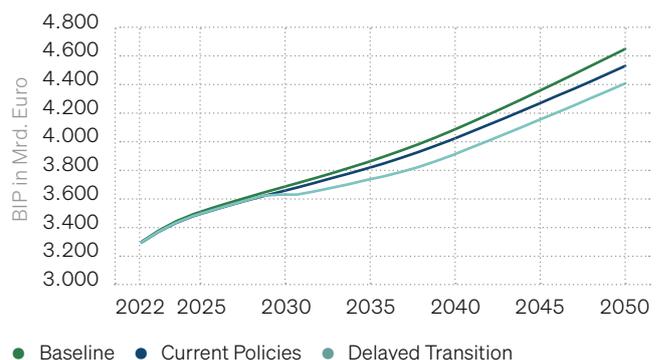
Im Baseline-Szenario<sup>95</sup> wächst das deutsche BIP nach etwas höheren Wachstumsraten in den ersten drei Jahren (2022: 2,4 %, 2023: 1,9 %) anschließend entlang eines langfristigen Trends um ca. 1 % pro Jahr an. In den 2040er Jahren erhöht sich die Wachstumsrate leicht auf ca. 1,3 %.

Im Current-Policies-Szenario machen sich über die Zeit langsam negative Folgen des voranschreitenden Klimawandels bemerkbar. Dies zeigt sich allerdings kaum in den jährlichen Wachstumsraten, die im Mittel nur um neun Basispunkte niedriger liegen, wobei sich dieser Effekt auch kaum beschleunigt (Mittel der 2040er Jahre: 11 Basispunkte). Erst der kumulierte Effekt des langfristig niedrigeren Wachstums führt zu leichten Unterschieden in der Höhe des BIPs (2040: -1,5 %,

<sup>95</sup> Im Fall des BIP unterscheiden sich die projizierten Daten auch schon im Baseline-Szenario zwischen den drei IAMs. Insbesondere die Ergebnisse nach REMIND-MAGPIE weichen spürbar von den anderen beiden Modellen ab. Was der Grund dafür sein könnte, ist für uns nicht nachvollziehbar.

#### Bruttoinlandsprodukt

**Abbildung 14** - Entwicklung des Bruttoinlandsprodukts (BIP) in Deutschland in den NGFS-Szenarien Baseline, Delayed Transition und Current Policies bis 2050 (Einheit: Mrd. Euro in 2015er Preisen, Modell: NiGEM NGFS v1.22, IAM: Mittelwert der drei Integrated Assessment Models)



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Daten aus dem [NGFS Phase 3 Scenario Explorer](#)

2050: -2,6 %) im Vergleich zum Baseline-Szenario.<sup>96</sup> Im Vergleich zur Höhe der in der Realität zu beobachtenden kurzfristigen konjunkturellen Schwankungen des BIP-Wachstums erscheint dieser Unterschied der BIP-Höhe nach fast 30 Jahren eher gering. Dabei ist allerdings zu beachten, dass bislang nur ein Teil der negativen Effekte des Klimawandels auf die Wirtschaft überhaupt im Modell berücksichtigt und dieser Effekt damit womöglich systematisch unterschätzt wird.

Im Delayed-Transition-Szenario setzt 2030 plötzlich die Transition mit starken politischen Maßnahmen ein. Dies führt dazu, dass kurzfristig das Wachstum zurückgeht und im Vergleich zum Baseline-Szenario 2030 um ca. 0,7 und 2031 um ca. 0,9 Prozentpunkte niedriger ausfällt, ohne dass es dabei allerdings zu einer Rezession käme (2031 Nullwachstum). Von 2032 bis 2038 liegt das jährliche BIP-Wachstum noch im Mittel um ca. 0,3 Prozentpunkte niedriger, bevor sich für die restliche Zeit der Unterschied zum Baseline-Szenario auf ca. 0,1 Prozentpunkt reduziert. Der Vergleich zum Current-Policies-Szenario zeigt, dass der kumulierte Effekt der Transition in den Jahren 2030 bis 2038 dazu führt, dass das BIP 2038 um 2,7 % niedriger liegt. In den restlichen Jahren wächst das BIP in den Current-Policies- und Delayed-Transition-Szenarien wieder parallel, sodass es bis 2050 bei dem Unterschied von 2,7 % bleibt.

Dies bedeutet, dass bei der Betrachtung des gesamtwirtschaftlichen Outputs die plötzliche und recht heftig ausfallende Transition nur zu einer kurzfristigen Verlangsamung des langfristigen Wachstums führt. Der Wachstumsrückgang betrifft hauptsächlich die ersten beiden Jahre und ist spätestens nach zehn Jahren komplett verschwunden. Seine Höhe liegt in der Größenordnung normaler konjunktureller Schwankungen, wobei allerdings der üblicherweise auf einen Abschwung folgende Aufschwung mit seinem vorübergehend höheren Wachstum fehlt. Überhaupt ist es bemerkenswert, dass es nach dem anfänglichen BIP-Rückgang

kein beschleunigtes Wachstum gibt, sondern sich das BIP dauerhaft auf niedrigerem Niveau weiterentwickelt. Der gesamte Transitionseffekt von 2,7 % entspricht dabei zufällig der kumulierten Höhe des Effekts des im Modell berücksichtigten Teils der negativen Folgen des Klimawandels bis 2050.

Im Ergebnis sind auf gesamtwirtschaftlicher Ebene keine Effekte der Transformation zu erwarten, die den Rahmen der üblichen Konjunkturschwankungen deutlich übersteigen würden. Anders als der Klimawandel selbst, der zu einer (leichten) Verflachung des langfristigen Wachstumstrends führt, stellt die Transformation einen Einmaleffekt dar. Zumindest wenn man das NGFS-Szenario Delayed Transition in seiner aktuell vorliegenden Modellgeneration und unter Bildung des Mittelwerts der drei Integrated Assessment Models betrachtet, fällt der Effekt der Transformation in den Jahren 2030 und 2031 auch geringer aus als die Rückgänge in großen Krisen der letzten Jahre.<sup>97</sup>

Diese gesamtwirtschaftliche Betrachtung darf aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass sich einzelne Sektoren und erst recht einzelne Unternehmen ganz anders als der Durchschnitt entwickeln. Einerseits könnten wirtschaftliche Aktivitäten, die schon klimafreundlich sind oder die zur Umsetzung der Transformation benötigt werden (Investitionsgüter, Bau etc.) profitieren. Andererseits ist besonders in Bereichen, in denen bislang sehr viel CO<sub>2</sub> emittiert wird oder die Emissionen schwer zu reduzieren sind, mit deutlich größeren und länger andauernden negativen Effekten der Transformation zu rechnen. Um die möglichen Auswirkungen auf konkrete Kapitalanlagen zu untersuchen, wäre daher eigentlich eine möglichst granulare Betrachtung erforderlich, die über die gesamtwirtschaftlichen Ergebnisse aus den NGFS-Szenarien hinausgeht. Vor allem aus Gründen der Datenverfügbarkeit ist dies aber derzeit nur eingeschränkt möglich.

<sup>96</sup> Zum Vergleich: Die vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) in Auftrag gegebene und von der Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforchung (GWS) gemeinsam mit Prognos und dem Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (iöw) durchgeführte Studie Flaute et al. (2022) kommt zu dem Ergebnis, dass in deren Szenario „starker Klimawandel“ das BIP in Deutschland im Jahr 2050 um 1,8 % niedriger liegen könnte als im Referenzszenario. Das entspricht knapp 70 Mrd. Euro – bei der in der Presseberichterstattung im Vordergrund stehenden Zahl von über 900 Mrd. Euro handelt es sich um die aufaddierten realen BIP-Einbußen der Jahre 2022–2050. Die in der Studie (S. 82) als Fazit getroffene Aussage, dass der Verlust von 1,8 % so hoch sei, dass die Wirtschaft nicht weiter wachsen, sondern schrumpfen würde, ist für uns nicht nachvollziehbar. Anscheinend wird an dieser Stelle fälschlicherweise der langfristige Wachstumstrend im Referenzszenario vernachlässigt. Die Studie bezieht sich nur auf Deutschland und beruht nicht auf den NGFS-Szenarien, sondern verwendet mit INFORGE/PANTA RHEI ein anderes Modell.

#### 4.6.2 Aktien

Über den Scenario Explorer des NGFS sind in der Variablen „NiGEM|Equity prices“ umfangreiche Aktienkursdaten für 30 verschiedene Länder bis 2050 verfügbar. Die Daten liegen für alle wichtigen Märkte innerhalb und

<sup>97</sup> In der globalen Finanzkrise kam es in Deutschland 2009 zu einem Einbruch des BIP um 5,7 %, in der Covid-19-Pandemie 2020 um 3,7%. Vor allem 2010/11 war allerdings in den Folgejahren auch ein deutlich überdurchschnittliches Wachstum zu verzeichnen. In der Krise 2002/03 nach Platzen der Dotcom-Blase war das Wachstum mit -0,2 % und -0,7 % leicht negativ, in der Euro-Krise 2012/13 blieb das Wachstum mit jeweils 0,4 % positiv (vgl. [Statista.com](https://www.statista.com)).

außerhalb Europas (z. B. USA, China, Japan) vor. Die Variablen beschreiben die Entwicklung wichtiger Indizes für die einzelnen Länder, z. B. den NYSE Composite für die USA oder den FTSE 100 für Großbritannien. Für jedes Land ist nur ein übergreifender Index verfügbar, Daten z. B. für den TecDAX sind somit nicht ableitbar.

### Berechnungsweise

Im Scenario Explorer des NGFS werden im Baseline-Szenario Aktienkursentwicklungen als Wert eines Indizes angegeben, der für das Basisjahr 2017 auf den Wert 100 gesetzt wurde. Um im Baseline-Szenario beispielsweise den DAX-Stand im Jahr 2040 zu berechnen, muss der DAX-Stand vom Jahresende 2017 mit dem sich aus dem Indexstand  $x_{Baseline,2040}$  ergebenden Faktor multipliziert werden:

$$\begin{aligned} DAX_{Baseline,2040} &= DAX_{2017} \cdot \frac{x_{Baseline,2040}}{100} \\ &\approx 12.917,64 \cdot \frac{152,194}{100} \\ &\approx 19.659,85 \end{aligned}$$

Für die anderen Szenarien sind die Aktienkursentwicklungen als prozentuale Abweichungen vom Baseline-Szenario angegeben.<sup>98</sup> Mit Hilfe der prozentualen Abweichung  $x_{Delayed,2040}$  kann z. B. für das Delayed-Transition-Szenario der DAX-Stand im Jahr 2040 wie folgt berechnet werden:<sup>99</sup>

$$\begin{aligned} DAX_{Delayed,2040} &= DAX_{2017} \cdot \frac{x_{Baseline,2040}}{100} \cdot \left(1 + \frac{x_{Delayed,2040}}{100}\right) \\ &\approx 12.917,64 \cdot \frac{152,194}{100} \cdot \left(1 + \frac{-9,4416}{100}\right) \\ &\approx 12.917,64 \cdot \frac{137,824}{100} \\ &\approx 17.803,65 \end{aligned}$$

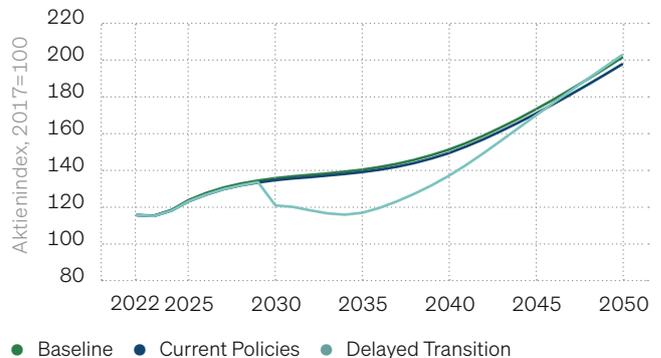
### Verlauf

Abbildung 15 zeigt die Entwicklung der Aktienkurse im Mittel der drei Integrated Assessment Models für die NGFS-Szenarien Baseline, Delayed Transition und Current Policies für das Beispiel Deutschland.

Im Baseline-Szenario steigen die Aktienkurse durchgängig an, wobei der Anstieg in den 2030er Jahren

## Aktien

**Abbildung 15** · Aktienkursentwicklung in Deutschland in den NGFS-Szenarien Baseline, Delayed Transition und Current Policies bis 2050 (Einheit: Index 2017=100, Modell: NiGEM NGFS v1.22, IAM: Mittelwert der drei Integrated Assessment Models)



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Daten aus dem [NGFS Phase 3 Scenario Explorer](#)

etwas schwächer als in den Jahren davor und danach ausfällt. Die Entwicklung im Current-Policies-Szenario unterscheidet sich davon kaum. Effekte des voranschreitenden Klimawandels wirken sich (via der Produktivität) nur geringfügig dämpfend auf die Kurse aus.

Im Delayed-Transition-Szenario kommt es mit Beginn der Transition 2030 zunächst zu einem Rückgang der Aktienkurse um 9,5 %, an den sich eine mehrjährige Phase leicht weiter fallender Kurse anschließt. Mitte der 2030er Jahre erreicht die durch die auseinanderlaufenden Entwicklungen verursachte Differenz zum Baseline- und Current-Policies-Szenario ihr Maximum bei knapp 17 %. Ab diesem Zeitpunkt setzt im Delayed-Transition-Szenario ein beschleunigter Kursanstieg ein, der dazu führt, dass in der zweiten Hälfte der 2040er Jahre das Niveau der anderen Szenarien wieder erreicht und schließlich überschritten wird.

### Modellunterschiede

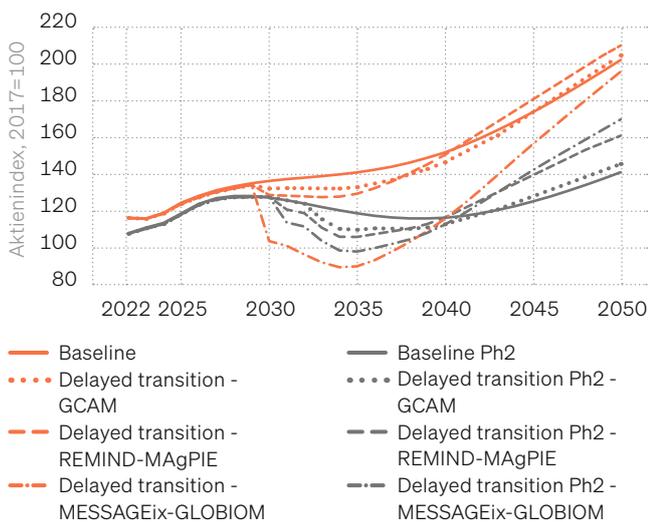
Wie im Abschnitt 2.4.2 zur Modellunsicherheit und Modellwahl ausgeführt, können sich die mit den drei verschiedenen Integrated Assessment Models (IAMs) erzeugten Ergebnisse allerdings deutlich unterscheiden. Anhand der Aktienkursentwicklung soll dies mit Abbildung 16 noch einmal beispielhaft für den ganzen Kapitalanlagebereich veranschaulicht werden. Wie der zusätzliche Vergleich mit den Ergebnissen aus der vorangegangenen zweiten Generation der NGFS-Szenarien zeigt, sind die Unterschiede zwischen drei IAMs in der dritten Generation der NGFS-Szenarien zudem wesentlich größer geworden. Die Frage der Modellwahl ist dadurch deutlich wichtiger geworden.

<sup>98</sup> In den als Ergänzung zu diesem Papier zur Verfügung gestellten Daten haben wir den sich aus dieser prozentualen Abweichung ergebenden Faktor bereits mit dem sich aus dem Indexstand im Baseline-Szenario ergebenden Faktor zusammengefasst, sodass der dort angegebene Wert (entspricht der 137,824 in der Beispielrechnung) direkt auf den DAX-Stand aus dem Jahr 2017 angewandt werden kann.

<sup>99</sup> Die Beispielrechnung beruht auf den Werten, die sich im Mittel der drei Integrated Assessment Models ergeben.

## Aktien im Vergleich der Modelle und Modellgenerationen

**Abbildung 16** · Aktienkursentwicklung in Deutschland in den NGFS-Szenarien Baseline und Delayed Transition bis 2050 (Einheit: Index 2017=100, Modell: NiGEM NGFS v1.22 (NGSF Phase 3) / NiGEM NGFS v1.21 (NGFS Phase 2, hier kurz als Ph2 bezeichnet), IAM: alle drei Integrated Assessment Models in den jeweiligen Versionen aus Phase 2 und Phase 3)



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Daten aus dem [NGFS Phase 3 Scenario Explorer](#) bzw. dem [NGFS Phase 2 Scenario Explorer](#)

Vor allem der Kursrückgang (gegenüber dem aktuellen Baseline-Szenario) nach dem MESSAGEix-GLOBIOM-Modell der dritten NGFS-Generation ist sowohl im Vergleich zu den entsprechenden Rückgängen nach den anderen beiden Modellen als auch im Vergleich zu den Rückgängen (gegenüber dem damaligen Baseline-Szenario) der drei Modelle aus der zweiten NGFS-Generation sehr groß.<sup>100</sup> Wenn es keine nachvollziehbaren fachlichen Gründe gibt, erschiene es daher etwas willkürlich und wenig sinnvoll, ausgerechnet dieses deutlich abweichende Modell als alleinige Grundlage heranzuziehen, wie es noch in der Vorgängerversion dieses Papiers der Fall war. Stattdessen wird in der vorliegenden Version 2.0 in der Regel der Mittelwert der Ergebnisse aus den drei Modellen präsentiert. Damit wird eine agnostische Sichtweise eingenommen, die nicht den falschen Anschein erweckt, zu wissen, welches der vom NGFS gleichrangig präsentierten Modelle in Wahrheit das „richtige“ wäre. Die Ergebnisse sind robuster, als es bei Auswahl eines einzelnen Modells der Fall wäre.

<sup>100</sup> Im MESSAGEix-GLOBIOM-Modell beträgt der Rückgang gegenüber dem Stand von 2029 im ersten Jahr 23 % und steigt bis auf fast 34 % im Jahr 2024. Im Vergleich zum dann erreichten Stand nach den anderen beiden Modellen beträgt der Rückstand über 36 %.

Im Vergleich der Ergebnisse aus der zweiten und dritten NGFS-Generation fällt neben der größeren Spannweite zwischen den IAMs vor allem noch auf, dass das von Klimaaspekten unberührte Baseline-Szenario nun wesentlich optimistischer ausfällt als bisher. Die zuvor schwer nachvollziehbare langfristige Stagnation der Aktienkurse ist dem oben beschriebenen dauerhaften Anstieg gewichen.<sup>101</sup> Als eher technischer Aspekt ist zu bemerken, dass der Kursrückgang im Delayed-Transition-Szenario nun bereits 2030 und nicht erst 2031 einsetzt.

### Sektor- und portfoliospezifische Entwicklungen

Für die Krisenjahre 2030 bis 2034 des Delayed-Transition-Szenarios lassen sich mit Hilfe der in Abschnitt 4.4 beschriebenen Skalierungsfaktoren sektorspezifische Aktienkursentwicklungen herleiten.<sup>102</sup> Bei einem allgemeinen Kursrückgang von 2029 auf 2030 um 9,48 % würden beispielsweise die Aktienkurse der Nahrungs- und Futtermittelindustrie (C10) nur um  $0,92 \cdot 9,48 \% = 8,72 \%$  sinken. Auch in den Folgejahren würden sie weiter etwas weniger stark als der Gesamtmarkt (jeweils um das 0,92-fache) sinken. Mit dem langsam einsetzenden Aufschwung ab dem Jahr 2035 sollten die Skalierungsfaktoren nicht mehr angewandt werden. Das erreichte sektorspezifische Kursniveau müsste dann – wie auch schon in den Jahren vor 2030 – mit der allgemeinen Kursentwicklung fortgeschrieben werden.

Einen Sonderfall stellt lediglich der Sektor der Kokelei und Mineralölverarbeitung (C19) dar. Bei einem 10,98-mal so starken Rückgang der Aktienkurse wie am Gesamtmarkt wäre im Delayed-Transition-Szenario bereits im Jahr 2030 ein Totalverlust zu unterstellen ( $10,98 \cdot 9,48 \% > 100 \%$ ).<sup>103</sup>

Aufbauend auf der sektorspezifischen Berechnung könnte unter Umständen noch eine etwas nähere portfoliospezifische Betrachtung (wie in Abschnitt 4.4 geschildert) stattfinden.

Im Current-Policies-Szenario sollten die Kurse generell mit der allgemeinen Kursentwicklung fortgeschrieben werden. Eine sektorspezifische Entwicklung findet dann nicht statt.

<sup>101</sup> Der Verlauf im Baseline-Szenario der zweiten NGFS-Generation stand im Widerspruch zu den üblichen, auf Finanzmarkt-Empirie und volkswirtschaftlicher Theorie beruhenden Erwartungen langfristig steigender Aktienkurse.

<sup>102</sup> Für die Skalierungsfaktoren siehe separate Datei sowie Abbildung 11.

<sup>103</sup> Bei wesentlichen größeren Einbrüchen am allgemeinen Aktienmarkt, wie sie z. B. vom MESSAGEix-GLOBIOM-Modell geliefert werden, könnten sich weitere Fälle von Totalverlusten ergeben.

### 4.6.3 Zinsen

Anleihen und andere zinsensitive Kapitalanlagen machen üblicherweise den größten Teil der Aktivseite einer Versicherungsbilanz aus. Bei Lebensversicherungen spielt der Zins zudem eine herausragende Rolle bei der Bewertung der versicherungstechnischen Rückstellungen. Für die Solvency-II-Rechnungen stellt die EIOPA daher eine risikofreie Zinsstrukturkurve zur Verfügung, die entweder auf Swap-Daten (wie beim Euro) oder auf Staatsanleihen beruht und jenseits der Laufzeit 20 Jahre extrapoliert wird.

Ein direkt vergleichbares Instrument fehlt in den NGFS/NiGEM-Szenarien. Diese enthalten stattdessen drei andere Zinsvariablen, die sowohl auf Länderebene als auch für verschiedene Aggregate (z. B. Europa oder Welt) bis 2050 zur Verfügung stehen:

- „NiGEM|Central bank intervention rate (policy interest rate)“: Leitzins, der als kurzfristiger Nominalzins verstanden werden kann
- „NiGEM|Long term interest rate“: Langfristiger Nominalzins in Form der Rendite 10-jähriger Staatsanleihen)
- „NiGEM|Long term real interest rate“: Langfristiger Realzins, der sich aus der Rendite 10-jähriger Staatsanleihen abzüglich der Inflation ergibt

Als Ersatz für den risikofreien Zins aus Solvency II könnte auf der (nominalen) Rendite 10-jähriger deutscher Staatsanleihen (Bund), die am europäischen Anleihemarkt als Benchmark gelten, aufgebaut werden. Bei vergleichbaren Laufzeiten stellt dies eine sehr gute Näherung dar. Insbesondere zur Bewertung der versicherungstechnischen Rückstellungen wird jedoch eine komplette Zinsstrukturkurve benötigt.

Die risikofreie Solvency-II-Zinskurve beruht bis zur Laufzeit 20 Jahre (im Fall des Euros) auf aktuellen Zinssätzen für Swaps. Für längere Laufzeiten findet eine Extrapolation statt, deren derzeit gültiger Algorithmus den Terminzinssatz (Forward Rate) vom Jahr 15 bis zum Jahr 20 und die Ultimate Forward Rate (UFR) von derzeit 3,45 % verwendet.<sup>104</sup> Wenn mit den Ergebnissen aus den NGFS-Szenarien eine ähnliche Zinsstrukturkurve erzeugt werden soll, muss zwangsläufig eine ganze Reihe zusätzlicher Annahmen hinsichtlich

Extrapolationsverfahren, Marktdaten und UFR getroffen werden.

Für den Bereich bis zur Laufzeit 20 Jahre könnte beispielsweise für die Laufzeiten 1 bis 9 Jahre zwischen Leitzins und 10-jähriger Staatsanleihenrendite (linear) interpoliert werden, bevor der 10-jährige Zins flach fortgeschrieben wird. Eine andere Möglichkeit wäre beispielsweise, eine vorhandene Zinskurve entsprechend der Entwicklung des 10-Jahreszinses zu verschieben. In beiden Fällen könnten daraus Terminzinssätze bestimmt und eine Extrapolation durchgeführt werden. Die dafür ebenfalls benötigte UFR wird in den nächsten Jahren voraussichtlich noch etwas sinken. Langfristig könnte sie sich angesichts der für die UFR-Berechnung wichtigen Realzinsentwicklung (siehe Abbildung 19) in den Baseline- und Current-Policies-Szenarien in der Größenordnung von 3,00 % stabilisieren und im Delayed-Transition-Szenario sogar wieder steigen. Falls die UFR und der angesprochene Terminzinssatz nicht weit auseinanderliegen, könnte unter Umständen auch auf die Anwendung des Extrapolationsalgorithmus verzichtet und eine einfachere Fortschreibung gewählt werden. Im einfachsten Fall könnte die Zinsstruktur dann spätestens ab der Laufzeit 10 Jahre komplett flach verlaufen. Eine stark vereinfachte Zinsstrukturkurve kann sich allerdings erheblich auf die Bewertungen der langlaufenden Kapitalanlagen und Versicherungsverpflichtungen auswirken.

In den Abbildungen 17, 18 und 19 ist die Entwicklung der drei verfügbaren Zinsvariablen in den Szenarien Baseline, Current Policies und Delayed Transition dargestellt.

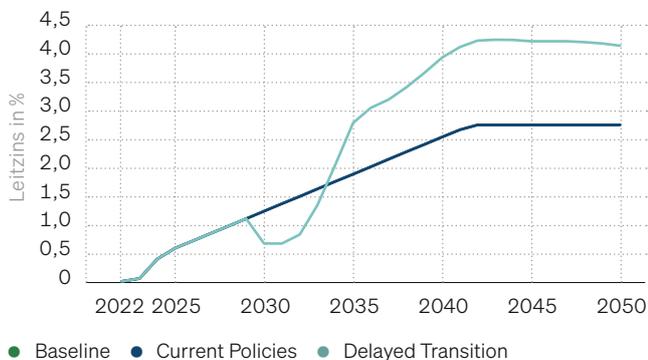
Beim Thema Zins zeigt sich in besonderem Maße, dass sich die Realität seit dem Jahr 2022 gänzlich anders entwickelt hat, als es bei Erstellung der dritten Generation der NGFS-Szenarien (mit Daten aus dem Jahr 2021) absehbar war. Tatsächlich liegt der Ausgangspunkt der Entwicklungen im Baseline- und allen anderen Szenarien viel zu niedrig. Abschnitt 4.2.1 geht in diesem Zusammenhang näher auf Fragen der Modellaktualität und des Modellfokusses ein.

Im Baseline- und im Current-Policies-Szenario des NGFS steigen jeweils die 2023 noch bei 0 % liegenden Leitzinsen bis 2042 ganz langsam auf 2,75 % an und verharren dann auf diesem Wert. In einer recht ähnlichen, nur anfangs etwas schneller verlaufenden Entwicklung steigt am Markt auch der langfristige (Nominal-) Zins von 0 % auf 2,75 %. Wenn man dies mit dem Leitzins als kurzfristigem Zins kombiniert, ergibt sich für 2022 und dann wieder ab 2042 eine komplett flache

<sup>104</sup> Im Zuge des derzeit laufenden Solvency-II-Reviews ist mit einer Änderung des Extrapolationsverfahrens zu rechnen. Künftig könnten u. a. weitere Terminzinssätze benötigt werden.

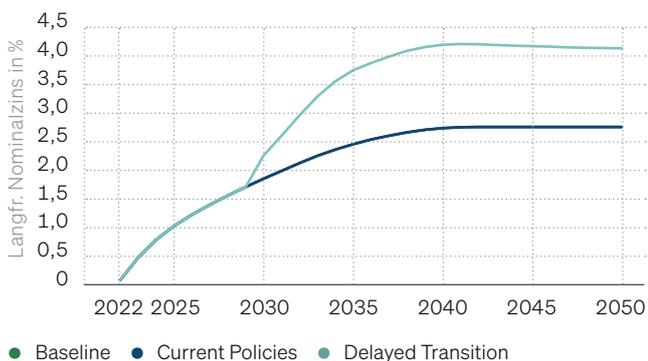
## Leitzins

**Abbildung 17** · Entwicklung des Leitzinses in Europa in den NGFS-Szenarien Baseline, Delayed Transition und Current Policies bis 2050 (Einheit: Prozent, Modell: NiGEM NGFS v1.22, IAM: Mittelwert der drei Integrated Assessment Models)



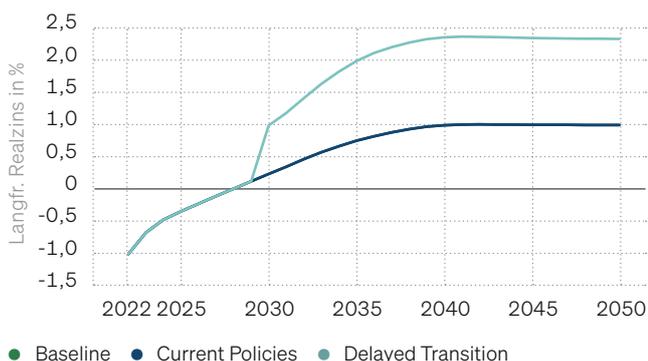
## Langfristiger Nominalzins

**Abbildung 18** · Entwicklung des langfristigen Nominalzinses in Europa in den NGFS-Szenarien Baseline, Delayed Transition und Current Policies bis 2050 (Einheit: Prozent, Modell: NiGEM NGFS v1.22, IAM: Mittelwert der drei Integrated Assessment Models)



## Langfristiger Realzins

**Abbildung 19** · Entwicklung des langfristigen Realzinses in Europa in den NGFS-Szenarien Baseline, Delayed Transition und Current Policies bis 2050 (Einheit: Prozent, Modell: NiGEM NGFS v1.22, IAM: Mittelwert der drei Integrated Assessment Models)



und in den Jahren dazwischen eine nur leicht ansteigende (normale) Zinsstruktur.

Im Delayed Transition-Szenario zeigen sich dagegen gegensätzliche Entwicklungen von Leitzinsen und langfristigen Marktzensen. Mit Einsetzen der Transition und der damit verbundenen wirtschaftlichen Turbulenzen (sinkendes Wirtschaftswachstum, fallende Aktienkurse) werden die Leitzinsen 2030 zunächst um fast 50 Basispunkte gesenkt. Angesichts steigender Inflationsraten (siehe Abschnitt 4.6.7) beginnen aber bereits 2032 kontinuierliche Zinserhöhungen, die den Leitzins bis 2035 auf 2,8 % und bis 2042 auf 4,2 % steigern. Danach bleibt er bis 2050 weitgehend auf diesem ca. 1,5 Prozentpunkte höher als im Baseline-Szenario liegenden Niveau. Bei den langfristigen Marktzensen gibt es hingegen erst gar keinen Rückgang. Angesichts des Kapitalbedarfs für die Transformation der Wirtschaft beginnt bereits 2030 trotz der Leitzinssenkung ein stärker als im Baseline-Szenario verlaufender Anstieg der langfristigen Zinsen, der bis 2041 ebenfalls auf ein Niveau von 4,2 % führt. Die Zinsstruktur ist ab Transitionsbeginn bis Ende der 2030er Jahre – in deren erster Hälfte auch sehr deutlich – steiler als im Baseline-Szenario. In den 2040er Jahren ist auch in dem Delayed-Transition-Szenario die Zinsstruktur wieder weitgehend flach und gewissermaßen gegenüber dem Baseline-Szenario parallel nach oben verschoben.

Unter Berücksichtigung der Inflation ergibt sich für die langfristigen Realzinsen im Baseline- und im Current-Policies- ein Anstieg von -1 % auf 1 %. Im Delayed-Transition-Szenario steigen die Realzinsen zum Transitionsbeginn 2030 aufgrund eines gleichzeitigen Inflationsrückgangs und Zinsanstiegs in einem Jahr um fast einen Prozentpunkt an, zeigen ansonsten aber im Großen und Ganzen die gleiche Entwicklung wie die Nominalzinsen und liegen in den 2040er Jahren konstant bei ca. 2,3 %.

Insgesamt ergibt sich aus den verschiedenen Entwicklungen, dass in Bezug auf Zinsen die Transition vor allem in den ersten Jahren zu deutlichen – am kurzen und langen Ende der Laufzeiten zunächst gegensätzlichen – Veränderungen führt, aber schon Ende der 2030er Jahre abgeschlossen ist. Anschließend herrscht bei einer wieder flachen Zinsstruktur dauerhaft ein deutlich höheres Zinsniveau als in den Szenarien, in denen keine Transition stattfindet.

#### 4.6.4 Spreads

Soweit sich keine Kurse am Markt beobachten lassen, werden für die Bewertung von Anleihen und anderen zinssensitiven Wertpapieren geeignete Zinssätze benötigt (Mark-to-Model). Dieser Zinssatz entspricht dem als risikofrei angenommenen Zins plus einem emittenten- oder emissionspezifischen Spread.

Das NiGEM-Modell stellt Renditen 10-jähriger Staatsanleihen zur Verfügung (siehe Abschnitt 4.6.3). Wenn die deutsche Bundrendite als risikofreier Zins verwendet wird, ergeben sich daraus (zumindest für diese Laufzeit) unmittelbar die Spreads der **Staatsanleihen** anderer Länder. Dies entspricht auch der marktüblichen Begrifflichkeit für Spreads in Europa.

Für **Unternehmensanleihen** können die Spreads mit Hilfe des in Abschnitt 4.4.2 beschriebenen Verfahrens auf Grundlage der Aktienkursentwicklung für einzelne Sektoren geschätzt werden.<sup>105</sup> Im Delayed-Transition-Szenario ergeben sich für die erste Phase der Transition mit sinkenden Kursen von Aktien und Unternehmensanleihen daraus tatsächlich sektorspezifische Ergebnisse. Für andere Zeitpunkte und für das Current-Policies-Szenario sollte der Zusammenhang zwischen Aktien- und Spreadentwicklung nur auf die allgemeine Aktienkursentwicklung angewandt werden.<sup>106</sup> Dadurch ergeben sich zumindest Spreadentwicklungen für den Gesamtmarkt.

Wenn auf diese Weise Spreads aus den Aktienkursen abgeleitet werden, folgt die Entwicklung der Unternehmensanleihen in den verschiedenen Szenarien logischerweise dem Muster der jeweiligen Entwicklung der Aktien.

Käme es am Markt tatsächlich zu bestimmten Spreadänderungen, würde sich auch die Höhe der Volatilitätsanpassung (VA) ändern. Prinzipiell würde eine Neuberechnung der Volatilitätsanpassung in den jeweiligen Klimawandelszenarien realistischere Ergebnisse liefern.<sup>107</sup> Sie wäre aber recht aufwendig und erforderte für weit in der Zukunft liegende Zeitpunkte zudem zusätzliche Annahmen.<sup>108</sup> Um sich im Rahmen des ORSA

<sup>105</sup> Zu den sektorspezifischen Aktienkursentwicklungen siehe Abschnitt 4.6.2.

<sup>106</sup> Vgl. Abschnitt 4.6.2.

<sup>107</sup> Bei der Bestimmung des SCR wird eine sogenannte dynamische Volatilitätsanpassung, die auf die zur Bestimmung der Kapitalanforderung für das Spreadrisiko unterstellten geänderten Spreads reagiert, nur bei internen Modellen akzeptiert. Bei Stresstests der EIOPA enthielten Szenarien mit ausgeweiteten Spreads dagegen regelmäßig auch einen angepassten (höheren) Wert für die Volatilitätsanpassung.

<sup>108</sup> Für die VA-Berechnung werden für das gesamte Referenzportfolio der EIOPA nicht nur Spreads für den jeweiligen Zeitpunkt, sondern

mit den Folgen des Klimawandels auseinandersetzen zu können, dürfte eine Neuberechnung der Volatilitätsanpassung in der Regel nicht notwendig sein. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist dann aber zu beachten, dass die Effekte von Spreadänderungen tendenziell überschätzt werden und die Ergebnisse dementsprechend konservativ ausfallen.

#### 4.6.5 Immobilien

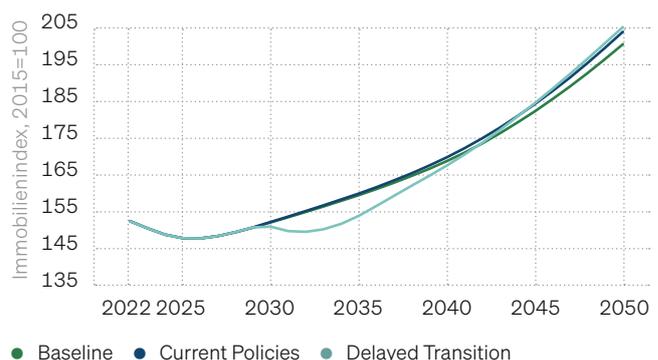
Auch Immobilien stellen einen nicht unerheblichen Teil der Kapitalanlage deutscher Versicherungsunternehmen dar. Schwerpunkt mit deutlich über 50 % der Immobilienanlagen sind dabei Büro- und Handelsimmobilien. Je nach Unternehmen können allerdings auch andere Schwerpunkte bestehen. Insgesamt liegt die Immobilienquote der Erstversicherer aber unter 5 % der Kapitalanlagen, sodass in den meisten Fällen Immobilienrisiken im Hinblick auf den ORSA eine geringere Bedeutung als Aktien- oder Zins- und Spreadrisiken haben dürften.

Im NGFS Scenario Explorer sind in der Variablen „NiGEM|House prices (residential)“ für alle relevanten Länder Daten zu Immobilienpreisen vorhanden. Dabei handelt es sich jedoch ausschließlich um Preise für Wohnimmobilien, deren Entwicklung in Abbildung 20 mit Hilfe eines Indizes dargestellt ist. Um die

auch deren langfristige (dreißigjährige) Durchschnitte (LTAS) sowie entsprechende Portfolio-Gewichte benötigt (vgl. EIOPA (2022c)).

#### Immobilien

**Abbildung 20** · Entwicklung eines Wohnimmobilien-Indexes für Deutschland in den NGFS-Szenarien Baseline, Delayed Transition und Current Policies bis 2050 (Einheit: Index 2015=100, Modell: NiGEM NGFS v1.22, IAM: Mittelwert der drei Integrated Assessment Models)



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Daten aus dem [NGFS Phase 3 Scenario Explorer](#)

Entwicklung auf Gewerbeimmobilien übertragen zu können, müssten ggf. zusätzliche Annahmen getroffen werden.

Im Baseline-Szenario ist nach einem anfänglichen Rückgang der (Wohn-) Immobilienpreise von 2022 bis 2025 anschließend ein kontinuierlicher Anstieg zu beobachten, der sich in den 2040er Jahren noch etwas beschleunigt.

Im Current-Policies-Szenario beginnt die Entwicklung in den 2040ern leicht hinter derjenigen des Baseline-Szenarios zurückzubleiben. Ab dann scheinen sich negative Effekte des Klimawandels so stark auf den Wert mancher Immobilien auszuwirken, dass es sich in Bezug auf den Gesamtmarkt bemerkbar macht. Dies könnte z. B. mit unzureichenden baulichen Anpassungsmaßnahmen an Wetterextreme, an insgesamt zu groß werdenden Risiken in besonders überschwemmungsgefährdeten Lagen oder auch an weniger attraktiv werdenden innerstädtischen Lagen, bei denen der Hitzestress zu groß wird, zusammenhängen.

Im Delayed-Transition-Szenario sinken nach dem Beginn der Transition die Immobilienpreise 2031 und 2032 leicht, bevor dann aber ein etwas schnellerer Anstieg folgt. Gegen Ende der 2040er Jahre überschreiten die Preise sogar ganz allmählich das Niveau aus dem Baseline-Szenario. Der Grund für die Entwicklung dürfte sein, dass die plötzlich eingeleitete Transition zuvor nicht beabsichtigte Investitionen (Dämmung, Heizung, Photovoltaik, evtl. auch Anpassungsmaßnahmen wie Fassaden- oder Dachbegrünung) in noch nicht klimafreundliche Bestandsimmobilien erforderlich macht, was vorübergehend deren Preis drückt. Angesichts der hohen CO<sub>2</sub>-Preise dürfte sich langfristig dann ein Großteil dieser Investitionen auszahlen und die Immobilienwerte steigern.

Insgesamt scheint bei dem verwendeten Modell die Wertentwicklung von Wohnimmobilien nicht allzu sehr von Klimaaspekten abzuhängen. Abhängig von Lage und Energieeffizienz der Immobilie könnten aber merkliche Unterschiede in der Wertentwicklung auftreten.<sup>109</sup>

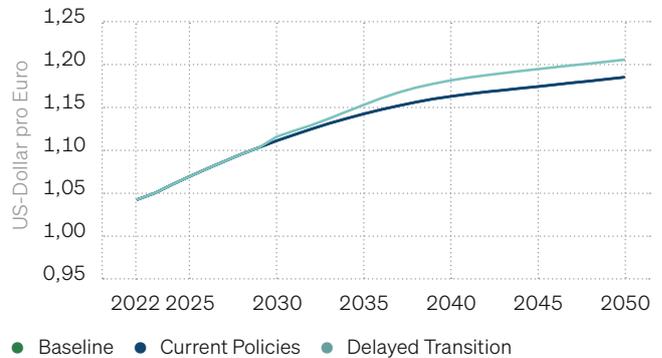
#### 4.6.6 Wechselkurse

Die NGFS-Szenarien enthalten Daten zu Wechselkursen aus dem zugrunde liegenden NiGEM-Modell in der Variablen „NiGEM|Exchange rate“. Die Daten stehen

<sup>109</sup> Vgl. ter Steege und Vogel (2021).

#### Wechselkurs zum Dollar

**Abbildung 21** · Entwicklung des Wechselkurses EUR-USD in den NGFS-Szenarien Baseline, Current Policies und Delayed Transition bis 2050 (Einheit: US-Dollar pro Euro, Modell: NiGEM NGFS v1.22, IAM: Mittelwert der drei Integrated Assessment Models)



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Daten aus dem [NGFS Phase 3 Szenario Explorer](#)

auf Länderebene bis 2050 für Europa sowie wichtige Märkte außerhalb Europas vor. Die Variable beschreibt den Wechselkurs als Preis der inländischen Währung ausgedrückt in US-Dollar (Mengennotierung).

Abbildung 21 zeigt beispielhaft die Entwicklung des Euro-Wechselkurses zum US-Dollar für die drei NGFS-Szenarien Baseline, Current Policies und Delayed Transition.

Der Außenwert des Euros gegenüber dem Dollar steigt im Baseline- und im Current-Policies-Szenario gleichermaßen im Zeitverlauf langsam an. Effekte des Klimawandels zeigen sich nicht. Im Delayed-Transition-Szenario führt dagegen in den 2030er Jahren die Transformation allmählich zu einem etwas höheren Wert des Euro.

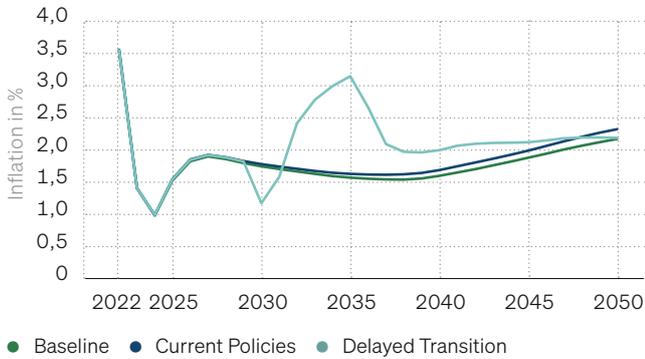
#### 4.6.7 Inflation

Die Inflation steht im engen Zusammenhang mit der Zinsentwicklung und hilft, die entsprechenden Modellergebnisse besser zu verstehen. Darüber hinaus können die Daten zur Inflation als Hilfsgröße außerhalb des Kapitalanlagebereichs herangezogen werden, z. B. zur Ableitung von Stornowahrscheinlichkeiten in der Lebens- und Krankenversicherung.

Über den NGFS Scenario Explorer sind unter der Variablen „NiGEM|Inflation rate“ Inflationsdaten für alle wichtigen Märkte wie Europa, Nordamerika oder Asien bis 2050 verfügbar und liegen auch auf

## Inflation

**Abbildung 22** · Entwicklung der Inflationsrate in Deutschland in den NGFS-Szenarien Baseline, Delayed Transition und Current Policies bis 2050 (Einheit: Prozent, Modell: NiGEM NGFS v1.22, IAM: Mittelwert der drei Integrated Assessment Models)



Quelle: Darstellung basierend auf Daten aus dem [NGFS Phase 3 Scenario Explorer](#)

Einzelländerebene vor. Abbildung 22 zeigt die Inflationsentwicklung in Deutschland für das Baseline-, Current-Policies- und Delayed-Transition-Szenario.

Ähnlich wie beim Zins, zeigt sich auch bei der Inflation eine besonders große Diskrepanz zur Realität in den Jahren 2022 und 2023.<sup>110</sup> So fällt die Inflation im Baseline-Szenario von nur 3,6 % 2022 über 1,4 % auf 1,0 % im Jahr 2024 zurück, bevor sie sich wieder dem Zielwert der EZB nahe 2 % annähert und dauerhaft zwischen 1,6 % und 2,2 % bleibt. Im Current-Policies-Szenario beginnt die Inflation ganz allmählich, geringfügig höher zu sein. Der Unterschied beträgt aber selbst Ende der 2040er Jahre kaum mehr als 0,1 Prozentpunkte.

Im Delayed-Transition-Szenario kommt es dagegen zu deutlichen Reaktionen auf die Transition. Nach deren Beginn fällt die Inflation 2030 zunächst um 65 Basispunkte, bevor sie in den Folgejahren bis 2035 um insgesamt 2 Prozentpunkte bis auf über 3 % ansteigt. 2036 und 2037 geht sie dann deutlich zurück und bewegt sich anschließend dauerhaft bei oder knapp über 2 %, was lange Zeit höher als in den anderen beiden Szenarien ist. Der anfängliche Rückgang der Inflation im Jahr 2030 dürfte dabei eine Folge des spürbaren Abbremsens der Wirtschaft sein. In den folgenden Jahren dürften Angebotsknappheiten bei der Transformation dienenden Investitionen die Inflation anfachen. Der Inflationsanstieg wird zudem durch die anfangs gelockerte Geldpolitik begünstigt.<sup>111</sup> Nachdem die Leitzinsen zunehmend erhöht wurden, ist 2036 der Inflationsanstieg beendet. Die Zinserhöhungen werden dennoch fortgesetzt, gehen ab diesem Zeitpunkt aber etwas verlangsamt vorstatten.

<sup>110</sup> Siehe dazu Abschnitt 4.2.1.

<sup>111</sup> Siehe dazu Abschnitt 4.6.3.

## 4.6.8 Arbeitslosigkeit

Arbeitslosigkeit dient im Zusammenhang des ORSA vermutlich am ehesten als Hilfsgröße zur Bestimmung und Plausibilisierung anderer Risiken, wie beispielsweise des Stornorisikos in der Lebens- und Krankenversicherung. Für die Projektion der Kapitalanlage ist sie vernachlässigbar.

Über den NGFS Scenario Explorer sind unter der Variablen „NiGEM|Unemployment rate“ Daten zur Arbeitslosigkeit bis zum Jahr 2050 verfügbar. Abbildung 23 zeigt die Werte für Deutschland. Es stehen auch Daten für Europa zur Verfügung, nicht aber für Asien oder die gesamte Welt.

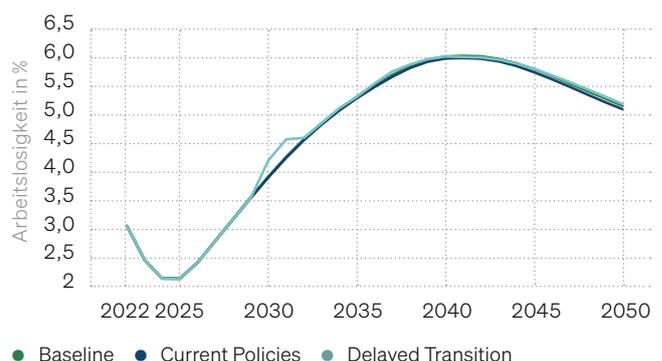
Im Baseline-Szenario<sup>112</sup> steigt die Arbeitslosigkeit ab Mitte der 2020er Jahre bis etwa 2040 deutlich an, bevor sie langsam wieder zurückgeht.<sup>113</sup> Der Verlauf im Current-Policies-Szenario ist nahezu identisch. Im Delayed-Transition-Szenario führt die plötzlich einsetzende Transformation der Wirtschaft zu einem leichten zusätzlichen Anstieg der Arbeitslosigkeit in den Jahren 2030 und 2031. Schon ab 2023 ist aber kein Unterschied zu den anderen Szenarien mehr feststellbar.

<sup>112</sup> Im Fall der Arbeitslosigkeit weichen die projizierten Daten nach MESSAGEix-GLOBIOM auch schon im Baseline-Szenario deutlich von den anderen beiden Modellen ab. Was der Grund dafür sein könnte, ist für uns nicht nachvollziehbar.

<sup>113</sup> Angesichts der demografischen Entwicklung erscheint der Anstieg nicht unbedingt plausibel.

## Arbeitslosigkeit

**Abbildung 23** · Entwicklung der Arbeitslosigkeit in Deutschland in den NGFS-Szenarien Baseline, Delayed Transition und Current Policies bis 2050 (Einheit: Prozent, Modell: NiGEM NGFS v1.22, IAM: Mittelwert der drei Integrated Assessment Models)



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Daten aus dem [NGFS Phase 3 Scenario Explorer](#)

## 5. Auswirkungen auf die Personenversicherung

Der Klimawandel verändert unweigerlich die Lebensbedingungen der Menschen und kann sich somit auf deren Gesundheit auswirken. Daher ist auch die Personenversicherung grundsätzlich vom Klimawandel betroffen. Neben klimabedingten Risiken für Leben und Gesundheit können – vor allem im Zuge der Transition – auch Storno- und Kostenrisiken auftreten.

### 5.1 Generelle Betroffenheit

Auf die Versicherungstechnik der Lebens- und Krankenversicherer in Deutschland kann sich der Klimawandel z. B. durch folgende Punkte, die die **Gesundheit und Lebenserwartung** der Versicherten beeinflussen können, auswirken (teilweise auf ganz Europa übertragbar):<sup>114</sup>

- Häufigere, länger andauernde und mit höheren Temperaturen verbundene Hitzewellen (in der Folge lagen beispielsweise im Juli 2022 in Deutschland die Sterbezahlen 12 % über dem Durchschnitt der Vorjahre)<sup>115</sup>
- Zunahme der Häufigkeit und Stärke von anderen gefährlichen Extrem-Wetterereignissen
- Rückgang von Kältephasen
- Erhöhte UV-Strahlung
- Durch die Erwärmung begünstigte Ausbreitung von Infektionskrankheiten (z. B. Borreliose, Vogelgrippe, Meningitis, Dengue-Fieber und tropische bakterielle und virale Infektionen)
- Rückgang der Luftverschmutzung als Nebeneffekt der Dekarbonisierung
- Änderungen der Ernährung (insbesondere weniger Fleischkonsum) aufgrund geänderter Präferenzen oder Änderungen in der Landwirtschaft im Zusammenhang mit der Eindämmung des Klimawandels

Neben direkten Auswirkungen auf die Gesundheit der Versicherten sind – vor allem ausgelöst durch die veränderte ökonomische Entwicklung im Zusammenhang

mit der Bekämpfung des Klimawandels – via Neugeschäft und Storno auch indirekte Auswirkungen auf die künftigen Zahlungsströme möglich. Insofern können neben akuten und chronischen physischen Risiken auch **Transitionsrisiken** für die Personenversicherung eine Rolle spielen. Sich ändernde gesamtwirtschaftliche Rahmenbedingungen können sich potenziell auf das Verhalten aller Versicherungsnehmer auswirken. Beschäftigte in besonders durch die wirtschaftliche Transformation betroffenen Unternehmen könnten dabei deutlich überdurchschnittliche wirtschaftliche Nachteile bis hin zu Arbeitslosigkeit erleiden. Verträge zur betrieblichen Altersversorgung der dort Beschäftigten könnten daher im Hinblick auf Transitionsrisiken ein Klumpenrisiko darstellen.

Aufgrund der Diskontierung künftiger Zahlungen hängt die Bewertung versicherungstechnischer Rückstellungen in der Lebensversicherung zudem stark von der **Zinsentwicklung** ab. Auch für die Höhe der erwarteten Zahlungen spielt bei den in Deutschland üblichen Verträgen mit Überschussbeteiligung die Kapitalmarktentwicklung eine Rolle. Dabei geht es ebenfalls primär um die Zinsentwicklung. Dazu wird auf Kapitel 4 verwiesen.

Niederschlagen können sich die Auswirkungen des Klimawandels und seiner Bekämpfung (abgesehen von der Zinsthematik) letztlich in Realisierungen der üblichen versicherungstechnischen Risiken:

- Sterblichkeitsrisiko
- Langlebigkeitsrisiko
- Invaliditätsrisiko (LV: BU, Pflege, Erwerbsunfähigkeit, Dread Disease etc.)
- Morbiditätsrisiko (KV)
- Stornorisiko
- Kostenrisiko

Zu prüfen ist allerdings, ob mögliche Auswirkungen auf die Versicherungstechnik der Personenversicherung auch **materiell** wären und überhaupt sinnvoll zu quantifizieren sind. Dazu kann zunächst qualitativ analysiert werden, welche Risiken für den eigenen

<sup>114</sup> Vgl. z. B. Umweltbundesamt (2021), Kapitel 4.

<sup>115</sup> Vgl. Statistisches Bundesamt (2022).

Versicherungsbestand relevant sind und was für Auswirkungen sie haben könnten. Je nach Ergebnis können quantitative Analysen folgen. In diesem Fall müssten in den Projektionen zur Bestimmung des Best Estimates der vt. Rückstellungen in einem Klimaszenario (wie Delayed Transition oder Current Policies) die biometrischen Annahmen / Rechnungsgrundlagen 2. Ordnung um Klimaszenario-bedingte Effekte angepasst werden.

Falls bestimmt werden soll, wie hoch in diesem Szenario (und zu diesem Zeitpunkt) das **SCR** wäre, sind auf die bereits für die Klimateffekte angepassten biometrischen Rechnungsgrundlagen/Annahmen dann zusätzlich die üblichen (Standardformel-) Stresse anzuwenden.

Insbesondere für die langfristigen Untersuchungen wäre grundsätzlich auch eine Anpassung der Standardformel-Stresse an die – in dem jeweiligen Klimaszenario geltenden – geänderten Verhältnisse denkbar. Allerdings ist zu beachten, dass die Unsicherheit der Analyse weiter zunimmt, wenn nicht nur zentrale (Best-Estimate-), sondern weit außen in der Verteilung liegende (99,5-Perzentil-) Werte künftiger Sterblichkeiten o. ä. bestimmt werden müssen. Selbst wenn stochastische Verfahren entsprechende Werte liefern sollten, besteht darüber hinaus noch das Problem, dass Veränderungen der Risiken sich nicht eins-zu-eins in Änderungen der Regulatorik übersetzen lassen. Zu welchem Zeitpunkt, in welchem Maße und ob überhaupt Risikofaktoren der Standardformel künftig angepasst werden, hängt von politischen Prozessen ab und lässt sich nicht rein auf Grundlage von Daten zu den Risiken vorhersagen. Eine Anpassung der Standardformel-Stresse innerhalb der Rechnungen kann daher im Allgemeinen nicht erwartet werden.

Im Folgenden werden die relevanten Auswirkungen des Klimawandels auf die Versicherungstechnik der Personenversicherer beschrieben.

## 5.2 Risiken für Leben und Gesundheit

Dieser Abschnitt, in dem es um Risiken für Leben und Gesundheit geht, ist nicht nach den klassischen Risikokategorien, sondern nach Einflussfaktoren wie Temperatur oder Luftverschmutzung gegliedert. Der Grund dafür ist, dass die Risiken Sterblichkeit/Langlebigkeit, Invalidität und Morbidität grundsätzlich alle von den jeweiligen Einflussfaktoren betroffen sein können.

### 5.2.1 Temperatur

Innerhalb gewisser Grenzen kann sich der menschliche Organismus relativ gut an unterschiedliche Temperaturverhältnisse, wie sie in den verschiedenen gegenwärtigen Klimazonen der Erde herrschen, anpassen. Mit dem voranschreitenden Klimawandel könnten in manchen, ohnehin schon heißen Teilen der Erde diese Grenzen jedoch während Hitzeperioden überschritten werden.<sup>116</sup>

Abgesehen von diesen extremen Situationen wirken vor allem kurzfristige, ungewohnte Veränderungen belastend auf den Organismus. In Mitteleuropa ist weniger der Anstieg der Durchschnittstemperatur, sondern in erster Linie ein Rückgang von Kältewellen und eine Zunahme der Häufigkeit und des Ausmaßes von Hitzeperioden unmittelbar gesundheitsrelevant. Sowohl akuter Kälte- als auch akuter Hitzestress wirken sich auf die Sterblichkeit aus. Bei Hitzeperioden führt dabei neben der Höhe der Temperaturen vor allem auch die Dauer zu einem Anstieg der Todesfälle. Wenn dem Temperaturstress in erster Linie ältere und geschwächte Menschen zum Opfer fallen, kann eine erhöhte Sterblichkeit für die Versicherungen zugleich zu einem Rückgang von Krankheitskosten führen.

Mit Hitze als einer Hauptbedrohung der menschlichen Gesundheit in Europa beschäftigt sich ein aktueller Bericht der Europäischen Umweltagentur.<sup>117</sup> Daraus ist Abbildung 24 entnommen, die die regionale Verteilung der Zunahme der mit Hitze im Zusammenhang stehenden Sterblichkeit in Europa in den letzten zwanzig Jahren zeigt. Tatsächlich dürften sich die Effekte auf lokaler Ebene noch sehr viel stärker unterscheiden, da sich insbesondere dichtbebaute Innenstädte stärker aufheizen und vor allem nachts weit weniger abkühlen als ihre Umgebung.

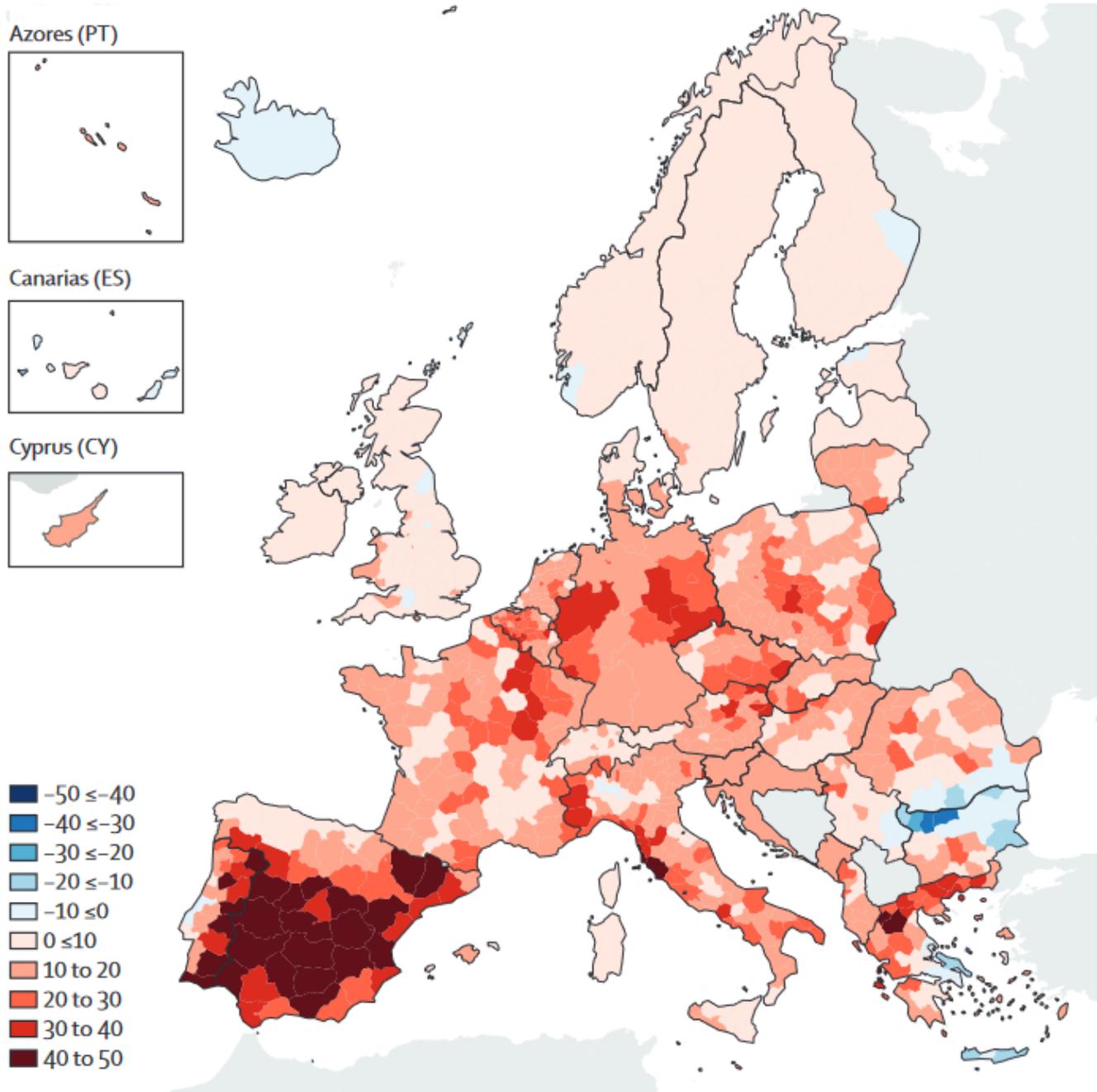
Eine Analyse der in der Zukunft zu erwartenden weiteren Auswirkungen des Klimawandels auf die Sterblichkeiten in Hitze- oder Kältewellen findet sich in Gasparrini et al. (2017). Es zeigt sich, dass in allen Erderwärmungsszenarien erwartungsgemäß die durch Kältewellen verursachten Übersterblichkeiten abnehmen, die weltweit bislang deutlich stärker als hitzebedingte Übersterblichkeiten ins Gewicht fielen. Umgekehrt nehmen die durch Hitzeperioden verursachten

<sup>116</sup> Auf diese drohende Entwicklung in anderen Teilen der Welt wird hier nicht weiter eingegangen, da sie in der Regel nicht unmittelbar mit dem ORSA der deutschen Versicherungsunternehmen zu tun hat. Diese thematische Fokussierung soll aber keinesfalls über das damit verbundene menschliche Leid hinwegtäuschen.

<sup>117</sup> Vgl. EEA (2022), S. 16–34.

## Regionale Verteilung hitzebedingter Übersterblichkeit

**Abbildung 24** · Regionale Verteilung der Zunahme hitzebedingter Sterblichkeit in Europa von 2000 bis 2020, ausgedrückt als Veränderung der jährlichen Todesfälle pro 1 Million Einwohner pro Jahrzehnt



Quelle: Van Daalen et al. (2022)

Übersterblichkeiten zu, je nach Szenario und Region auch sehr deutlich.

Im Rahmen des ORSA sollte daher untersucht werden, inwiefern der Versicherungsbestand des Unternehmens gegenüber Übersterblichkeiten aus Hitze und/oder Kältewellen exponiert ist. In der Lebensversicherung sind vom Grundsatz her gegenläufige Effekte zu

erwarten: Während sich bei Rentenversicherungen durch höhere Sterblichkeiten finanzielle Entlastungen für das Versicherungsunternehmen ergeben (Altersschwerpunkt 65+), kommt es bei der Todesfallversicherung zu Belastungen (Schwerpunkt vor allem im Altersbereich 20 bis 60, vom Grundsatz auch Verträge mit Sterbegeldversicherungen im Altersbereich 65+). Welcher Effekt überwiegt, ist unternehmensspezifisch

und kann z. B. bei Monolinern durchaus relevant sein, während bei einem stark diversifizierten Bestand auch die Annahme, dass sich im Saldo keine relevanten Auswirkungen ergeben, angemessen sein kann.

Einen möglichen Ansatz zur Quantifizierung liefert die aus Gasparrini et al. (2017) entnommene Abbildung 25. Sie zeigt die hitze- und kältebedingte Übersterblichkeit nach Dekaden in neun Regionen und unter drei IPCC-Klimawandelszenarien (RCP 2.6, RCP 4.5 und RCP 8.5). Die Schätzungen sind als durchschnittliche dekadische Anteile des General-Circulation-Model-Ensembles angegeben. Die schattierten Bereiche stellen 95% der empirischen Konfidenzintervalle dar. Das IPCC-Szenario RCP 2.6 kann dabei näherungsweise für das Delayed-Transition-Szenario herangezogen werden. Das Current-Policies-Szenario entspricht dem hier nicht dargestellten IPCC-Szenario RCP 6.0, eine Mittelung zwischen RCP 4.5 und RCP 8.5 sollte aber eine gute Näherung darstellen, bei der sich für Mitteleuropa ein kontinuierlicher Anstieg auf langfristig ca. 5 % Übersterblichkeit bei Hitzewellen ergibt.

### 5.2.2 Luftverschmutzung

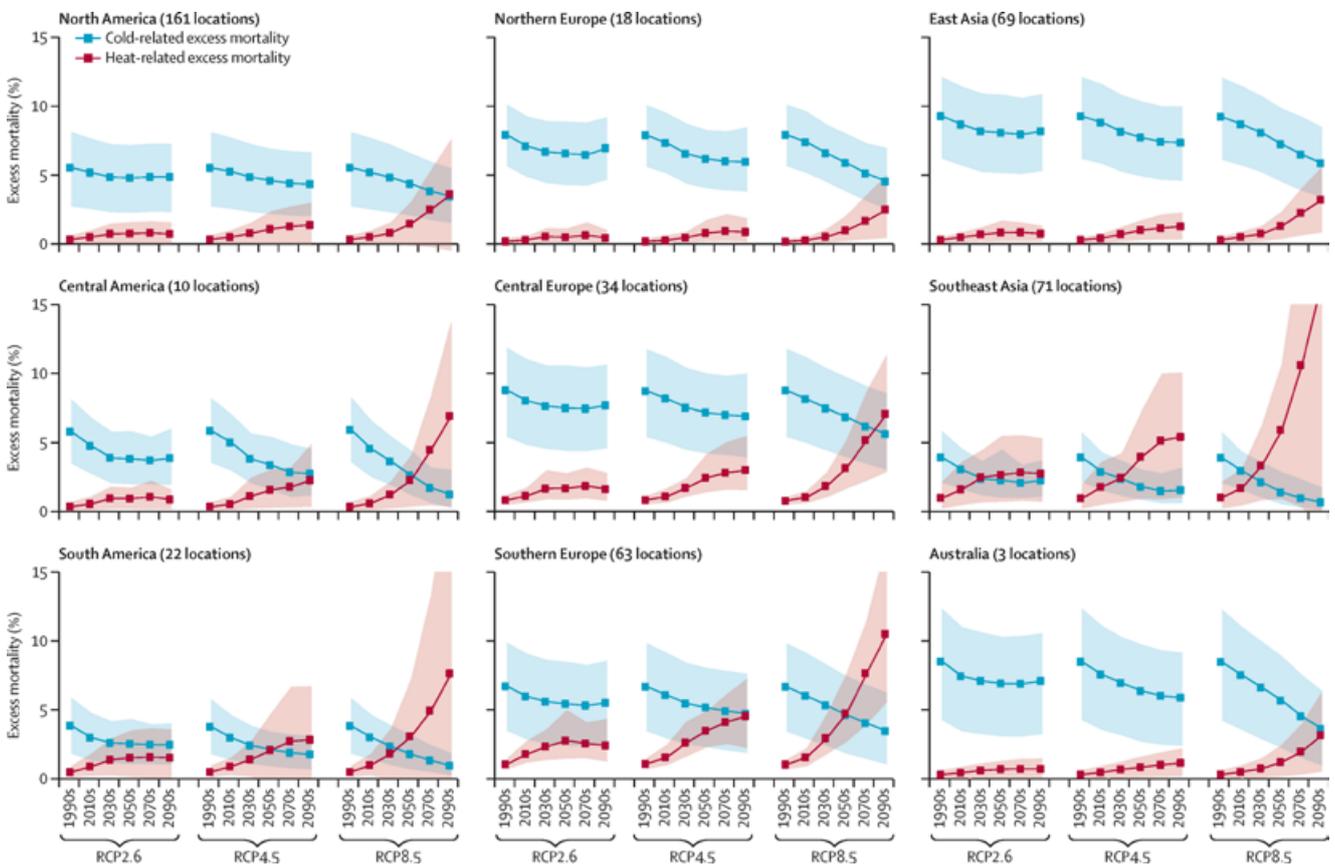
In den vergangenen Jahrzehnten hat sich die Luftqualität in Deutschland und Europa im Hinblick auf die meisten Schadstoffe stark verbessert. Zumindest die Zeiten deutlich erhöhter Krankenstände und Sterblichkeit in winterlichen Smog-Phasen sind hierzulande vorbei. Heutzutage stellen vor allem Belastungen mit Feinstaub, daneben teilweise auch noch mit Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und bodennahem Ozon (O<sub>3</sub>), ein Gesundheitsrisiko dar.<sup>118</sup> Hohe und/oder dauerhafte Schadstoffexpositionen können vor allem zu Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen führen und erhöhen nach wie vor die Sterblichkeit spürbar.

Weltweit wird der durch Luftverschmutzung verursachte Verlust an Lebensjahren im Schnitt auf fast drei Jahre pro Person geschätzt und übersteigt damit sogar

<sup>118</sup> Für einen ersten Überblick zu Luftschadstoffen in Deutschland siehe [Umweltbundesamt](http://www.umweltbundesamt.de).

### Hitze- und kältebedingte Übersterblichkeit

Abbildung 25 · Entwicklung der hitze- und kältebedingten Übersterblichkeit in verschiedenen Regionen und IPCC-Szenarien



Quelle: Gasparrini et al. (2017), S. E365

die Folgen des Tabakrauchens.<sup>119</sup> Für Europa lautet die Schätzung 2,2 Jahre, davon 1,7 Jahre durch vermeidbare, von Menschen verursachte Quellen. Das entspricht fast 800.000 bzw. gut 600.000 vorzeitigen Todesfällen in Europa pro Jahr.

Sollte es als Nebeneffekt von Maßnahmen zur Begrenzung der Erderwärmung zu einem Rückgang der Luftverschmutzung kommen, sind dementsprechend spürbare Einflüsse auf die Sterblichkeit bzw. Invalidität/Morbidität denkbar. In den Versicherungsunternehmen könnten sich Rückgänge der durch Luftverschmutzung verursachten Krankheiten positiv auf die versicherungstechnischen Ergebnisse auswirken. Rückgänge der vorzeitigen Todesfälle könnten sich dagegen in Renten- und Todesfallversicherungen unterschiedlich auswirken.

Im Hinblick auf mögliche Quantifizierungen wird exemplarisch auf die aus Silva et al. (2016) entnommene Abbildung 26 verwiesen.<sup>120</sup> Die Grafik zeigt die ozonbedingte Sterblichkeit in den Jahren 2030, 2050 und 2100

für zehn Regionen und unter vier IPCC-Klimawandel-szenarien (RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 und RCP 8.5) im Vergleich zum Niveau im Jahr 2000.<sup>121</sup> Die globale prognostizierte Veränderung der ozonbedingten Sterblichkeit wird maßgeblich durch Entwicklungen in Indien und Ostasien beeinflusst, wohingegen die Auswirkungen in Europa und anderen Regionen eher gering ausfallen. Darüber hinaus sind die aktuell in der Literatur verfügbaren Schätzungen grundsätzlich mit einer hohen Unsicherheit behaftet. Zieht man beispielsweise die Schätzunsicherheit (in Form von Konfidenzintervallen) für die dargestellten Werte des RCP-8.5-Szenarios heran, so kann für Europa nicht ausgeschlossen werden, dass die prognostizierte Sterblichkeit mit derjenigen des Basisszenarios übereinstimmt.

In Bezug auf Feinstaub sind Effekte, die durch Maßnahmen zur Eindämmung des Klimawandels verursacht werden, noch schwieriger einzuschätzen. Der Grund dafür ist, dass Feinstaub aus vielen verschiedenen Quellen (Landwirtschaft, Schüttgutumschlag, Industrie, Straßenverkehr, Energie, Holverfeuerung)

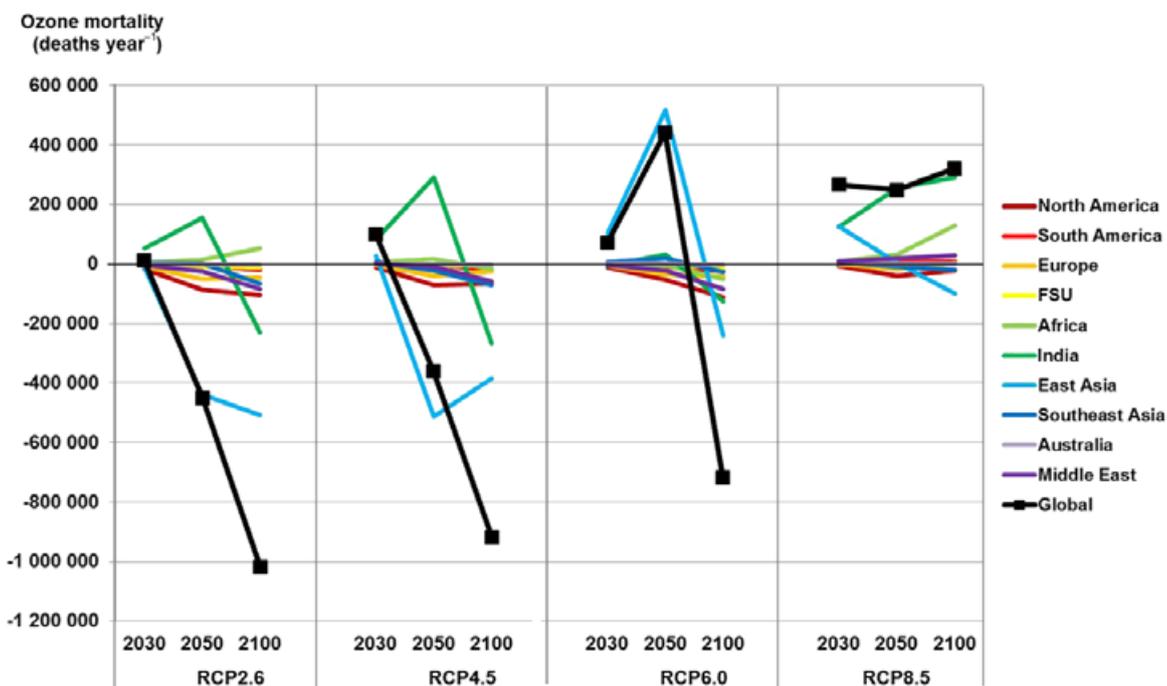
<sup>119</sup> Dies gilt bezogen auf alle Menschen (Raucher und Nicht-raucher zusammen). Vgl. Lelieveld et al. (2020).

<sup>120</sup> Siehe auch von Schneidmesser et al. (2020) für einen Überblick über den aktuellen Stand der Literatur.

<sup>121</sup> Das IPCC-Szenario RCP 2.6 kann dabei für das Delayed-Transition-Szenario herangezogen werden, das Current-Policies-Szenario entspricht dem IPCC-Szenario RCP 6.0, vgl. Abschnitt 2.2.1.

### Schadstoffbedingte Übersterblichkeit am Beispiel Ozon

Abbildung 26 · Entwicklung der durch die Ozonbelastung bedingten Übersterblichkeit als Beispiel für die durch unterschiedliche Luftschadstoffe verursachte Übersterblichkeit in verschiedenen Regionen und IPCC-Szenarien



Quelle: Silva et al. (2016), S. 9853

stammt, deren Emissionen im Zuge der Dekarbonisierung nur zum Teil zurück gehen sollten.<sup>122</sup>

### 5.2.3 Weitere potenzielle Gesundheitsgefahren

Über die in den beiden vorangegangenen Abschnitten 5.2.1 und 5.2.2 dargestellten, zumindest ansatzweise quantitativen Analysen hinaus ist unternehmensindividuell eine qualitative Berücksichtigung weiterer Aspekte denkbar.

#### Erhöhte Exposition gegenüber UV-Strahlung

Der Klimawandel kann – auch in Deutschland – dazu führen, dass die UV-Strahlungsbelastung steigt. Zu den Ursachen gehören Einflüsse der Treibhausgase auf die stratosphärische Ozonschicht und eine zurückgehende Bewölkung. Hinzu können menschliche Verhaltensänderungen mit mehr Aufhalten im Freien aufgrund höherer Temperaturen kommen.<sup>123</sup> In der Folge steigt das Risiko von Haut- und Augenkrebs.

Dies könnte sich grundsätzlich vor allem auf Invalidisierungen (Berufsunfähigkeitsversicherungen) und Krankheitskosten (Morbidität) auswirken, wobei in erster Linie im Freien ausgeübte Berufe betroffen sein sollten.<sup>124</sup>

#### Ausbreitung von Infektionskrankheiten

Die Ausbreitung neuartiger Infektionskrankheiten kann vor allem für die Krankheitskostenentwicklung (Morbidität), unter Umständen aber auch für die Sterblichkeit relevant werden. Die Temperaturveränderungen sorgen dafür, dass Krankheitserreger in neue Gebiete vordringen und entsprechende Risiken für die dort lebenden Menschen mit sich bringen. Die Veränderungen bei Niederschlägen, Wind und Wärme können darüber hinaus auch die Bedrohungen durch andere (nicht durch neue Erreger übertragene) Krankheiten verändern.

Der Klimawandel ermöglicht Arten, die unter historischen und aktuellen Bedingungen keine überlebensfähigen Populationen aufbauen konnten, nun eventuell die Etablierung außerhalb ihres bisherigen Verbreitungsgebietes. Handelt es sich um Insekten, welche auch für den Menschen problematische Pathogene (Viren, Bakterien, Parasiten) in sich lebensfähig halten und entsprechend beispielsweise durch Stiche übertragen können, dann erwächst mit deren Ausbreitung

auch ein Gesundheitsproblem.<sup>125</sup> Allerdings können hohe Temperaturen unter Umständen auch zu einer Begrenzung von Pathogenen führen.

Die Wahrscheinlichkeit, dass sich verschiedene Krankheiten stärker verbreiten, nimmt nach dem Lancet-Countdown-Bericht<sup>126</sup> zum Einfluss des Klimawandels auf die Gesundheit durch den Klimawandel zu. So werden auch in Europa Ausbrüche von Dengue- oder Zika-Fieber wahrscheinlicher. Im Norden Europas und in den USA siedeln sich den Studien zufolge zudem mehr Bakterien an, die unter anderem zu Wundinfektionen führen können.

Ausführliche Darstellungen zur wachsenden Bedrohung durch klimasensitive Infektionskrankheiten in Europa sind in dem bereits in Abschnitt 5.2.1 angesprochenen Bericht der Europäischen Umweltagentur zu finden.<sup>127</sup>

#### Verlängerung der Vegetationsperiode und Ausbreitung von Neophyten

Durch die Ausbreitung von Neophyten und eine Verlängerung der Vegetationsperiode können sich Auswirkungen auf die Krankheitskostenentwicklung (Morbidität) ergeben, z. B. durch eine stärkere und längere Exposition gegenüber Allergenen auf Allergien oder zunehmende chronische Atemwegserkrankungen (Asthma). Bei vor allem im Freien ausgeübten Berufen könnte dies auch die Invalidisierungen beeinflussen.

#### Menschliche Faktoren

Im Zusammenhang des Klimawandels ist auch eine Zunahme **psychischer Erkrankungen** denkbar. Ursachen können sowohl in individuellen Folgen der wirtschaftlichen Entwicklung als auch in der Erkenntnis des Klimawandels und des Umgangs damit liegen. Darüber hinaus kann es während Hitzewellen zu vermehrten akuten psychischen Problemen bis hin zum Suizid kommen.<sup>128</sup>

Andererseits kann es auch zu gesundheitsförderlichen Änderungen kommen. Neben dem bereits thematisierten Rückgang der Luftverschmutzung könnten sich vor allem Verhaltensänderungen, die der Eindämmung des Klimawandels dienen, zugleich auch positiv auf die Gesundheit auswirken. Dazu gehören vor allem eine gesündere **Ernährung** mit einem geringeren Fleischkonsum sowie eine höhere **körperliche Aktivität**, wenn

<sup>122</sup> Zu den unterschiedlichen Feinstaubquellen siehe z. B. [Umweltbundesamt](#).

<sup>123</sup> Siehe dazu z. B. [Bundesamt für Strahlenschutz](#).

<sup>124</sup> Vgl. GERICs Climate Service Center Germany (2020).

<sup>125</sup> Krankheiten können außer von Insekten auch durch Vögel oder Säugetiere übertragen werden.

<sup>126</sup> Vgl. Romanello et al. (2021) sowie Sustainable Insurance Forum (2021).

<sup>127</sup> Siehe EEA (2022), S. 36–52.

<sup>128</sup> Vgl. Thompson et al. (2018).

mehr Wege mit dem Fahrrad oder zu Fuß zurückgelegt werden.

Für die Kalkulation der gesamten Versicherungstechnik kann auch klimabedingte **Migration** prinzipiell relevant werden.<sup>129</sup> Auch wenn der Effekt aufgrund der Komplexität und Vielschichtigkeit von Migrationsprozessen schwer zu messen ist, gehört der Klimawandel zu den wesentlichen Faktoren, die Migrationsbewegungen in Gang setzen können. Massenhafte Migration kann in den Ziel- und Herkunftsgebieten wiederum eine Veränderung der gesellschaftlichen Strukturen auslösen, die die Unsicherheit der Kalkulationsgrundlagen erhöhen könnte.

**Insgesamt** sind eine Vielzahl von – teilweise gegenläufigen – klimabezogenen Effekten auf die Gesundheit denkbar, die sich aber mit heutigem Wissen nicht sinnvoll quantifizieren lassen, sondern lediglich die Unsicherheit der künftigen Entwicklung erhöhen. Zumindest im Delayed-Transition-Szenario mit einer geringeren Erderwärmung dürfte daher in der Regel keine Anpassung bei Invalidisierungen und Krankheitskosten erforderlich sein. Auch bei einem stärkeren Temperaturanstieg im Current-Policies-Szenario erscheint eine Anpassung nicht zwingend notwendig, eine mögliche besondere Exponierung, z. B. bei vielen Versicherten mit Berufen im Freien, sollte jedoch überprüft werden.<sup>130</sup>

### 5.3 Stornorisiko

Stornowahrscheinlichkeiten sind Teil der nicht-biometrischen Rechnungsgrundlagen und haben einen erheblichen Einfluss auf die Zahlungsströme des Unternehmens.

#### Auswirkungen von Stornoänderungen

Das Storno eines Versicherungsvertrages, also die einseitige Beendigung des Vertrages durch den Kunden kann für das Versicherungsunternehmen einen finanziellen Verlust darstellen. Durch Storno entsteht dabei nicht nur ein Verlust zukünftiger Gewinnmöglichkeiten, sondern es findet auch ein Eingriff in den bestehenden Risikoausgleich im Versicherungskollektiv

statt, sei es durch eine entstehende Antiselektion oder durch eine Veränderung des generationenübergreifenden Ausgleichs von Risikokapital.<sup>131</sup> Je nach Vertragsbedingungen und Laufzeit kann das Storno eines Versicherungsvertrags durch den Versicherungsnehmer aber auch eine Chance für das Unternehmen darstellen. Ein Stornorisiko entsteht für ein Unternehmen dann, wenn durch ein geändertes Stornoverhalten im versicherten Kollektiv ein finanzieller Nachteil entsteht.

Eine Änderung des Stornoverhaltens betrifft in erster Linie kapitalbildende Lebensversicherungen. Für Berufsunfähigkeitsversicherungen ist durch die hier genannten Treiber kein Einfluss auf die Stornowahrscheinlichkeiten zu erwarten, da es für einen Kunden durch die erneute Gesundheitsprüfung schwierig ist, zu einem späteren Zeitpunkt erneut eine Berufsunfähigkeitsversicherung abzuschließen, und ein Storno daher insbesondere bei einer ungünstigen finanziellen Lage des Kunden wenig Vorteile bringt.

#### Auslöser von Stornoänderungen

In der Praxis ist zu beobachten, dass Versicherungsnehmer in ihrem Stornoverhalten nicht primär finanzrationalen Überlegungen im Sinne der Kapitalmarkttheorie folgen, sondern ihr Stornoverhalten in erster Linie mit der persönlichen Situation/dem persönlichen akuten Kapitalbedarf zusammenhängt.<sup>132</sup> Neben einschneidenden privaten Lebensereignissen, die sich im Versichertenkollektiv ausgleichen, hängt die erlebte wirtschaftliche Situation eines Versicherungsnehmers insbesondere auch mit seinen Einkommensverhältnissen zusammen und korreliert daher mit der Situation auf dem Arbeitsmarkt, beschrieben durch die aktuelle Arbeitslosenquote. Auch die gesamtwirtschaftliche Lage in Form des Bruttoinlandsprodukts kann die erlebte wirtschaftliche Situation eines Versicherungsnehmers beeinflussen, wenn sich durch eine Rezession Auftragslagen verschlechtern oder eine erhoffte Verbesserung der wirtschaftlichen Situation ausbleibt. Wie schon in Abschnitt 5.1 angesprochen, könnten daher Verträge zur betrieblichen Altersversorgung von Beschäftigten, die in besonders durch die Transformation betroffenen Unternehmen tätig sind und denen dementsprechend wirtschaftliche Nachteile drohen, im Hinblick auf Transitionsrisiken unter Umständen ein Klumpenrisiko darstellen.

Daneben können auch Naturkatastrophen zu akuten Kapitalbedarfen seitens der Versicherungsnehmer und somit zu einem Storno der Versicherungsverträge

<sup>129</sup> Steigende Temperaturen, ein steigender Meeresspiegel, veränderte Niederschlagsmuster, schmelzende Gletscher und auftauende Permafrostböden, zunehmende Extremwetterlagen und häufigere Naturkatastrophen (wie z. B. Überschwemmungen oder Waldbrände) können Lebensgrundlagen gefährden, (Ressourcen-) Konflikte verschärfen und die Heimat von Millionen Menschen zeitweise oder dauerhaft unbewohnbar machen.

<sup>130</sup> Auch Menschen mit chronischen Erkrankungen sowie Ältere, Schwangere, Säuglinge oder Kinder könnten unter Umständen stärker betroffen sein.

<sup>131</sup> Vgl. DAV (2022).

<sup>132</sup> Vgl. DAV (2019).

führen. Denkbar wäre hier eine Korrelation zu Überschwemmungsereignissen in Folge von Starkregen, siedlungsnahen Waldbränden oder extremen Stürmen. Da all diese Ereignisse jedoch regional eingegrenzt sind, sollte ein regional gut diversifizierter Bestand davon nur untergeordnet betroffen sein.

### Vorgehensweise und Einordnung

Unternehmen können ermitteln, ob ihre Bestände hinsichtlich der Stornowahrscheinlichkeiten mit historischen Zeitreihen zu Arbeitslosigkeit oder Bruttoinlandsprodukt (BIP) korrelieren. Wird eine Korrelation gefunden, so können die derzeit gültigen Best-Estimate-Annahmen anhand der von NGFS projizierten Treiber (wie Arbeitslosigkeit oder BIP)<sup>133</sup> fortgeschrieben werden. Im Rahmen eines vollständigen Szenarios können mit dieser Methode Vor- und Nachteile, die sich durch die Entwicklung des Stornoverhaltens ergeben, identifiziert werden.

In Folge der globalen Finanzkrise (BIP-Veränderung -5,7 % im Jahr 2009) kam es um 2010 herum zu einer gewissen Stornowelle in der Lebensversicherung, während im Zuge der ebenfalls mit einem deutlichen BIP-Rückgang verbundenen Covid-19-Pandemie (BIP-Veränderung -3,7 % im Jahr 2020) keine Stornowelle beobachtet werden konnte. Im Delayed-Transition-Szenario kommt es im Jahr 2031 lediglich zu einem Stagnieren des BIPs (kein Rückgang). Prinzipiell könnte der Schock der unerwartet beginnenden Transition dennoch einen Einfluss auf das Stornoverhalten haben, von einer ausgeprägten Stornowelle analog zur

Finanzkrise ist jedoch eher nicht auszugehen. Eine andere Frage wäre, bei welchen Verträgen und in welchen Situationen ein höheres Storno für das Versicherungsunternehmen überhaupt nachteilig oder evtl. auch vorteilhaft wäre.

### 5.4 Kostenrisiko

Das Kostenrisiko erfasst das Risiko eines Verlustes oder einer nachteiligen Veränderung der Verbindlichkeiten, das sich aus Veränderungen in der Höhe, im Trend oder in der Volatilität der bei den Verwaltungskosten von Versicherungsverträgen anfallenden Kosten ergibt. Dabei werden Schwankungen aller Kosten berücksichtigt, die zur Erfüllung von Versicherungsverträgen dienen.

In der SCR-Standardformel wird ein Anstieg der bei der Berechnung der versicherungstechnischen Rückstellungen berücksichtigten Kosten um 10 % und ein Anstieg der Kosteninflationsrate um 1 % p. a. angenommen.

Um die Auswirkungen der Klimawandelrisiken auf das Kostenrisiko abzuschätzen, könnte die Entwicklung der Inflationsraten gemäß NGFS-Szenarien herangezogen werden (siehe Abschnitt 4.6.7). Insbesondere beim Delayed-Transition-Szenario könnten Annahmen mit einer höheren Kosteninflation in den Jahren 2032–2036 in Frage kommen. Die Angemessenheit dieser Annahmen sollte aufgrund der unternehmensindividuellen Besonderheiten überprüft werden.

<sup>133</sup> Siehe dazu Abschnitt 4.6.8 bzw. Abschnitt 4.6.1.

## 6. Auswirkungen auf die Schaden-/Unfallversicherung

### 6.1 Ansätze zur Quantifizierung des Änderungsrisikos physischer Risiken

Die Klimamodelle liefern recht konkrete Aussagen über die Entwicklung der mittleren Temperatur. Etwas weniger konkret liegen Aussagen über weitere Klimaparameter vor, wobei sich die Aussagen zunächst überwiegend auf die Mittelwerte dieser Größen beziehen. Für die Risikoeinschätzung der Versicherung ist aber nicht nur die Entwicklung der Mittelwerte entscheidend, sondern insbesondere die Entwicklung der Wahrscheinlichkeitsverteilungen, mit ganz besonderem Blick auf den extremeren Teil der Verteilung („Tail“; im Kontext von Solvency II oft die 200-Jährlichkeit). Hierfür liegen deutlich weniger Aussagen vor. Überdies sind diese meist deutlich vager formuliert. Im Folgenden sollen Anregungen gegeben werden, wie aus den vorliegenden Aussagen über die Klimaparameter gewisse Aussagen über das Versicherungsrisiko abgeleitet werden können. Diese haben den Charakter reiner Modellrechnungen wie auch die Ansätze in den vorherigen Kapiteln.

Beispielsweise sind folgende Typen von Aussagen über Klimaparameter in der Literatur zu finden (siehe auch Abschnitt 6.2):

- Die Häufigkeit von xxx-Ereignissen nimmt wahrscheinlich zu.
- Die Häufigkeit von xxx-Ereignissen nimmt je Grad Erwärmung um  $a$  % zu.
- Die Häufigkeit von xxx-Ereignissen nimmt bis zu einer Schwere von  $y_1$  um  $x_1$  %, ab der Schwere von  $y_2$  um  $x_2$  % zu.
- Der Aufwand für xxx-Ereignisse nimmt im Mittel je Grad Erwärmung um  $a$  % zu.

Der Platzhalter xxx kann dabei beispielsweise für Sturm, Hagel oder Starkregen stehen.

Mit diesen Aussagen können folgende Ansätze verfolgt werden, um diese „versicherungstechnisch zu übersetzen“:

Das Risiko wird auch im ORSA üblicherweise durch eine kumulative Wahrscheinlichkeitsverteilung  $F(x)$  beschrieben. Die Variable  $x$  beschreibt den Schaden und die Funktion  $F$  die Wahrscheinlichkeit, den Schaden  $x$  nicht zu überschreiten. Meist betrachtet man den Jahresschaden  $x$  und betrachtet die Funktion  $F$  nur für so hohe  $x$ , dass  $F(x)$  schon „nahe bei 100 %“ liegt. Dann beschreibt  $100\% - F(x)$  die Wahrscheinlichkeit, den Jahresschaden  $x$  in einem Jahr zu übertreffen. Der Kehrwert ist die oft diskutierte „Wiederkehrperiode“ oder „Jährlichkeit“. Vielfach wird auch die Wahrscheinlichkeitsverteilung einzelner (Kumul-) Ereignisse betrachtet, die sich in Jahresgesamtschäden überleiten lässt.

- Man geht davon aus, dass sich alle Schadensereignisse homogen um einen festen Faktor  $a$  erhöhen. Das wäre eine Möglichkeit, eine entsprechende prognostizierte Erhöhung des Erwartungswertes abzubilden. Dann liegt es nahe, im Szenario statt dem Schaden  $x$  den entsprechend um den Faktor  $a$  vergrößerten Schaden  $a \cdot x$  zu betrachten: Dieser hat die gleiche Wahrscheinlichkeit, wie der Schaden  $x$  heute, also betrachte  $F(x/a)$  als Wahrscheinlichkeitsverteilung im Szenario ggü.  $F(x)$  in der aktuellen Risikoeinschätzung.

Dies ist insbesondere für die Berücksichtigung von Inflation, Wertezuwachs und Erhöhung der Bestände der richtige Ansatz. Er kann zur Berücksichtigung dieser Effekte mit anderen Ansätzen kombiniert werden.

- Man geht davon aus, dass sich (nur) die Häufigkeit der Ereignisse verändert. Dies ist in naheliegender Weise in den Risikoeinschätzungen umsetzbar:

- Verwendet man eine Kombination von (Kumul-) Schadenanzahl- und -höhenverteilungen, liegt es nahe, die gemäß Klimamodell angenommene

Erhöhung der erwarteten Anzahl in den Parametern der verwendeten Schadenanzahl-Verteilung umzusetzen.

- Verwendet man zur Modellierung des Jahresgesamtschadens eine Loss-Event-Tabelle, könnte man bei der Kalibrierung der Häufigkeit eine Anpassung in Höhe der vom Klimamodell erwarteten Erhöhung der erwarteten Anzahl umsetzen.
  - Verwendet man näherungsweise eine analytisch darstellbare Verteilungsfunktion zur Approximation der Jahresgesamtschadenverteilung in hohen Quantilen, kann man die Überschreitenswahrscheinlichkeit entsprechend anpassen.
- Man geht von einer Veränderung der Verteilung des einzelnen Kumulschadens aus. Dann wird man eine prognostizierte Veränderung der Kumulschadenhöhen nicht durch eine Veränderung eines Skalenparameters abbilden, da dies eher geeignet ist, Volumen- oder Preisveränderungen abzubilden. Im Gegenzug müsste man die ggf. verwendete Kumulschaden-Höhenverteilung über eine reine Skalen-Veränderung hinaus anpassen:
- Möchte man eine vom Klimamodell prognostizierte Erhöhung des Erwartungswertes abbilden, kann hierzu eine geeignete Veränderung der Parameter, z. B. des Exponenten einer Paretoverteilung, berechnet werden.
  - Möchte man eine vom Klimamodell prognostizierte Verschiebung von z. B. zwei Stützstellen der Kumulschadenverteilung umsetzen, lässt sich eine geeignete Veränderung der Parameter einer zwei- oder mehrparametrischen Verteilung geeignet ermitteln.

Bei Verwendung von Loss-Event-Tabellen könnte eine unterschiedliche Gewichtung der modellierten Ereignisse in Abhängigkeit von deren modellierter Wiederkehrperiode erwogen werden.

## 6.2 Physische Risiken

Für eine tiefgehende, quantitative Analyse der physischen Risiken wären Angaben zu Stärke, Frequenz, Wiederkehrperioden für alle Risiken zu den betroffenen Sparten für die Schaden-/Unfallversicherung und für die verschiedenen Zeithorizonte notwendig. Diese Angaben sind in den Klimawandelszenarien des NGFS nicht enthalten. Mit Hilfe der methodischen Ansätze

aus dem vorhergehenden Abschnitt 6.1 und den Informationen aus diesem Abschnitt können die Auswirkungen des Klimawandels ansatzweise abgeschätzt werden. Dabei werden in Unterabschnitten die auslösenden Gefahren Sturm, Überschwemmung, Hagel und Waldbrand/Dürre betrachtet. Für die Gefahren Überschwemmung und Hagel werden exemplarisch mögliche Vorgehensweisen zur Quantifizierung erläutert.

### 6.2.1 Sturm

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Gefahr Sturm können sowohl gesamthaft als auch differenziert betrachtet werden. Man könnte trennen in Extremereignisse wie tropische Zyklone, allgemeine Sturmereignisse sowie kurzfristige Ereignisse wie Tornados. In den verschiedenen Studien zum Thema Sturm findet man unterschiedliche Granularitäten in der Betrachtungsweise.

Sturmrisiken betreffen insbesondere die Sachversicherung mit ihren privaten und gewerblichen Risiken. Weitere Sparten sind die Kfz-Kaskoversicherung sowie die Transportversicherung.

Die Studienlage zeichnet kein einheitliches Bild zur zukünftigen Entwicklung des Sturmrisikos. Im Folgenden wird insbesondere auf die NGFS-Szenarien und die Studie „JRC PESETA IV“ (JRC, 2020) eingegangen, da darin ein umfangreiches Zahlenmaterial zu den verschiedenen Temperaturanstiegsszenarien verfügbar ist.

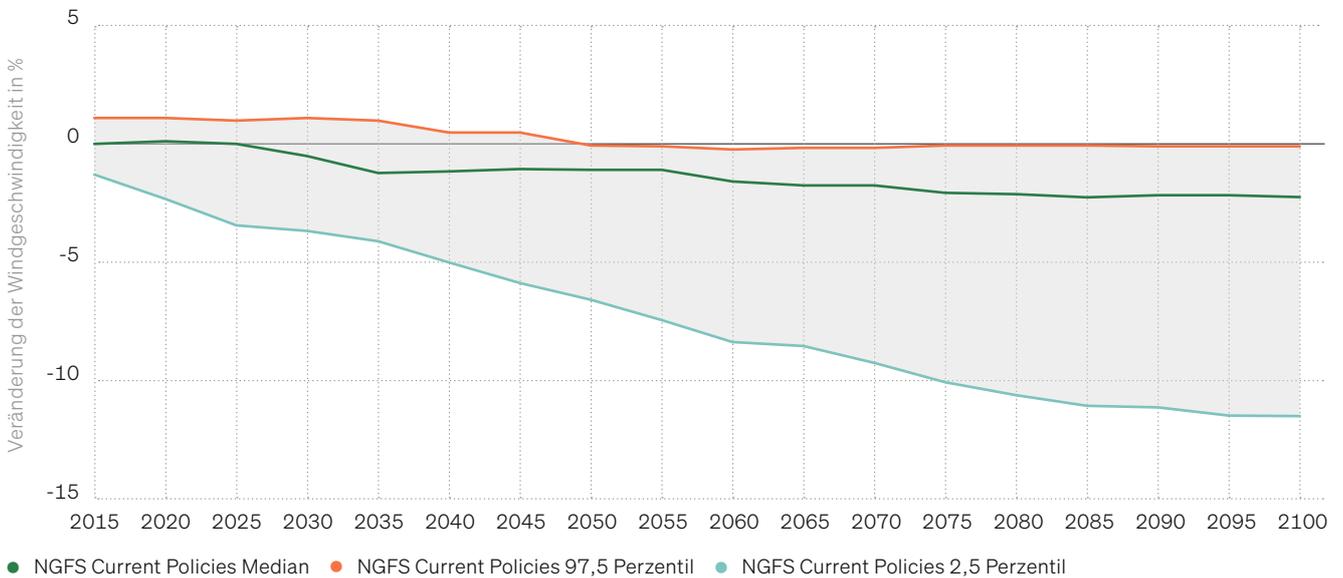
Bei der Einschätzung der Entwicklung in Bezug auf die allgemeinen Sturmereignisse ist ein Blick auf die Anzahl und die Intensität hilfreich.

Bei den NFGS-Szenarien wurde die relative Veränderung der Windgeschwindigkeit für Deutschland und je Bundesland modelliert. Als Referenzwert wurden die Jahre von 1986 bis 2006 herangezogen. In den relevanten NGFS-Szenarien fällt der Median der relativen Veränderungen bundesweit ab dem Jahr 2025 unter 0 %. Die obere Grenze verbleibt bei 1 % oder nimmt ab (siehe Abbildung 27).

In der Studie JRC PESETA IV wurden unter anderem die Anzahl der sturmfreien Tage sowie die Veränderung der Windgeschwindigkeit bei 100-Jahresereignissen in Europa analysiert. Hierbei wurde Europa in die vier Bereiche „Nord“- , „Zentralwest“- , „Ost“- und „Südeuropa“ aufgeteilt. In Zentralwesteuropa, wozu Deutschland gehört, nimmt nach den Ergebnissen aus dieser Studie in allen drei Szenarien die Anzahl der sturmfreien

### Windgeschwindigkeit im Current-Policies-Szenario

Abbildung 27 · Entwicklung der Windgeschwindigkeit (Veränderungen in Prozent) im Current-Policies-Szenario



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Daten aus dem Climate Impact Explorer

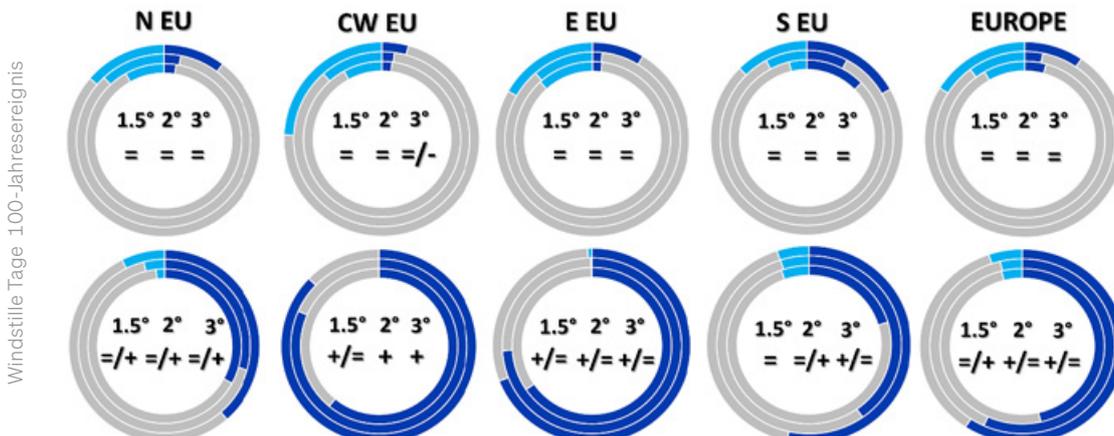
Tag in den meisten Regionen zu. Bei den 100-Jahresereignissen bleibt die Windgeschwindigkeit gleich oder nimmt in manchen Regionen ab. In nur wenigen Regionen wird jedoch eine Zunahme von mehr als 0,3 m/s simuliert (siehe Abbildung 28). Der mittlere jährliche Sturm Aufwand in Deutschland wird in allen drei Temperaturszenarien bei 0,03 % des BIP gesehen (ohne

Berücksichtigung von sozioökonomischen Veränderungen, vgl. JRC PESETA IV Task 13).

Bei tropischen Zyklonen liegt gemäß der Studie JRC PESETA IV kein robuster Trend in Europa vor. Aus den hinter den NGFS-Szenarien stehenden Modellen ergeben sich zwar auch Erkenntnisse zu tropischen

### Windgeschwindigkeit in verschiedenen Erwärmungsszenarien

Abbildung 28 · Entwicklung der Windgeschwindigkeit bei 100-Jahresereignissen sowie Anzahl der ruhigen Tage in Europa. Angegeben ist der Flächenanteil (in %) für jede Region (Nordeuropa, Mittelwesteuropa, Osteuropa, Südeuropa) mit signifikanter Zunahme (dunkelblau), keiner Veränderung (grau) und Abnahme (hellblau). Die Veränderung der 100-jährigen Windgeschwindigkeit ist signifikant, wenn sie größer als 0,3 m/s ist und 2/3 der Modelle über das Vorzeichen der Veränderung übereinstimmen. Die Veränderung der Anzahl der windstillen Tage ist signifikant, wenn sie mehr als 5 Tage beträgt und 2/3 der Modelle über das Vorzeichen der Veränderung übereinstimmen. Der innere Kreis steht für 1,5 °C, der mittlere für 2 °C, der äußere für 3 °C Erwärmung.



Quelle: JRC (2020), Figure 7

Zyklonen in Deutschland, wonach mit deutlichen Zunahmen zu rechnen ist. Dies wird von den Erzeugern der Szenarien aber als nicht belastbar eingestuft, und nach deren Aussage werden die diesbezüglichen Ergebnisse aus dem NGFS Szenario Explorer entfernt werden. Tropische Zyklone in Deutschland sind demnach weiterhin als unwahrscheinlich einzustufen.

Tornados sind kurzfristig auftretende Sturmereignisse, die einen lokal begrenzten Raum betreffen. Eine Einschätzung hinsichtlich einer möglichen Zunahme von Häufigkeit oder Intensivität aufgrund des Klimawandels ist aktuell nicht erkennbar<sup>134</sup>.

Die Ergebnisse der betrachteten Studien liefern mit Sicherheit kein abschließendes Bild über den Einfluss des Klimawandels auf die Gefahr Sturm. Sie sind sogar uneinheitlich in Bezug auf ihre Grundaussage, legen aber ein unverändertes bis geringeres Sturmrisiko nahe. Qualitativ und intuitiv lässt sich dies durch die Annäherung der Temperatur zwischen den Polen und dem Äquator begründen. Die durch den Klimawandel verursachte Temperaturerhöhung ist an den Polen am stärksten und am Äquator am niedrigsten. Aufgrund der Temperaturannäherungen fällt der Temperaturengleich durch Stürme geringer aus. Extreme Ereignisse mit heftigen Stürmen können jedoch weiterhin auftreten.

Es existieren noch weitere Studien (siehe separate Materialsammlung), die sich mit der Entwicklung der Gefahr Sturm beschäftigen und aus denen sich eine große Spannweite von Aussagen ergibt.

Die Unternehmen sollten daher bei der Gestaltung ihrer ORSA-Szenarien den Fokus auf die jeweilige Zielsetzung der Szenarien legen, sowie die Wesentlichkeit der Auswirkung des Klimawandels auf die Gefahr Sturm prüfen. Insbesondere müssen die Unternehmen eigenständig festlegen, von welcher Auswirkung des Klimawandels auf die Gefahr Sturm im ORSA ausgegangen wird.

Aus den genannten Studien ergibt sich nur die Entwicklung des mittleren jährlichen Aufwands aus Sturmschäden. Im Hinblick auf Volatilität, Standardabweichung, Jährlichkeiten, Wiederkehrperioden usw. ist die Datenlage sehr dünn. Um dennoch Aussagen hierzu im ORSA-Szenario machen zu können, müssen Annahmen getroffen werden. Eine mögliche Annahme wäre, zu unterstellen, dass der Variationskoeffizient für das Sturmrisiko unverändert bleibt, d. h., die Standardabweichung steigt durch Klimawandel genauso

stark an wie der mittlere jährliche Sturmschaden. Allgemeiner kann man sagen, dass der Variationskoeffizient um einen per Expertenschätzung festzulegenden Faktor ansteigt. Gegeben die Entwicklung des mittleren Sturmaufwands sowie die Entwicklung der Standardabweichung, können dann auch Aussagen zur Entwicklung des Sturmrisikos getroffen werden, z. B. durch Momentenschätzung einer geeigneten Extremwertverteilung wie Lognormal, Pareto oder (Inverse) Burr-Verteilung und Auswertung des 99,5 %-Quantils.

### 6.2.2 Überschwemmung

Das Überschwemmungsrisiko betrachtet das Risiko von Schäden, die dadurch entstehen, dass normalerweise trockenliegende Bodenfläche vollständig von Wasser bedeckt ist. Eine Überschwemmung tritt immer dann auf, wenn oberirdische Gewässer ausufernd oder Grund durch Starkregenereignisse überflutet wird. Die Ursachen für Überschwemmungen sind vielfältig. Sie reichen von Schneeschmelze, Rückstau in der Kanalisation bis hin zu Starkregenereignissen. Im Folgenden werden nur Starkregen und Flussüberschwemmungen betrachtet, da diese eine hohe Bedeutung aufweisen. Starkregen wird eher qualitativ behandelt, wohingegen Flussüberschwemmungen aufgrund der relativ gut verfügbaren Daten auch quantitativ analysiert werden.

Überschwemmungsrisiken betreffen insbesondere die Sachsparten, also die Wohngebäudeversicherung, Hausratversicherung, Kfz-Kaskoversicherung, aber auch die gewerbliche Sachversicherung einschließlich Betriebsunterbrechungsversicherung.

#### Starkregen

In der wissenschaftlichen Studie Knist et al. (2020) wurde die Veränderung von Starkregen in Zentraleuropa für das RCP-4.5-Szenario bis zur Mitte (MOC) bzw. bis zum Ende des Jahrhunderts (EOC) simuliert. Die Simulationen wurden mit einer räumlichen Auflösung von 12 km bzw. 3 km durchgeführt. Die relative Veränderung der simulierten stündlichen Niederschlagsmenge im 99,9 %-Quantil im Sommer (JJA) bzw. Winter (DJF) Mitte bzw. Ende des Jahrhunderts wird in der Abbildung 29 in der detaillierteren räumlichen Auflösung dargestellt. Das RCP-4.5-Szenario ähnelt im Temperaturverlauf bis zur Mitte des Jahrhunderts stark dem Current-Policies-Szenario. Für einen Betrachtungszeitraum bis 2050 können daher die in der Studie simulierten Ergebnisse für eine prognostizierte Veränderung von Starkregen herangezogen werden. Hiernach steigt im geografischen Mittel die Niederschlagsmenge im 99,9 %-Quantil sowohl für Sommer und Winter um

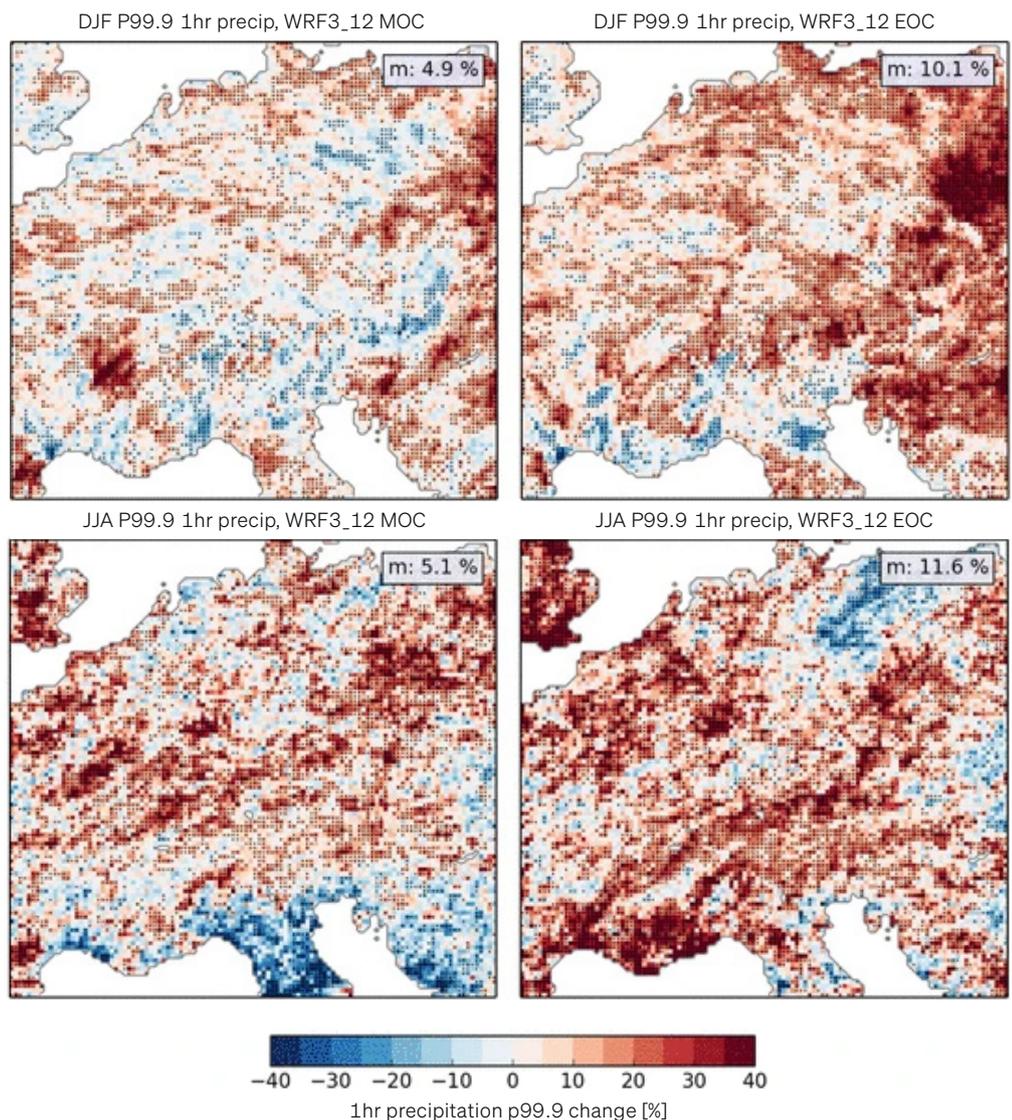
<sup>134</sup> Vgl. [Tornadolisten Deutschland](#).

ca. 5 %. Dabei ist den linken Grafiken in Abbildung 20 zu entnehmen, dass es beträchtliche regionale Unterschiede gibt, die von 40 % Rückgang bis zu 40 % Anstieg reichen. In noch extremeren Quantilen liegt der Anstieg für den Sommer im geografischen Mittel sogar noch weit darüber, z. B. bei mehr als 10 % im 99,99 %-Quantil (siehe Abbildung 21, Kurve WRF3\_12 MOC). Für den Winter sagen die Simulationen hingegen eine prozentuale Steigerung von ca. 5 % auch in den extremeren Quantilen voraus. Diese Informationen lassen sich nutzen, um die zukünftige Betroffenheit gegenüber

Starkregenereignissen abzuschätzen. Für eine quantitative Analyse wäre hierzu noch die Annahme eines Zusammenhangs zwischen der Veränderung von Niederschlagsmengen und der Veränderung von Schadensummen zu treffen. Hier kann davon ausgegangen werden, dass die Schadensumme überproportional zur Niederschlagsmenge steigt. Bis zum Ende des Jahrhunderts liegt der Temperaturanstieg des RCP-4.5-Szenarios weit unter dem des Current-Policies-Szenarios. Die in der Studie enthaltenen Ergebnisse bis Ende des Jahrhunderts (rechte Grafiken in Abbildung 29) mit einem

### Veränderung der stündlichen Niederschlagsmenge im 99,9%-Quantil

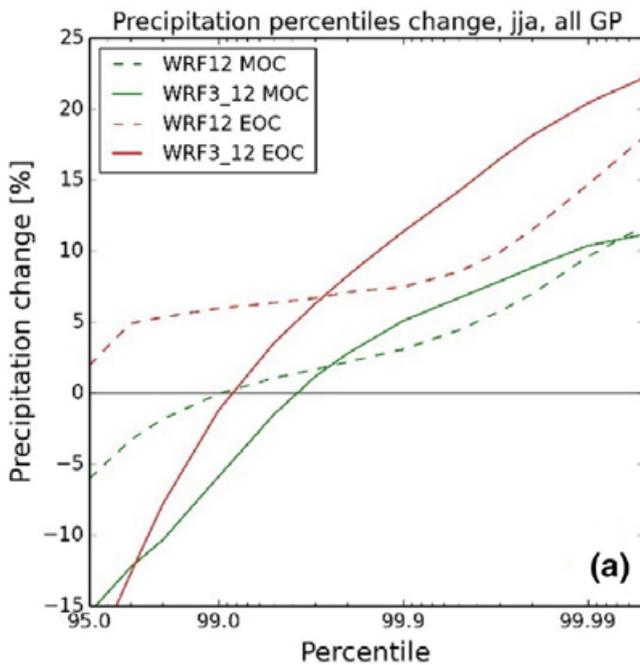
**Abbildung 29** · Prozentuale Veränderung der stündlichen Niederschlagsmenge im 99,9 %-Quantil in einer räumlichen Auflösung von 12 km (berechnet als Mittelwerte aus Simulationen mit einer räumlichen Auflösung von 3 km) im Winter bis Mitte des Jahrhunderts (Grafik links oben) bzw. Ende des Jahrhunderts (Grafik rechts oben) sowie im Sommer bis Mitte des Jahrhunderts (Grafik links unten) bzw. Ende des Jahrhunderts (Grafik rechts unten) aus Knist et al. (2020). Die Bedeutung der Farben in den Karten ist der Legende unten zu entnehmen. Geografische Mittelwerte in den Grafiken jeweils rechts oben.



Quelle: Knist et al. (2020), Fig. 8

### Veränderung der stündlichen Niederschlagsmenge in verschiedenen Quantilen

**Abbildung 30** · Prozentuale Veränderungen der stündlichen Niederschlagsmenge in verschiedenen extremen Quantilen im Sommer in Simulationen mit einer räumlichen Auflösung von 12 km, die als Mittelwerte aus Simulationen mit einer räumlichen Auflösung von 3 km berechnet wurden (durchgezogene Kurven) bzw. ebenfalls 12 km, die direkt aus Simulationen mit einer räumlichen Auflösung von 12 km stammen (gestrichelte Kurven) bis Mitte des Jahrhunderts (MOC) bzw. Ende des Jahrhunderts (EOC) aus Knist et al. (2020).



Quelle: Knist et al. (2020), Fig. 11, Teilgrafik links oben

geografisch mittleren Anstieg der stündlichen Niederschlagsmenge von mehr als 10 % und einer Steigerung von mehr als 20 % im 99,99%-Quantil (Abbildung 30, Kurve WRF3\_12 EOC) sind daher lediglich zur Abschätzung einer Mindestveränderung im Current-Policies-Szenario nutzbar.

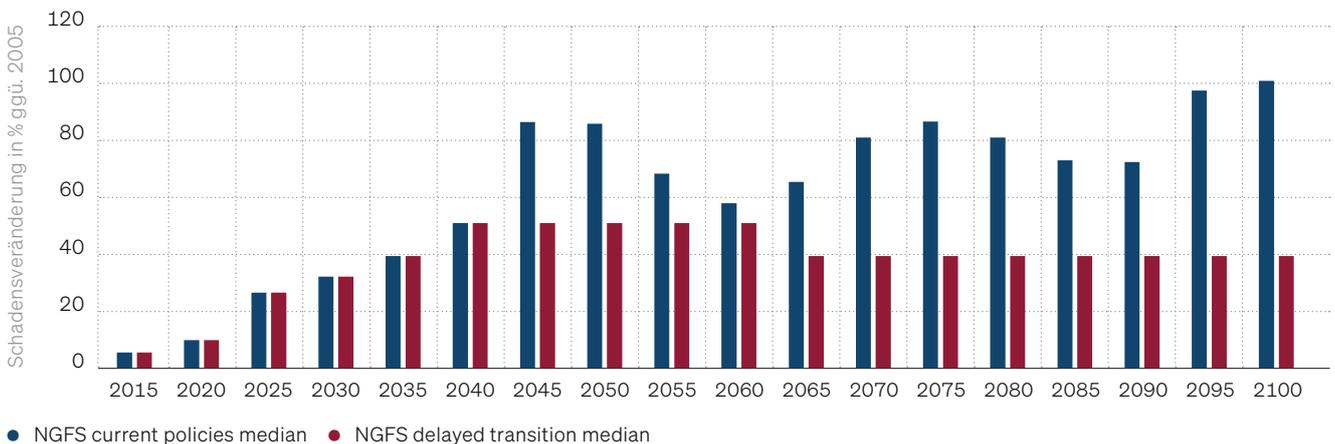
### Flussüberschwemmungen

Im [Climate Impact Explorer](#) finden sich detaillierte Angaben zu Flussüberschwemmungen für die NGFS-Szenarien, auf die im Folgenden genauer eingegangen wird. Hervorzuheben ist hier vor allem die Modellierung der Veränderung des jährlichen erwarteten Schadens aus Flussüberschwemmungen für die verschiedenen Klimaverläufe. Die Angaben (Abbildung 31) werden in Abständen von fünf Jahren für ganz Deutschland sowie eine Vielzahl weiterer Länder gemacht und legen das Jahr 2005 als Referenzjahr zugrunde. Im Delayed-Transition-Szenario steigt der Median der relativen Veränderung bis ins Jahr 2040 auf +51 %. Ab dem Jahr 2060 sinkt der Median langsam wieder, bis er im Jahr 2100 bei +39 % liegt. Im Current-Policies-Szenario steigt der Median der relativen Veränderung auf +86 % im Jahr 2045. Während er sich die folgenden 30 Jahre in einem Korridor zwischen +58 % und +86 % bewegt, erreicht er in den Jahren 2095 mit +97 % und 2100 mit +101 % immer neue Höchstwerte.

Die Entwicklung dieser Variablen lässt sich als Entwicklung des Brutto-Schadenbedarfs für Flussüberschwemmungen interpretieren. Unter der Annahme, dass sich der Schadenbedarf in allen Regionen (bzw. CRESTA-Zonen) Deutschlands gleich entwickelt, könnten Unternehmen daher ihren Schadenbedarf für

### Schäden aus Flussüberschwemmungen

**Abbildung 31** · Entwicklung des jährlichen erwarteten Schadens aus Flussüberschwemmungen für das Current-Policies- und das Delayed-Transition-Szenario



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Daten aus dem Climate Impact Explorer

Überschwemmungen aus dem Referenzjahr 2005 gemäß der relativen Veränderung des jährlichen erwarteten Schadens fortschreiben, um den Brutto-Schadenbedarf für die beiden betrachteten Klimaverläufe zu erhalten. Die Wirkung der Rückversicherung kann dann in einem zweiten Schritt mit einem der Ansätze aus Abschnitt 6.3 berücksichtigt werden.

Im Hinblick auf Volatilität, Standardabweichung, Quantile, Jährlichkeiten, Wiederkehrperioden usw. liegen im Climate Impact Explorer keine Daten vor. Um im ORSA-Szenario dennoch Angaben hierzu machen zu können, müssen Annahmen getroffen werden. Mögliche Annahmen sind in Abschnitt 6.1 dargelegt. Plausibel erscheinen beispielsweise folgende Annahmen:

- Es könnte unterstellt werden, dass der Variationskoeffizient für das Überschwemmungsrisiko unverändert bleibt, d. h. die Standardabweichung steigt durch Klimawandel genauso stark an wie der mittlere jährliche Überschwemmungsschaden.
- Es könnte für die Ist-Schadenverteilung eine Paretoverteilung mit passendem Erwartungswert und passender Standardabweichung unterstellt werden. Der Parameter der Paretoverteilung könnte nun derart angepasst werden, dass die durch die NGFS-Daten vorgegebene Veränderung des Erwartungswertes reproduziert wird. Die Veränderung von Quantilswerten kann dann approximativ aus der angepassten Verteilung abgelesen werden.

In gleicher Art und Weise könnte auch die Parametrisierung einer Gumbelverteilung erfolgen, die aus wissenschaftlicher Sicht vielleicht sogar als besser passend erscheint. Der Vorteil der Paretoverteilung besteht darin, dass diese besonders Tail-lastig und damit konservativ ist. Wird stattdessen eine Gumbelverteilung verwendet, sollte mehr Aufwand in die Diagnose investiert werden, dass diese Verteilungsannahme angemessen ist.<sup>135</sup>

### Beispielhafte Umsetzung:

Im Folgenden skizzieren wir zwei mögliche Vorgehensweisen A und B zur Quantifizierung von Klimawandelrisiken für das Überschwemmungsrisiko vor Rückversicherung. Viele weitere Vorgehensweisen erscheinen ebenso angemessen, insbesondere Mischformen aus

<sup>135</sup> Für die nachfolgend verwendeten Beispielzahlen ergibt sich eine Gumbelverteilung, deren Verteilungsfunktion an der Stelle Null den Wert 0,3134 aufweist, d. h. die Wahrscheinlichkeit für negative Aufwände aus Überschwemmungsschäden liegt bei über 30%. Hier wäre also der Nachweis zu führen, dass diese Verteilungsannahme dennoch zu angemessenen Quantilsaussagen führt.

A und B. Zur Berücksichtigung der Rückversicherung sei auf Abschnitt 6.3 verwiesen.

In **Vorgehensweise A** betrachten wir die Auswirkungen eines 200-Jahres-Überschwemmungsereignisses auf die aufsichtsrechtliche Solvenzsituation im Current-Policies-Szenario zu zukünftigen Zeitpunkten, z. B. im Jahr 2100, im Vergleich zur jetzigen Situation. Wir ermitteln in eigener Risikoeinschätzung ein 200-Jahres-Überschwemmungsereignis im Jahr 2100. Wir unterstellen weiter, dass sich dieses 200-Jahres-Überschwemmungsereignis im Verlauf des Jahres 2100 realisiert und führen anschließend gemäß Standardformel eine SCR- und Eigenmittel-Berechnung auf dem Stichtag 31. Dezember 2100 durch, in der sich das eingetretene Ereignis unter Annahme einer schnellen Abwicklung als Kapitalanlagenabfluss zeigt. Die daraus resultierende Bedeckungsquote wird verglichen mit derjenigen, die nach dem hypothetischen Eintreten eines 200-Jahres-Überschwemmungsereignisses im aktuellen Jahr resultieren würde.

In **Vorgehensweise B** betrachten wir den Gesamtsolvabilitätsbedarf in Säule II. Auch hier ermitteln wir ein 200-Jahres-Überschwemmungsereignis in einem zukünftigen Jahr, z. B. im Jahr 2100. Diesmal führen wir eine Berechnung des Gesamtsolvabilitätsbedarfs und der Eigenmittel auf dem Stichtag 31. Dezember 2100 unter Berücksichtigung des veränderten Überschwemmungsrisikos durch. In dieser Vorgehensweise sehen wir in erster Linie ein verändertes Risiko und als Folgeeffekt eine veränderte Risikomarge und veränderte Eigenmittel.

Für unser Beispielunternehmen sollen folgende Daten gelten:

### Annahmen für Beispielunternehmen

**Tabelle 5** · Gewählte, fiktive Annahmen. Der mittlere jährliche Flutschaden ist aus der Schadenhistorie des Unternehmens beispielsweise der letzten 10 Jahre ermittelt.

VARIABLE	WERT
Betrachtetes Szenario	Current Policies
SCR	100
SCR_Flut	20
GSB	80
GSB_Flut	15
Risikomarge_SCR	30
Risikomarge_GSB	24
Eigenmittel_SCR	200
Eigenmittel_GSB	206
Mittlerer jährlicher Flutschaden	2

**Vorgehensweise A**

**Schritt 1:** Zur Ermittlung des 200-Jahres-Überschwemmungsereignisses in eigener Risikoeinschätzung im Jahr 2100 passen wir zunächst eine Paretoverteilung an unseren aktuellen Erwartungswert 2 und das aktuelle 99,5 %-Quantil 15 an. Dazu soll unsere Zufallsvariable  $X$  Pareto-verteilt  $Par(k, x_{min})$  sein mit den Parametern  $k > 0$  und  $x_{min} > 0$ . Beispielsweise mit dem Solver in Excel können wir folgendes Gleichungssystem lösen:

$$E(X) = 2 = x_{min} \left( \frac{k}{k-1} \right)$$

$$99,5\% = 1 - \left( \frac{x_{min}}{15} \right)^k$$

Wir erhalten<sup>136</sup>:

$$k = 1,93029$$

$$x_{min} = 0,96388$$

Nun sollen die Parameter so verändert werden, dass die Verteilung im Jahr 2100 den erhöhten mittleren jährlichen Flutschaden in Höhe von

$$2 \cdot 182,6\% = 2 \cdot \frac{1+100,5\%}{1+9,8\%} = 3,65267$$

trifft<sup>137</sup>. Wie in Abschnitt 6.1 vorgeschlagen, passen wir dazu den Parameter  $k$  unserer Verteilung an und lassen  $x_{min}$  unverändert. Über die Gleichung

$$E(X) = 3,65267 = x_{min} \left( \frac{k}{k-1} \right)$$

bestimmen wir analytisch oder erneut mit dem Excel-Solver den angepassten Wert  $k_{neu} = 1,35848$ . Damit erhalten wir als neues 99,5 %-Quantil der Verteilung den angepassten GSB\_Flut\_neu=47,7.

**Schritt 2:** Wir nehmen nun an, dass sich der Schaden in Höhe von GSB\_Flut\_neu im Jahr 2100 realisiert. Damit mindern sich unsere Eigenmittel (ohne Berücksichtigung von möglichen Effekten durch latente Steuern) um den Betrag 47,7 auf

$$\text{Eigenmittel\_SCR\_neu} = 152,3.$$

Das SCR wird unter Berücksichtigung des Abflusses von Kapitalanlagen in Höhe von 47,7 neu berechnet und geht auf 96 zurück, da das Marktrisiko sinkt, wohingegen die übrigen Risiken, insbesondere die versicherungstechnischen Risiken, unverändert bleiben. In dieser Konstellation werden nun etwaige Handlungsbedarfe untersucht.

**Vorgehensweise B**

**Schritt 1:** Zunächst ermitteln wir das 200-Jahres-Überschwemmungsereignis analog zum Fall A mit GSB\_Flut\_neu=47,7.

**Schritt 2:** Wir aggregieren unseren angepassten GSB\_Flut\_neu mit den übrigen Risiken zu einem neuen GSB\_neu=89. Auch die Risikomarge wird auf Basis des veränderten Risikos neu berechnet zu Risikomarge\_GSB\_neu=27. Damit ergeben sich (ohne Berücksichtigung von möglichen Effekten auf latente Steuern) Eigenmittel\_GSB\_neu in Höhe von 203. In dieser Konstellation werden nun etwaige Handlungsbedarfe untersucht.

Tabelle 6 stellt das ermittelte Flutrisiko GSB\_Flut\_neu dar und vergleicht dieses mit den alternativen Herangehensweisen einer Annahme eines konstanten Variationskoeffizienten und der Parametrisierung einer Gumbelverteilung. Erwähnenswert ist hier insbesondere die enorme Bandbreite der Ergebnisse, die sich mit plausiblen Annahmen erzeugen lassen.

**Ermitteltes Flutrisiko GSB**

**Tabelle 6** · Neu ermitteltes Flutrisiko GSB unter verschiedenen Annahmen

JAHR	PARETO-ANNAHME	GUMBEL-ANNAHME	VARIATIONS-KOEFFIZIENT*
2030	23,1	18,8	18,0
2050	42,6	27,7	25,3
2100	47,7	30,2	27,4

\* Wir unterstellen hier, wie oben vorgeschlagen, eine Veränderung des Erwartungswerts entsprechend der NGFS-Daten bei konstantem Variationskoeffizient. Zur Herleitung eines Quantils ist eine weitere Annahme erforderlich. Es bietet sich die Annahme einer Lognormalverteilung an. Unter dieser Annahme skaliert der Value-at-Risk mit dem Erwartungswert.

<sup>136</sup> Es ist zu beachten, dass bei gegebenem Erwartungswert und 99,5%-Quantil im Allgemeinen zwei Lösungen des resultierenden Gleichungssystems, d. h. zwei mögliche Paretoverteilungen mit diesem Erwartungswert und 99,5 %-Quantil, existieren. Sofern weitere Daten zur realen Schadenverteilung vorliegen, kann aus den beiden Lösungen die besser zu den Daten passende Verteilung ausgewählt werden. Alternativ kann die konservativere Lösung weiterverwendet werden, d. h. diejenige Lösung, die bei angepasstem Erwartungswert zu einem höheren Quantil und somit stärkerem Klimawandeleffekt führt. In diesem Rechenbeispiel wurde genau dieser letztgenannte Ansatz verfolgt. Die zweite Lösung des Gleichungssystems ist  $k=1,05095$  und  $x_{min}=0,09697$ .

<sup>137</sup> Wir nehmen hier an, dass der 10-Jahresdurchschnitt eine geeignete Schätzung für die aktuelle Situation darstellt. Weiter nehmen wir an, dass die NGFS-Angaben für 2020 gut die aktuelle Situation widerspiegeln. Die Zahlen ergeben sich aus dem Balkendiagramm bzw. den zugrunde liegenden Daten als Index 2100 geteilt durch Index 2020.

### 6.2.3 Hagel

Das Hagelrisiko betrachtet das Risiko von Schäden durch Niederschlag, der aus Eisklumpen besteht. Diese sogenannten Hagelkörner entstehen, wenn innerhalb einer Gewitterzelle unterkühltes Wasser an Kristallisationskernen zu Eis gefriert. Starke Aufwinde und ein bestimmtes Maß an vertikaler Windscherung sind im Folgenden nötig, um Hagelkörner auf eine Größe anzuwachsen zu lassen, die Schadenspotenzial birgt. Die daraus folgenden Hagelschauer, die den Aufschlag der Hagelkörner auf den Erdboden bezeichnen, können beträchtliche Schäden verursachen.

Die Schäden wirken sich vor allem auf die Agrarversicherung aus, die bereits bei Hagelkörnern ab einem Durchmesser von 2 cm betroffen sein kann. Von größeren Hagelkörnern ab einem Durchmesser von 5 cm können auch Kfz-Kaskoversicherung, Wohngebäudeversicherung und gewerbliche Sachversicherung betroffen sein.

NGFS bietet keine Angaben zu Hagelereignissen – im Climate Impact Explorer finden sich keine auf Hagel anwendbaren Informationen. Eine Überprüfung von anderen Quellen gibt jedoch Aufschluss darüber, wie und ob sich das Hagelrisiko aufgrund des Klimawandels verändert. Mehrere Studien weisen darauf hin, dass das Hagelrisiko in Deutschland im Zuge des Klimawandels zunehmen wird.

So wird in Raupach et al. (2021) beschrieben, dass Stärke und Frequenz von Hagelstürmen in Europa ansteigen, aber auch darauf hingewiesen, dass das Thema noch mit einer großen Unsicherheit verbunden ist.

Die Studie Munich Re (2020) geht einen Schritt weiter und weist konkrete Zahlen für zwei Klimawandelszenarien aus:

- Im ersten Klimawandelszenario gelingt es, die Temperaturzunahme innerhalb von 2,4 °C im Vergleich zur vorindustriellen Zeit zu halten. Eine solche Temperaturzunahme werde zu einem Anstieg von 30–40 % von Hagelereignissen mit einem Durchmesser von größer als 5 cm in Europa führen, bzw. einem Anstieg von 10–20 % von Hagelereignissen mit einem Durchmesser zwischen 2 cm und 5 cm.
- Im zweiten Klimawandelszenario wird eine Temperaturzunahme von 4 °C bis zum Ende des Jahrhunderts im Vergleich zur vorindustriellen Zeit angenommen. Dabei hat die Temperatur zum Ende des Jahrhunderts das Maximum noch nicht erreicht. Bei

Annahme dieses Szenarios wird ein Anstieg von Hagelereignissen mit einem Durchmesser von größer als 5 cm (zwischen 2 cm und 5 cm) von 100 % (80 %) in Mitteleuropa erwartet.

Im Hinblick auf Volatilität, Standardabweichung oder Quantile bietet die Studie der Munich Re keine Daten. Um im ORSA-Szenario dennoch Angaben hierzu machen zu können, müssen Annahmen getroffen werden (siehe Abschnitt 6.1). Plausibel erscheint beispielsweise:

- Es könnte angenommen werden, dass der Variationskoeffizient für das Hagelrisiko unverändert bleibt, d. h. die Standardabweichung steigt durch Klimawandel genauso stark an wie der mittlere jährliche Hagelschaden.
- Es könnte für die Ist-Schadenverteilung eine geeignete Verteilung (z. B. Pareto-Verteilung) mit passendem Erwartungswert und passender Standardabweichung angenommen werden. Der oder die Parameter der ausgewählten Verteilung könnten nun derart angepasst werden, dass die durch die Studie der Munich Re vorgegebene Veränderung des Erwartungswertes reproduziert wird. Die Veränderung von Quantilen kann dann approximativ aus der angepassten Verteilung ermittelt werden.

Ist neben der Volatilität auch die mittlere bzw. erwartete Entwicklung von Interesse, so wäre eine weitere Option die Erstellung einer vereinfachten Gewinn- und Verlustrechnung unter Berücksichtigung eines Anstiegs des Aufwandes durch Hagelschäden, wie im folgenden Beispiel erklärt. Hierzu wird im ersten Schritt eine vereinfachte Gewinn- und Verlustrechnung sowie die getroffenen Annahmen beschrieben. Im zweiten Schritt werden die Auswirkungen des Klimawandels auf den Aufwand sowie sich daraus ergebende Beitragserhöhungen hinzugefügt.

Tabelle 7 zeigt ebendiese für den Betrachtungszeitraum von 2023 bis 2100 aus Schritt 1, d. h. ohne Berücksichtigung des Klimawandels. Für die nicht gezeigten Jahre ist ebenfalls eine Gewinn- und Verlustrechnung vorhanden, diese ist jedoch aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt. Für die Beispielrechnung wird aus Gründen der Einfachheit die Sparte VGV gezeigt. Falls in einzelnen Sparten der „Beitrag Hagel“ nicht explizit vorliegt, kann beispielsweise ein geschätzter Beitragsanteil für Hagel verwendet werden.

Die in dieser Beispielrechnung getroffenen Annahmen sind in Tabelle 8 dargestellt. Den einzelnen Positionen in Tabelle 7 kann die jeweilige Abhängigkeit von

## GuV ohne Berücksichtigung des Klimawandels

**Tabelle 7** · Vereinfachte, kompakte ökonomische Gewinn- und Verlustrechnung exemplarisch für die Sparte VGV (getroffene Annahmen siehe Tabelle 8) ohne Berücksichtigung des Klimawandels

	2023	2024	2025	2026	2027	...	2035	...	2100
Beitrag Hagel VGV <sup>a)</sup>	50	51	52	53	54		63		230
Beitrag restliche Risiken VGV <sup>b)</sup>	500	510	520	531	541		634		2297
Aufwand Hagel inkl. Regulierung <sup>a)</sup>	35	36	36	37	38		44		161
Aufwand restliche Risiken inkl. Regulierung <sup>b)</sup>	375	383	390	398	406		476		1723
Kosten für Verwaltung <sup>c)</sup>	110	112	114	117	119		140		505
sonstige vt. Ergebnis <sup>d)</sup>	-11	-11	-11	-12	-12		-14		-51
Ergebnis brutto	19	19	20	20	21		24		87
RV-Beitrag <sup>e)</sup>	5	5	5	5	5		6		23
Anteil RV an Hagel <sup>f)</sup>	5	5	5	5	5		6		21
Ergebnis RV	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5		-0.6		-2.1
<b>Ergebnis Netto</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>20</b>		<b>24</b>		<b>85</b>

Quelle: Eigene Annahmen und Berechnungen

## Annahmen für die Gewinn- und Verlustrechnung

**Tabelle 8** · Annahmen, die in der GuV mit und ohne Berücksichtigung des Klimawandels getroffen wurden

	2023	2024	2025	2026	2027	...	2035	...	2100
a) Wachstum Hagel VGV		2%	2%	2%	2%		2%		2%
b) Wachstum restliche Risiken VGV		2%	2%	2%	2%		2%		2%
c) Kostenquote	20%	20%	20%	20%	20%		20%		20%
d) sonstiges vt. Ergebnis in % der Bt	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%		-2%		-2%
e) RV-Beitrag in % vom Bruttobeitrag	10%	10%	10%	10%	10%		10%		10%
f) erwarteter Anteil RV an Hagel	13%	13%	13%	13%	13%		13%		13%

Quelle: Eigene Annahmen und Berechnungen

den Annahmen a)–f) entnommen werden. Die Annahmen können je nach Bedarf und Planung des Versicherungsunternehmens individuell gewählt werden und sind hier rein exemplarischer Natur, weshalb an dieser Stelle auch nicht näher auf die im Beispiel angenommenen Werte eingegangen wird.

In Tabelle 9 ist die Gewinn- und Verlustrechnung aus Tabelle 7 unter zusätzlicher Berücksichtigung des Klimawandels dargestellt. Für 2100 wurde in diesem Beispiel eine Erhöhung der Aufwände um +35% angenommen (siehe Tabelle 10). Dieser Wert entspricht den Ergebnissen des ersten Klimawandelszenarios aus der Studie Munich Re (2020), auf die im vorherigen Teil dieses Abschnittes genauer eingegangen wurde. Die +35% wurden gewählt, da versicherte Objekte in der Sparte VGV vor allem vulnerabel gegenüber Hagel mit einem Durchmesser von größer als 5 cm sind. Dieser Wert ist nur exemplarisch und muss je betrachtetem

Klimawandelszenario variiert werden. In Tabelle 8 wird ein linearer Anstieg von 2023 (0%) bis 2100 (+35%) angenommen. Ebenfalls sinnvoll wäre die Verwendung eines exponentiellen Anstiegs von 0% auf 35% im Jahr 2100, bei dem die Auswirkungen erst später im 21. Jahrhundert an Relevanz gewinnen.

Der Hagel-Beitrag zu VGV kann je nach Bedarf und Planung angepasst werden. Im dargestellten Beispiel wurde eine explizite Beitragsanpassung aufgrund der gestiegenen Aufwände durch den Klimawandel nach zehn Jahren ab 2033 angenommen (Tabelle 10, Zeile h). Diese Annahme sollte je nach Bedarf und Planung des Versicherungsunternehmens individuell gewählt werden.

Die aufgrund der Berücksichtigung des Klimawandels veränderten Eigenmittel sind in den letzten beiden Positionen von Tabelle 9 dargestellt, aufgeteilt in die Auswirkung pro Jahr sowie die kumulierte Auswirkung.

## GuV unter Berücksichtigung des Klimawandels

**Tabelle 9** · Vereinfachte, kompakte ökonomische Gewinn- und Verlustrechnung exemplarisch für die Sparte VGV (getroffene Annahmen siehe Tabellen 8 und 10) unter Berücksichtigung des Klimawandels

	2023	2024	2025	2026	2027	...	2035	...	2100
Beitrag Hagel VGV a), h)	50	51	52	53	54		66		286
Beitrag restliche Risiken VGV b)	500	510	520	531	541		634		2297
Aufwand Hagel inkl. Regulierung a), g)	35	36	37	38	39		47		217
Aufwand restliche Risiken b)	375	383	390	398	406		476		1723
Kosten für Verwaltung c)	110	112	114	117	119		140		505
sonstige vt. Ergebnis d)	-11	-11	-11	-12	-12		-14		-51
Ergebnis brutto	19	19	19	19	20		24		87
RV-Beitrag e)	5	5	5	5	5		7		29
Anteil RV an Hagel f)	5	5	5	5	5		6		28
Ergebnis RV	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4		-0.5		-0.4
<b>Ergebnis Netto</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>19</b>		<b>24</b>		<b>87</b>
Ergebnisveränderung = Auswirkung auf Eigenmittel	-0.1	-0.3	-0.4	-0.6	-0.7		-0.1		-1.7
kummulierte Ergebnisveränderung	-0.1	-0.4	-0.8	-1.4	-2.2		-8.3		-33.9

Quelle: Eigene Annahmen und Berechnungen

## Zusätzliche Annahmen für die Gewinn- und Verlustrechnung

**Tabelle 10** · Zusätzliche Annahmen, die ergänzend zu den Annahmen a)–f) (siehe Tabelle 8) in der GuV unter Berücksichtigung des Klimawandels getroffen wurden

	2023	2024	2025	2026	2027	...	2035	...	2100
g) Wachstum Hagel VGV	0.4%	0.9%	1.3%	1.8%	2.2%		5.8%		35%
h) Wachstum restliche Risiken VGV	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		4.1%		24.5%

Quelle: Eigene Annahmen und Berechnungen

### 6.2.4 Waldbrand/Dürre

Hitzeperioden mit ausbleibenden Niederschlägen führen zu Dürren, die in verschiedenen Bereichen risikohöhernd wirken:

- Höhere Wahrscheinlichkeit/Intensität von Wald- und Böschungsbränden (z. B. durch Funkschlag entlang von Bahnstrecken). Insbesondere Waldbrände können zu einem bedeutenden Kumulfeuerschaden bei an das betroffene Waldgebiet angrenzenden Gebäuden führen.
- Niedrigere Flusspegelstände mit entsprechenden Störungen des Binnenschiffverkehrs
- Ernteaussfälle

Betroffene Sparten sind damit insbesondere die Gebäude-, die Transport- und die Ernteaussfallversicherung.

Verwendbare Indikatoren aus den NGFS-Szenarien:

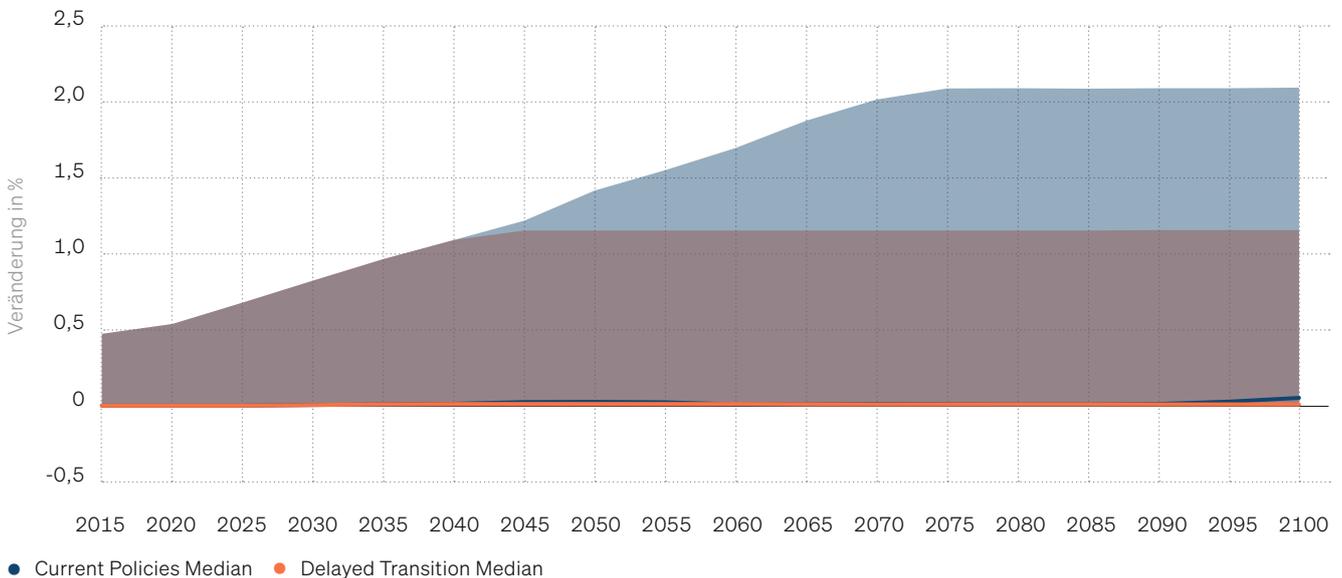
- **Dürre:** Informationen können indirekt abgeleitet werden über Änderungen der Temperatur, Niederschläge und Erträge von Weizen und Mais
- **Waldbrand:** Veränderung des Flächenanteils, der in Deutschland jährlich Waldbränden ausgesetzt ist (je nach Szenario 1,2 % bis 2 % Änderung im 97,5-Perzentil), siehe Abbildung 32

In welchem Zustand die Böden in Deutschland aktuell sind, zeigt der [Dürremonitor Deutschland](#) des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung (UFZ). Eine Dürre liegt vor, wenn die aktuelle Bodenfeuchte unter das langjährige 20-Perzentil fällt. Als Referenz wird der Zeitraum 1951–2015 zugrunde gelegt.

Der mit dem Klimawandel verbundene Temperaturanstieg führt dazu, dass Dürren in südlichen und

## Waldbrände

**Abbildung 32** · Prozentuale Veränderung der Fläche, die in Deutschland jährlich Waldbränden ausgesetzt ist, im Vergleich zum Referenzzeitraum 1986–2006 für die NGFS-Szenarien Current Policies und Delayed Transition. Die farbigen Flächen zeigen die Spanne zwischen dem 2,5- und 97,5-Perzentil der Veränderung. Der Median wird durch die beiden Linien dargestellt.



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Daten aus dem [Climate Impact Explorer](#)

westlichen Regionen Europas häufiger auftreten, länger andauern und intensiver werden. Mit dem Grad der Erwärmung steigt auch entsprechend fast überall in Europa die Wahrscheinlichkeit einer hohen bis extremen Waldbrandgefahr. In Mittel- und Osteuropa zeigen die prognostizierten Trends jedoch mehr Klimavariabilität und sind unsicherer.<sup>138</sup> Daraus lässt sich schließen, dass für Deutschland keine verlässlichen Angaben über die zukünftige Entwicklung möglich sind.

Ein erster Ansatz für die Unternehmen könnte jedoch darin bestehen, die betroffenen Bestände in den oben genannten Sparten zu identifizieren. Am Beispiel Waldbrand könnte dies dadurch geschehen, dass man seinen versicherten Gebäudebestand mit einer Flächennutzungskarte verschneidet und den Teilbestand identifiziert, der sich innerhalb eines bestimmten Korridors um die Waldfläche befindet. Anschließend könnte man Radien betrachten, in denen ein Totalverlust durch Waldbrand unterstellt wird, und – analog den Vorgaben von Solvency II – den Radius mit dem höchsten Versicherungsbestand als potenzielles Kumulrisiko definieren.

## 6.3 Rückversicherung

Rückversicherungs-(RV)-Verträge werden üblicherweise mit einer Laufzeit von einem Jahr abgeschlossen. Jährlich im Herbst wird über die Konditionen für das nächste Kalenderjahr verhandelt. Abgeschlossene RV-Verträge bzw. bekannte RV-Konditionen gibt es somit in der Regel nur für das direkte Folgejahr. Das heißt, bei Projektionen in die Zukunft muss man Annahmen treffen, welchen Rückversicherungsschutz man zukünftig haben wird und zu welchem Preis.

Es wären also folgende Fragen zu klären: Wie passt das Unternehmen die Rückversicherungsstruktur an die Entwicklung bei den Naturgefahren an? Und sind die Rückversicherer bereit, die angepasste Rückversicherungsstruktur auch abzuschließen und zu welchem Preis? Auch bei Nicht-Anpassung des Rückversicherungsschutzes stellt sich Frage nach dem Preis. Tendenziell wird der Preis wohl steigen, wenn die Schäden zunehmen.

Eine mögliche Annahme wäre, dass es keine Änderungen gibt, Deckungsumfang und Preis blieben somit unverändert. Im Falle des Klimawandel-Szenarios erscheint dies zunächst keine sinnvolle Annahme zu sein, allerdings würden dann auch die (Erst-) Versicherungsprämien als konstant betrachtet und man könnte argumentieren, dass sich beide Effekte letztlich aufheben.

<sup>138</sup> Vgl. JRC (2020).

Eine weitere mögliche Annahme wäre, dass sich das Bruttoisiko in dem Klimawandelszenario im gleichen Verhältnis durch Rückversicherung reduziert wie in der aktuellen Situation – man also implizit Rückversicherungsschutz zukaufte. Der Preis für die Rückversicherung könnte dann im gleichen Verhältnis erhöht werden wie sich die Wirkung der Rückversicherung erhöht.

Ein erster Anhaltspunkt, um zu diesen Fragen belastbare Annahmen zu treffen, könnte die letzte Verhandlungsrunde sein, die stark durch das Schadenereignis „Bernad“ im Jahr 2021 und eine starke Verknappung des RV-Angebots geprägt war. Unternehmen könnten sich hieran orientieren bzw. die Annahmen damit begründen. Die getroffenen Annahmen sollten möglichst plausibel hergeleitet und gut dokumentiert sein.

#### 6.4 Transitionsrisiken

Aus veränderten ökonomischen, politischen, gesellschaftlichen oder rechtlichen Rahmenbedingungen können Transitionsrisiken entstehen. Ein wesentlicher Treiber für diese Risiken sind Maßnahmen im Kontext einer Umstellung auf eine kohlenstoffarme Wirtschaft.<sup>139</sup> Zudem bestehen unmittelbare Wechselwirkungen zwischen physischen Risiken und Transitionsrisiken. So werden einerseits die physischen Folgen des Klimawandels stärker, je später die Gesellschaft ihre Treibhausgasemissionen reduziert. Andererseits können mögliche Anpassungsstrategien der Politik infolge von Naturereignissen schneller und stärker wirken, was wiederum die Transitionsrisiken erhöhen kann.<sup>140</sup> Transitionsrisiken können disruptiv auftreten und fallen „...umso schwerer aus, je stärker der Richtungswechsel der Politik ist.“<sup>141</sup> Deshalb sind die Ergebnisse unternehmensindividueller Analysen der Auswirkungen von Transitionsrisiken größerer Unsicherheit unterworfen als die Analysen anderer Risiken.

Nach Einschätzung der DAV sind die Auswirkungen von Transitionsrisiken im Kontext des Klimawandels insbesondere in den Bereichen der Kapitalanlagen, des Gegenparteausfallrisikos und der Strategischen Risiken hoch, während die Folgen für Versicherungstechnische Risiken, Operationelle Risiken, Storno- und Reputationsrisiken als mittel eingestuft werden.<sup>142</sup>

Grundsätzlich sind sämtliche Kompositsparten und Kundengruppen von Transitionsrisiken betroffen. So

werden Privatkunden z. B. durch gesetzliche Änderungen bei der energetischen Sanierung von Gebäuden oder bei Energiekosten unmittelbar von veränderten gesetzlichen Rahmenbedingungen berührt. Zudem wirken sich Transitionsrisiken sowohl auf die Mobilität und damit auf die K-Versicherung als auch auf sozioökonomische Faktoren (z. B. Urbanisierung) und damit das Wohngebäudeportfolio aus.

Deutlich stärker sind jedoch voraussichtlich Transitionsrisiken im Bereich der gewerblichen oder industriellen Versicherung zu erwarten. Hierbei sind insbesondere emissionsintensive Branchen in Relation zur Wertschöpfung überproportional von Wertschöpfungsverlusten betroffen, wie die Landwirtschaft oder die Energiewirtschaft.<sup>143</sup> Die DAV nennt als weitere direkte Auswirkungen z. B. den Ausfall von Unternehmen und Assets für die Kredit- und Kautionsversicherung. Hinzu kommen indirekte Auswirkungen für die Haftpflichtsparten, wenn durch Klimaveränderung Geschädigte Entschädigungsansprüche gegen Unternehmen stellen, die direkt oder indirekt für die Schäden des Klimawandels verantwortlich gemacht werden.<sup>144</sup>

Im Hinblick auf die erste Bewertung von Transitionsrisiken für einen Kompositversicherer kommt der Kapitalanlage eine besondere Bedeutung zu. Aber auch auf den Versichertenbestand, die Produkte, die Schadenregulierung und den Vertrieb können sie unmittelbare Auswirkungen haben. So kann es risikoe erhöhend im Hinblick auf Transitionsrisiken sein, wenn

- der Versicherungsbestand wenig diversifiziert ist und Schwerpunkte im Versichertenportfolio für Produkte und/oder Branchen bestehen, die voraussichtlich stark von veränderten politischen Rahmenbedingungen betroffen sind. Dies kann stornoe erhöhend und beitragsreduzierend bei umsatzabhängigen Tarifen sein. Außerdem können Sekundäreffekte auf Vertriebspartner entstehen, wenn durch eine Schwerpunktbildung im Bestand Veränderungen in den Sektoren auch Auswirkungen auf das vermittelte Privatkundengeschäft haben;
- Produkte Kostenpositionen beinhalten, die künftig die Schadenregulierungsaufwände infolge gesetzlicher / behördlicher Anpassungen erhöhen.

<sup>139</sup> Vgl. BaFin (2019).

<sup>140</sup> Vgl. BaFin (2019), S. 14.

<sup>141</sup> Deutsche Bundesbank (2021), S. 93.

<sup>142</sup> Vgl. DAV (2021), S. 26.

<sup>143</sup> Vgl. Deutsche Bundesbank (2021), S. 94 ff.

<sup>144</sup> Vgl. DAV (2021), S. 15.

Deshalb kann eine erste qualitative Analyse von Transitionsrisiken im Hinblick auf die Diversifikation erfolgen z. B. für den Bestand

- nach Privat- und Firmenkunden,
- nach Sparten,
- nach geografischen Schwerpunkten,
- des Firmenkundengeschäfts nach Branchen/Sektoren.

Im Firmenkundengeschäft kann eine Verzahnung zwischen den unternehmensindividuellen Assetklassen und den Betriebsarten der Gewerbe-/

Industrierversicherung sinnvoll sein, wenn z. B. Daten für die CO<sub>2</sub>-Relevanz von Investments vorliegen. Zudem zeigen die oben angeführten Spartenbeispiele, dass eine Analyse des Produktportfolios Kenntnisse zur Einschätzung der Transitionsrisiken bringen kann. So ist die Frage, welche Policen in relevanten Betriebsarten umsatzbezogen sind und welches Beitragsvolumen hiervon betroffen ist. Zudem kann eine Analyse der Mehrkostenthematik in Sach einschließlich behördlicher Aufbaubeschränkungen Hinweise auf veränderte Bewertungen des Prämien- und Reserverisikos geben.

## 7. Sonstige Risiken

Neben den in den vorangegangenen Kapiteln ausführlich behandelten Risiken könnten unter Umständen auch noch weitere Risiken auftreten.

### Operationelle Risiken

Operationelle Risiken können sich aus folgenden Aspekten ergeben (die Aufzählung ist beispielhaft und nicht abschließend, unternehmensindividuelle Punkte wären zusätzlich zu berücksichtigen):

- unzureichende Verfügbarkeit von Personal infolge von Naturkatastrophen
- Beeinträchtigung der technischen Infrastruktur (IT) z. B. bei Stromausfällen
- eingeschränkte Nutzbarkeit der eigenen Geschäftsräume
- bei Häufung der Schadenmeldungen in Folge von Naturkatastrophen und/oder Kumulschadensereignissen möglicherweise vermehrte Fehler in der Bearbeitung
- im Notfallbetrieb möglicherweise höhere Risikoexponierung gegenüber Cyberangriffen

Wie generell bei operationellen Risiken erscheint auch in der hier vorgenommenen Szenariobetrachtung das Erarbeiten von Notfallplänen und technischen Sicherungsmaßnahmen in vielen Fällen wichtiger als das Vorhalten einer bestimmten Kapitalanforderung.

Bei unklaren Haftungsfragen (Umfang des Versicherungsschutzes) sind auch rechtliche Risiken möglich.

Zusätzliche rechtliche Risiken, denen Dritte ausgesetzt sind, können für das Versicherungsunternehmen

ebenfalls eine Rolle spielen, wenn der Dritte Versicherungsnehmer oder Investitionsobjekt des Versicherungsunternehmens ist. Im Zuge der Transition können sich beispielsweise neue gesetzliche Regelungen oder Gerichtsurteile stark auf den Aktienkurs betroffener Unternehmen auswirken.<sup>145</sup> Derartige indirekte rechtliche Risiken sind aber Teil der versicherungstechnischen Risiken bzw. der Kapitalanlagerisiken des Versicherungsunternehmens und stellen keine operationellen Risiken und auch keine eigene Risikokategorie dar.

### Reputationsrisiken

Reputationsrisiken beschreiben Risiken aus einer möglichen Schädigung des Rufes des Unternehmens in Folge einer negativen Wahrnehmung in der Öffentlichkeit. Im Zusammenhang mit den Risiken aus dem Klimawandel sind Risiken z. B. aus Investitionsentscheidungen oder angebotenen Produkten denkbar.

### Liquiditätsrisiken

Mit Liquiditätsrisiko wird das Risiko bezeichnet, zum Begleichen fälliger Zahlungsverpflichtungen benötigte Zahlungsmittel nicht oder nur zu erhöhten Refinanzierungskosten beschaffen zu können. Generell wird dem Liquiditätsrisiko durch ausreichende Fungibilität und Diversifikation der Kapitalanlagen Rechnung getragen. Im Zusammenhang mit dem Klimawandel sind z. B. Liquiditätsrisiken aus erhöhten Schadenzahlungen oder Stornierungen denkbar. Die in Kapitel 4 beschriebenen Transitionsrisiken am Kapitalmarkt sollten für Versicherer in der Regel nicht mit Liquiditätsrisiken verbunden sein.

<sup>145</sup> Vgl. NGFS (2021).

## 8. Kritische Auseinandersetzung mit den Ergebnissen

In den vorangegangenen Kapiteln wurden mögliche Ansätze vorgestellt, mit denen Versicherungen die Auswirkungen des Klimawandels und der Transition zu einer klimafreundlichen Wirtschaft untersuchen könnten. Grundlage sind die allgemein anerkannten Szenarien des NGFS. Mögliche Auswirkungen auf die Kapitalanlagen, die Personenversicherung und die Schaden-/Unfallversicherung wurden detailliert vorgestellt. Abschließend sollen einige Anregungen zur Interpretation und kritischen Auseinandersetzung mit den Ergebnissen gegeben werden.

Welchen Ansätzen sie letztendlich folgen und was sie mit den jeweiligen Ergebnissen anfangen, liegt ganz in der Hand der einzelnen Unternehmen.

### 8.1 Übergreifende Überlegungen

Die Betrachtung von Klimawandelszenarien im ORSA dient dazu, dass sich Versicherungen damit auseinandersetzen, wie sie als Unternehmen vom Klimawandel betroffen sind. Sowohl der Klimawandel selbst als auch seine möglichen Auswirkungen auf Wirtschaft und Gesellschaft können Folgen für die künftige Risiko- und Solvenzlage des Unternehmens haben. Auch die zur Eindämmung des Klimawandels nötige Transformation der Wirtschaft kann in einer Übergangphase zu erheblichen Transitionsrisiken führen.

Mit den Analysen sollen Vulnerabilitäten entdeckt werden, um im Unternehmen ggf. frühzeitig Gegenmaßnahmen treffen zu können. „Frühzeitig“ kann dabei ganz unterschiedliche Zeitpunkte bedeuten. Manche Entscheidungen stehen vielleicht schon heute an, andere Entscheidungen sind – wenn überhaupt – erst weit in der Zukunft zu treffen. Mit diesem Erkenntnisgewinn und den ggf. daraus abgeleiteten Maßnahmen kann und soll die Resilienz des Unternehmens erhöht werden.

Aufsichtsrechtlich ist die Betrachtung geeigneter Szenarien vorgesehen, die die Entwicklung von Klima und Wirtschaft über einen langen Zeitraum projizieren. In

der Analyse der Szenarien könnte für den kurzen Zeithorizont das Augenmerk auf die Entwicklung üblicher Kenngrößen gelegt werden. Dazu gehören insbesondere

- Eigenmittel,
- SCR und
- Gesamtsolvabilitätsbedarf.

Für den sich anschließenden längeren Zeithorizont stehen eher qualitative Erkenntnisse im Vordergrund. Beispiele dafür wären:

- Wie sind die Auswirkungen auf die strategische Planung?
- Wie sind die Auswirkungen auf die Geschäftsstrategie (Verfügbarkeit, Versicherbarkeit, Anpassung, Vermeidung, Produktgestaltung, Bezahlbarkeit, Vertriebswege etc.)?
- Wie sind die Auswirkungen auf den eigenen Geschäftsbetrieb (Betroffenheit der Standorte/Mitarbeiter)?
- Sind die Resilienz und die Robustheit der Unternehmensstrategien unter verschiedenen nachteiligen Entwicklungen gegeben?
- Ist das Geschäftsmodell langfristig nachhaltig möglich?
- Können potenzielle nachteilige Entwicklungen abgemildert oder verhindert werden?
- Wo will das Unternehmen zukünftig hin? Welche Handlungsmöglichkeiten gibt es?
- Wie sehen die zukünftigen und ggf. heutigen dazugehörigen Managemententscheidungen aus?
- Wie anpassungsfähig ist das Unternehmen (Laufzeit der Verträge, Prämienanpassungsklauseln, Risikopräventionsmaßnahmen, Entwicklung neuer Geschäftsfelder etc.)?

Bei der Einordnung von Ergebnissen aus einzelnen Szenarien muss in jedem Fall beachtet werden, dass es sich dabei um **keine Prognosen**, sondern um reine **What-If-Analysen** handelt, mit denen lediglich Risiken identifiziert werden sollen. Angesichts der hohen epistemischen Unsicherheit ist mehr auch nicht möglich.<sup>146</sup>

Mit Sicherheit wird keines der NGFS-Szenarien genau so eintreten. Die Szenarien dienen stattdessen dazu, beispielhaft mögliche Entwicklungen in sich stimmig analysieren zu können. In den hier gewählten Szenarien Delayed Transition und Current Policies zeigen sich dabei einmal schwerpunktmäßig Transitionsrisiken und einmal schwerpunktmäßig physische Risiken. In gewisser Weise wird damit ein Raum aufgespannt, in dem viele verschiedene Entwicklungen denkbar sind.

Genauso wenig ist zu erwarten, dass die Unternehmen genau das Schicksal erleiden, wie es in den Analysen durchgespielt wird – vor allem, da in der Analyse zumeist vermutlich kein reaktives Verhalten berücksichtigt wird. Tatsächlich haben die Unternehmen die Möglichkeit jederzeit gegenzusteuern. Vermeintlich schlechte Ergebnisse in den Szenarien sind daher nicht per se negativ zu sehen, sondern im Gegenteil wertvoll für das Unternehmen, da sie vorausschauend Handlungsbedarf aufzeigen. Der Lerneffekt durch die Auseinandersetzung mit ungünstigen Szenarien soll gerade darin bestehen, durch rechtzeitige Maßnahmen zu verhindern, dass vergleichbare Ergebnisse tatsächlich eintreten.

## 8.2 Kapitalanlage

Als größter institutioneller Kapitalanleger kann die deutsche Versicherungswirtschaft einen wesentlichen Beitrag bei der Begleitung und Finanzierung der Transformation der Realwirtschaft leisten. Gleichzeitig sind Versicherer in ihrer Rolle als Kapitalanleger aber auch in hohem Maße den mit dem Übergang zu einer klimafreundlichen Wirtschaft verbundenen Risiken an den Kapitalmärkten ausgesetzt. Die wirtschaftliche Transformation beeinflusst die künftige Wertentwicklung von Aktien, Anleihen und Immobilien. Es wird dabei mehr oder weniger Betroffene, und es wird ganz sicher auch Gewinner und Verlierer geben.

Selbst wenn die im Mittel erwarteten Veränderungen in den heutigen Marktpreisen bereits in vollem Umfang eingepreist sein sollten – was teilweise bezweifelt

wird –, ist die künftige Entwicklung mit großen Unsicherheiten behaftet. Am Kapitalmarkt können sich auch Pfade realisieren, die nicht den heutigen mittleren Erwartungen entsprechen. Ob es dabei bei bestimmten Kapitalanlagen zu deutlichen Einbußen kommen könnte, hängt insbesondere vom Zeitpunkt und den konkreten Maßnahmen ab, mit denen die Transition vorangetrieben wird. Generell ist zu erwarten, dass Verwerfungen umso heftiger ausfallen könnten, je länger die Transition hinausgezögert wird. Diese Risiken gilt es in den heutigen Kapitalanlageentscheidungen mitzubedenken.

Wenn der Analyse des Transitionsrisikos dementsprechend das Current-Policies-Szenario zugrunde gelegt wird, in dem die Transformation erst im Jahr 2030 plötzlich beginnt, ergeben sich auf verschiedenen Ebenen ganz unterschiedliche Effekte. Im Hinblick auf Energieversorgung und -nutzung ist ein langandauernder und tiefgreifender Umbau der Weltwirtschaft zu erwarten. Für das Wirtschaftswachstum ist dagegen in Deutschland nur ein geringer Rückgang ganz am Anfang zu erwarten, bevor die Wirtschaft wieder mit gewohntem Tempo weiter wächst. Am Aktienmarkt wird ebenfalls ein anfänglicher Rückgang projiziert, der einerseits kleiner als in vergangenen Krisen ausfällt, aber andererseits erst nach vielen Jahren vollständig aufgeholt wird. Hinter diesem allgemeinen Kursrückgang verbergen sich jedoch disparate Entwicklungen für einzelne Branchen und Unternehmen. Analysen auf Ebene volkswirtschaftlicher Sektoren ergeben teilweise deutlich höhere Risiken, gehen aber mit großer Modellunsicherheit einher.

Um das Transitionsrisiko einzelner Kapitalanlagen einschätzen zu können, wären noch granularere Untersuchungen nötig, für die bislang jedoch die Datenlage schwierig ist. Die NGFS-Szenarien selbst liefern nur Ergebnisse auf einer aggregierten Ebene. Darüber hinaus ist bei den wirtschaftlichen Aspekten der NGFS-Szenarien generell die Modellunsicherheit enorm. Je nachdem, welches der drei Integrated Assessment Models (IAMs) des NGFS verwendet wird, unterscheiden sich die Ergebnisse sehr deutlich. Auch die Unterschiede von einer zur nächsten Modellgeneration des NGFS sind beträchtlich. Welches Modell vermeintlich „richtiger“ ist, lässt sich nicht sagen. Die Projektgruppe hat sich daher für ein agnostisches Vorgehen entschieden und über die Modelle gemittelt. Mit einer speziellen Modellwahl ließen sich zwar noch höhere Effekte erzeugen, aber letztlich gilt für jede Art von Stresstest, dass sich immer noch etwas draufsetzen ließe, um noch extremere Ergebnisse zu erhalten. Sinnvoll erscheint das nicht unbedingt. Robuste Ergebnisse sind

<sup>146</sup> Vgl. BaFin (2023).

eher von einer Mittelung über verschiedene geeignet erscheinende Modelle zu erwarten.

Zusammengefasst ergibt sich aus den vorgestellten Analysen das Bild, dass das Transitionsrisiko keine außergewöhnliche Bedrohung für die heutigen Kapitalanlagen in ihrer Gesamtheit darstellen dürfte. Bei einzelnen Assets, bei denen eine besondere Exponierung gegenüber Transitionsrisiken plausibel erscheint, sollte aber genauer hingeschaut werden. Eingeschränkte Datenverfügbarkeit und hohe Modellunsicherheit stellen erhebliche Probleme dar.

### 8.3 Personenversicherung

Der Klimawandel kann sich, vor allem durch Hitzewellen und andere Extremwetterereignisse, auf die Gesundheit der Menschen auswirken. Daher ist es sinnvoll, auch die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels auf die Versicherungstechnik der Personenversicherer zu untersuchen und zu verstehen. Die biometrischen Risiken dieser Versicherungssparte scheinen zwar zunächst relativ wenig betroffen zu sein. Durch die langen Laufzeiten vieler Verträge können sich aber auch Entwicklungen, die erst in vielen Jahren wirksam werden, auf heute abgeschlossene Verträge auswirken. Künftige Trends und Risiken müssen daher möglichst gut antizipiert werden. Anders als bei vielen Krankenversicherungen besteht bei Lebensversicherungen nicht die Möglichkeit, später mit Beitragsanpassungen auf neue Entwicklungen zu reagieren.

Möglicherweise haben andere, nicht unmittelbar mit dem Klimawandel zusammenhängende, Faktoren einen deutlich größeren Einfluss auf die künftige Entwicklung von Lebenserwartung und Gesundheit in Mitteleuropa. Die jüngsten Erfahrungen mit der Covid-19-Pandemie lassen dabei einerseits neue Pandemien befürchten. Die erfolgreiche Entwicklung neuartiger Impfstoffe lässt aber andererseits auch auf Fortschritte in der Bekämpfung von Krankheiten wie Krebs hoffen. Auch sich Klima-unabhängig zum Positiven oder Negativen ändernde Lebens- und Ernährungsgewohnheiten können spürbare Auswirkungen haben.

Da der Klimawandel mit vorhersehbaren und potenziell relevanten langfristigen Veränderungen einhergeht, sollten sich Lebens- und Krankenversicherer dennoch

damit auseinandersetzen, inwieweit ihr auf Jahrzehnte angelegtes Geschäftsmodell mit dem Klimawandel verbundenen Risiken unterliegt. Dass sich das Klima während der Laufzeit vieler Verträge spürbar wandelt, ist unausweichlich – inwieweit dies für das Unternehmen materielle Folgen haben könnte, gilt es zu bewerten. Dies ist eine generelle Anforderung, auch wenn in diesem Bereich nur wenig quantitative Analysen möglich sein sollten. Je nach Ausgang der Bewertung könnten sich vertiefte Analysen dann entweder als erforderlich oder als nicht erforderlich erweisen. In vielen Fällen dürfte dabei die Bewertung der Ergebnisse Entwarnung geben, sodass derzeit keine vertieften Analysen erforderlich sind. Möglicherweise könnten sich aus Erkenntnissen zu langfristigen Risiken aber auch schon Folgen für die heutige Produktpolitik ergeben.

### 8.4 Schaden-/Unfallversicherung

Versicherer wollen und müssen Menschen und Unternehmen finanziell gegen Naturgefahren absichern, die absehbar heftiger und häufiger werden. Damit müssen gerade Schaden-/Unfallversicherer den Klimawandel im Blick haben und dessen Folgen abschätzen können. Auch wenn zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die Naturgefahren schon seit Jahren viel Forschungsarbeit geleistet wurde, sind die Angaben zu den konkreten Veränderungen der Gefahren mit großen Unsicherheiten verbunden. Das heißt, dass genau wie im Fall der Kapitalanleger und der Betrachtung der versicherungstechnischen Risiken der Personenversicherung, die Analysen weitestgehend einer What-If-Analyse entsprechen. Die Bewertung der Auswirkungen sollte folglich nicht als ein wahrscheinliches oder erwartetes Ergebnis angesehen werden.

Hinzu kommt, dass es neben den Veränderungen bei den eigentlichen Naturgefahren auch zu Veränderungen anderer Rahmenbedingungen kommen kann. Schadenprävention durch reformiertes Baurecht, klimabewusstes Bauen und klimaangepasste Infrastruktur spielt dabei eine Schlüsselrolle, um die Schäden des Klimawandels möglichst gering zu halten. Es sollte auch nicht außer Acht gelassen werden, dass Schaden-/Unfallversicherer viele kurzfristige Anpassungsmöglichkeiten haben wie bei den Prämien, im Deckungsumfang oder in ihrer Zeichnungsstrategie.

# Literaturverzeichnis

- BaFin (2019):** Merkblatt zum Umgang mit Nachhaltigkeitsrisiken, <https://www.bafin.de/dok/13412782>
- BaFin (2022):** Hinweise zum Solvency-II-Berichtswesen für Erst- und Rückversicherungsunternehmen sowie Versicherungsgruppen, <https://www.bafin.de/dok/7851368>
- BaFin (2023):** Wie viele Mohnblumen sehen Sie? Risikomanagement zwischen Genauigkeit und Unsicherheit am Beispiel Nachhaltigkeit, *BaFin Journal*, <https://www.bafin.de/dok/19498486>
- [BoE] Bank of England (2019):** General Insurance Stress Test 2019, Scenario Specification, Guidelines and Instructions, <https://www.bankofengland.co.uk/prudential-regulation/letter/2019/insurance-stress-test-2019>
- van Daalen, K. et al. (2022):** The 2022 Europe report of the Lancet Countdown on health and climate change: towards a climate resilient future, *The Lancet – Public Health*, 7 (11), S. e942–e965, [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(22\)00197-9](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(22)00197-9)
- DAV (2019):** Best Estimate in der Lebensversicherung, Fachgrundsatz der Deutschen Aktuarvereinigung e. V., [https://aktuar.de/unsere-themen/fachgrundsätze-oeffentlich/2019-06-27\\_DAV-Hinweis\\_Best\\_Estimate\\_Lebensversicherung.pdf](https://aktuar.de/unsere-themen/fachgrundsätze-oeffentlich/2019-06-27_DAV-Hinweis_Best_Estimate_Lebensversicherung.pdf)
- DAV (2021):** Klimawandel – aktuarielle Implikationen in der Schadenversicherung, Ergebnisbericht des Ausschusses Schadenversicherung, <https://aktuar.de/unsere-themen/fachgrundsätze-oeffentlich/Ergebnisbericht%20AG%20Klimawandel.pdf>
- DAV (2022):** Stornoabzüge in der Lebensversicherung, Fachgrundsatz der Deutschen Aktuarvereinigung e. V., [https://aktuar.de/unsere-themen/fachgrundsätze-oeffentlich/2022-01-27\\_DAV-Hinweis\\_Stornoabzuege\\_Lebensversicherung.pdf](https://aktuar.de/unsere-themen/fachgrundsätze-oeffentlich/2022-01-27_DAV-Hinweis_Stornoabzuege_Lebensversicherung.pdf)
- Deutsche Bundesbank (2021):** Finanzstabilitätsbericht 2021, <https://www.bundesbank.de/resource/blob/879732/ce21f3162cbac988167d9364dbd37f7d/mL/2021-finanzstabilitaetsbericht-data.pdf>
- [DNB] De Nederlandsche Bank (2018a):** An energy transition risk stress test for the financial system of the Netherlands, *Occasional Studies*, 16-7, [https://www.dnb.nl/media/pdnpdalc/201810\\_nr\\_7\\_-2018-\\_an\\_energy\\_transition\\_risk\\_stress\\_test\\_for\\_the\\_financial\\_system\\_of\\_the\\_netherlands.pdf](https://www.dnb.nl/media/pdnpdalc/201810_nr_7_-2018-_an_energy_transition_risk_stress_test_for_the_financial_system_of_the_netherlands.pdf)
- [DNB] De Nederlandsche Bank (2018b):** Web-appendix: Modelling the energy transition risk stress test, [https://www.dnb.nl/media/xgepj5bf/201810\\_nr\\_7\\_-2018-\\_appendix\\_-\\_modelling\\_the\\_energy\\_transition\\_risk\\_stress\\_test.pdf](https://www.dnb.nl/media/xgepj5bf/201810_nr_7_-2018-_appendix_-_modelling_the_energy_transition_risk_stress_test.pdf)
- [EEA] European Environment Agency (2022):** Climate change as a threat to health and well-being in Europe: focus on heat and infectious diseases, *EEA Report*, 07/2022, <https://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-on-health>
- EIOPA (2019):** Opinion on Sustainability within Solvency II, EIOPA-BoS-19/241, [https://www.eiopa.europa.eu/publications/opinion-sustainability-within-solvency-ii\\_en](https://www.eiopa.europa.eu/publications/opinion-sustainability-within-solvency-ii_en)
- EIOPA (2020):** Sensitivity analysis of climate-change related transition risk, <https://www.eiopa.europa.eu/system/files/2020-12/sensitivity-analysis-climate-change-transition-risks.pdf>
- EIOPA (2021a):** Opinion on the supervision of the use of climate change risk scenarios in ORSA, EIOPA-BoS-21-127, <https://www.eiopa.europa.eu/document-library/opinion/opinion-supervision-of-use-of-climate-change-risk-scenarios-orsa>
- EIOPA (2022a):** Application guidance on running climate change materiality assessment and using climate change scenarios in the ORSA, EIOPA-BoS-22/329, [https://www.eiopa.europa.eu/system/files/2022-08/application\\_guidance\\_on\\_running\\_climate\\_change\\_materiality\\_assessment\\_and\\_using\\_climate\\_change\\_scenarios\\_in\\_the\\_orsa\\_0.pdf](https://www.eiopa.europa.eu/system/files/2022-08/application_guidance_on_running_climate_change_materiality_assessment_and_using_climate_change_scenarios_in_the_orsa_0.pdf)
- EIOPA (2022b):** Prudential treatment of sustainable risks, Discussion Paper, EIOPA-BoS-22-527, [https://www.eiopa.europa.eu/document-library/consultation/discussion-paper-prudential-treatment-of-sustainability-risks\\_en](https://www.eiopa.europa.eu/document-library/consultation/discussion-paper-prudential-treatment-of-sustainability-risks_en)
- EIOPA (2022c):** RFR Technical Documentation – The methodology to derive EIOPA's risk-free interest rate term structures, EIOPA-22/547, [https://www.eiopa.europa.eu/tools-and-data/risk-free-interest-rate-term-structures\\_en](https://www.eiopa.europa.eu/tools-and-data/risk-free-interest-rate-term-structures_en)
- Elton, E. et al. (2002):** Explaining the Rate Spread on Corporate Bonds, *The Journal of Finance*, 56 (1), S. 247–277, <https://doi.org/10.1111/0022-1082.00324>
- Europäische Kommission (2021a):** Delegierte Verordnung (EU) 2021/1256 der Kommission vom 21. April 2021 zur Änderung der Delegierten Verordnung (EU) 2015/35 im Hinblick auf die Einbeziehung von Nachhaltigkeitsrisiken in die Governance von Versicherungs- und Rückversicherungsunternehmen, C/2021/2628, [https://eur-lex.europa.eu/eli/reg\\_del/2021/1256/oj](https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_del/2021/1256/oj)

**Europäische Kommission (2021b):** Anhang der Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen – Strategie zur Finanzierung einer nachhaltigen Wirtschaft, COM/2021/390 final, [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9f5e7e95-df06-11eb-895a-01aa75ed71a1.0003.02/DOC\\_2&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9f5e7e95-df06-11eb-895a-01aa75ed71a1.0003.02/DOC_2&format=PDF)

**Europäische Kommission (2021c):** Delegierte Verordnung (EU) 2021/2139 der Kommission vom 4. Juni 2021 zur Ergänzung der Verordnung (EU) 2020/852 des Europäischen Parlaments und des Rates durch Festlegung der technischen Bewertungskriterien, anhand deren bestimmt wird, unter welchen Bedingungen davon auszugehen ist, dass eine Wirtschaftstätigkeit einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz oder zur Anpassung an den Klimawandel leistet, und anhand deren bestimmt wird, ob diese Wirtschaftstätigkeit erhebliche Beeinträchtigungen eines der übrigen Umweltziele vermeidet, konsolidierter Text, [https://eur-lex.europa.eu/eli/reg\\_del/2021/2139/2023-01-01](https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_del/2021/2139/2023-01-01)

**Fama, E. und French, K. (1993):** Common risk factors in the returns on stocks and bonds. *Journal of Financial Economics*, 33 (1), S. 3–56, [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(93\)90023-5](https://doi.org/10.1016/0304-405X(93)90023-5)

**Flaute, M. et al. (2022):** Volkswirtschaftliche Folgekosten durch Klimawandel: Szenarioanalyse bis 2050 – Studie im Rahmen des Projektes Kosten durch Klimawandelfolgen in Deutschland, GWS Research Report, 2022/02, <https://www.gws-os.com/de/publikationen/alle-publikationen/detail/volkswirtschaftliche-folgekosten-durch-klimawandel-szenarioanalyse-bis-2050>

**Frankovic, I. (2022):** The impact of carbon pricing in a multi-region production net-work model and an application to climate scenarios, *Bundesbank Technical Papers*, 07/2022, <https://www.bundesbank.de/en/publications/research/discussion-papers/the-impact-of-carbon-pricing-in-a-multi-region-production-net-work-model-and-an-application-to-climate-scenarios-845684>

**Fyfe, John et al. (2021):** Summary for Policymakers of the Working Group I Contribution to the IPCC Sixth Assessment Report – data for Figure SPM.8 (v20210809), NERC EDS Centre for Environmental Data Analysis, <http://dx.doi.org/10.5285/98af2184e13e4b91893ab72f301790db>

**Gasparri, A. et al. (2017):** Projections of temperature-related excess mortality under climate change scenarios, *The Lancet – Planetary Health*, 1 (9), S. e360–e367, [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(17\)30156-0](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30156-0)

**GDV (2021):** Positionspapier zur Zukunft der Versicherung gegen Naturgefahrenereignisse in Deutschland, <https://www.gdv.de/resource/blob/71796/6f0fb2efaf19015693e6051a36bb1c0d/pdf-data.pdf>

**GDV (2023):** Nachhaltigkeitspositionierung, <https://www.gdv.de/gdv/medien/medieninformationen/versicherer-verankern-schutz-natuerlicher-lebens-und-wirtschaftsgrundlagen-in-ihren-zielen-127092>

**GERICS Climate Service Center Germany (2020):** Gesundheit und Klimawandel, [https://www.climate-service-center.de/about/news\\_and\\_events/news/085867/index.php.de](https://www.climate-service-center.de/about/news_and_events/news/085867/index.php.de)

**Gilchrist, S. et al. (2009):** Credit market shocks and economic fluctuations: Evidence from corporate bond and stock markets, *Journal of Monetary Economics*, 56 (4), S. 471–493, <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2009.03.017>

**[IMF] International Monetary Fund (2021):** World Economic Outlook October 2021 – Recovery During a Pandemic, <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2021/10/12/world-economic-outlook-october-2021>

**IPCC (2021):** Summary for Policymakers, in: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, S. 3–32

**[JRC] Joint Research Centre (2020):** Climate change impacts and adaptation in Europe – JRC PESETA IV final report, [https://joint-research-centre.ec.europa.eu/system/files/2020-05/pesetaiv\\_summary\\_final\\_report.pdf](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/system/files/2020-05/pesetaiv_summary_final_report.pdf)

**Kalkul, M. und Wenz, L. (2020):** The Impact of climate conditions on economic production, Evidence from a global panel of regions, *Journal of Environmental Economics and Management*, 103, 102360, <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2020.102360>

**Karlsson, S. und Österholm, P. (2020):** The relation between the corporate bond-yield spread and the real economy: Stable or time-varying?, *Economic Letters*, 186, 108883, <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2019.108883>

**Knist, S. et al. (2020):** Evaluation and projected changes of precipitation statistics in convection-permitting WRF climate simulations over Central Europe, *Climate Dynamics*, 55, S. 325–341, <https://doi.org/10.1007/s00382-018-4147-x>

**Kriegler, E. et al. (2012):** The need for and use of socio-economic scenarios for climate change analysis: A new approach based on shared socio-economic pathways, *Global Environmental Change*, 22 (4), S. 807–822, <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.05.005>

**Lelieveld, J. et al. (2020):** Loss of life expectancy from air pollution compared to other risk factors: a worldwide perspective, *Cardiovascular Research*, 116 (11), S. 1910–1917, <https://doi.org/10.1093/cvr/cvaa025>

**Munich Re (2020):** Climate change will result in more severe hailstorms in Europe, <https://www.munichre.com/topics-online/en/climate-change-and-natural-disasters/climate-change/climate-change-and-severe-hailstorms-in-europe.html>

**[NGFS] Network for Greening the Financial System (2020):** Guide to climate scenario analysis for central banks and supervisors, Technical Document, [https://www.ngfs.net/sites/default/files/medias/documents/ngfs\\_guide\\_scenario\\_analysis\\_final.pdf](https://www.ngfs.net/sites/default/files/medias/documents/ngfs_guide_scenario_analysis_final.pdf)

**[NGFS] Network for Greening the Financial System (2021):** Climate-related litigation: raising awareness about a growing source of risk, <https://www.ngfs.net/en/climate-related-litigations-raising-awareness-about-growing-source-risk>

**[NGFS] Network for Greening the Financial System (2022a):** Climate Scenarios Database, Technical Documentation V3.1, [https://www.ngfs.net/sites/default/files/media/2022/11/21/technical\\_documentation\\_ngfs\\_scenarios\\_phase\\_3.pdf](https://www.ngfs.net/sites/default/files/media/2022/11/21/technical_documentation_ngfs_scenarios_phase_3.pdf)

**[NGFS] Network for Greening the Financial System (2022b):** NGFS Scenarios for central banks and supervisors, [https://www.ngfs.net/sites/default/files/medias/documents/ngfs\\_climate\\_scenarios\\_for\\_central\\_banks\\_and\\_supervisors\\_.pdf.pdf](https://www.ngfs.net/sites/default/files/medias/documents/ngfs_climate_scenarios_for_central_banks_and_supervisors_.pdf.pdf)

**[NGFS] Network for Greening the Financial System (2022c):** Not too late – Confronting the growing odds of a late and disorderly transition, [https://www.ngfs.net/sites/default/files/media/2022/09/07/not\\_too\\_late\\_-\\_confronting\\_the\\_growing\\_odds\\_of\\_a\\_late\\_and\\_disorderly\\_transition.pdf](https://www.ngfs.net/sites/default/files/media/2022/09/07/not_too_late_-_confronting_the_growing_odds_of_a_late_and_disorderly_transition.pdf)

**[NIESR] National Institute of Economic and Social Research (2022):** National Institute Global Econometric Model (NiGEM), <https://nimodel.niesr.ac.uk/index.php?t=5>

**O'Neill, B. C. et al. (2017):** The Roads ahead: Narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century, *Global Environmental Change*, 42, S. 169–180, <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.01.004>

**Raupach, T. et al. (2021):** The effects of climate change on hailstorms, *Nature Reviews Earth & Environment*, 2, S. 213–226, <http://dx.doi.org/10.1038/s43017-020-00133-9>

**Romanello, M. et al. (2021):** The 2021 report of the Lancet Countdown on health and climate change: code red for a healthy future, *The Lancet*, 398 (10311), S. 1619–1662, [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)01787-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)01787-6)

**von Schneidmesser, E. et al. (2020):** How will air quality effects on human health, crops and ecosystems change in the future?, *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 378 (2183), <https://doi.org/10.1098/rsta.2019.0330>

**Schober, D. et al. (2021):** Sensitivitätsanalyse klimabezogener Transitionsrisiken des deutschen Finanzsektors, *Bundesbank Technical Papers*, 13/2021, <https://www.bundesbank.de/resource/blob/875940/8e-7ac54396fb19056eb9e4f201939a0b/mL/2021-13-technical-paper-data.pdf>

**Schultes, A. et al. (2021):** Economic damages from on-going climate change imply deeper near-term emission cuts, *Environmental Research Letters*, 16 (104053), <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac27ce>

**Silva, R. et al. (2016):** The effect of future ambient air pollution on human premature mortality to 2100 using output from the ACCMIP model ensemble, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 16(15), S. 9847–9862, <https://doi.org/10.5194/acp-16-9847-2016>

**Statistisches Bundesamt (2022):** Sterbefallzahlen im Juli 2022 um 12 % über dem mittleren Wert der Vorjahre, Pressemitteilung Nr. 343 vom 9. August 2022, [https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/08/PD22\\_343\\_126.html](https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/08/PD22_343_126.html)

**ter Steege, L. und Vogel, E. (2021):** German residential real estate valuation under NGFS climate scenarios, *Bundesbank Technical Papers*, 09/2021, <https://www.bundesbank.de/resource/blob/831402/fbc5a504f-74d74e93a326468ddbda966/mL/2021-09-technical-paper-data.pdf>

**Sustainable Insurance Forum (2021):** SIF Scoping Study: Nature-related risks in the global insurance sector, [https://www.sustainableinsuranceforum.org/view\\_pdf.php?pdf\\_file=wp-content/uploads/2021/11/UN\\_Nature-Related-Risks-in-the-Global-Insurance-Sector\\_v9.pdf](https://www.sustainableinsuranceforum.org/view_pdf.php?pdf_file=wp-content/uploads/2021/11/UN_Nature-Related-Risks-in-the-Global-Insurance-Sector_v9.pdf)

**Thompson, R. et al. (2018):** Associations between high ambient temperatures and heat waves with mental health outcomes: a systematic review, *Public Health*, 161, S. 171–191. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2018.06.008>

**Umweltbundesamt (2021):** Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland, Teilbericht 5: Risiken und Anpassung in den Clustern Wirtschaft und Gesundheit, Climate Change 24/2021, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/KWRA-Teil-5-Wirtschaft-Gesundheit#:~:text=Teilbericht%205%3A%20Klimarisiken%20in%20den,und%2013%20Handlungsfelder%20untersucht%20wurden>

# Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1</b>	NGFS-Szenarien	16
<b>Abbildung 2</b>	Lufttemperatur	18
<b>Abbildung 3</b>	Treibhausgas-Emissionen	19
<b>Abbildung 4</b>	CO <sub>2</sub> -Preis	20
<b>Abbildung 5</b>	CO <sub>2</sub> -Preis nach GCAM	25
<b>Abbildung 6</b>	CO <sub>2</sub> -Preis nach REMIND-MAGPIE	25
<b>Abbildung 7</b>	CO <sub>2</sub> -Preis nach MESSAGEix-GLOBIOM	25
<b>Abbildung 8</b>	Energiemix	36
<b>Abbildung 9</b>	Energie-Investitionen	37
<b>Abbildung 10</b>	Unterschiedliche Einschätzungen sektorspezifischer Auswirkungen	40
<b>Abbildung 11</b>	Skalierungsfaktoren für die unterschiedlichen Sektoren	41
<b>Abbildung 12</b>	Zusammenhang von Spreadänderungen und Aktienrenditen	43
<b>Abbildung 13</b>	Zusammenhang von Anleihenindex-Änderungen und Aktienrenditen	43
<b>Abbildung 14</b>	Bruttoinlandprodukt	46
<b>Abbildung 15</b>	Aktien im Vergleich der Szenarien	48
<b>Abbildung 16</b>	Aktien im Vergleich der Modelle und Modellgenerationen	49
<b>Abbildung 17</b>	Leitzins	51
<b>Abbildung 18</b>	Langfristiger Nominalzins	51
<b>Abbildung 19</b>	Langfristiger Realzins	51
<b>Abbildung 20</b>	Immobilien	52
<b>Abbildung 21</b>	Wechselkurs zum Dollar	53
<b>Abbildung 22</b>	Inflation	54
<b>Abbildung 23</b>	Arbeitslosigkeit	54
<b>Abbildung 24</b>	Regionale Verteilung hitzebedingter Übersterblichkeit	57
<b>Abbildung 25</b>	Hitze- und kältebedingte Übersterblichkeit	58
<b>Abbildung 26</b>	Schadstoffbedingte Übersterblichkeit am Beispiel Ozon	59
<b>Abbildung 27</b>	Windgeschwindigkeit im Current-Policies-Szenario	65
<b>Abbildung 28</b>	Windgeschwindigkeit in verschiedenen Erwärmungsszenarien	65
<b>Abbildung 29</b>	Veränderung der stündlichen Niederschlagsmenge im 99,9%-Quantil	67
<b>Abbildung 30</b>	Veränderung der stündlichen Niederschlagsmenge in verschiedenen Quantilen	68
<b>Abbildung 31</b>	Schäden aus Flussüberschwemmungen	68
<b>Abbildung 32</b>	Waldbrände	74

# Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 1</b>	Klassifikation von Klimagefahren durch die EU-Kommission	12
<b>Tabelle 2</b>	Methodische Ansätze zur Bewertung der Szenarien	29
<b>Tabelle 3</b>	Kleinste-Quadrate-Schätzung für verschiedene CDS-Spreads	42
<b>Tabelle 4</b>	Kleinste-Quadrate-Schätzung für verschiedene Anleiheindizes	44
<b>Tabelle 5</b>	Annahmen für Beispielunternehmen	69
<b>Tabelle 6</b>	Ermitteltes Flutrisiko GSB	70
<b>Tabelle 7</b>	GuV ohne Berücksichtigung des Klimawandels	72
<b>Tabelle 8</b>	Annahmen für die Gewinn- und Verlustrechnung	72
<b>Tabelle 9</b>	GuV unter Berücksichtigung des Klimawandels	73
<b>Tabelle 10</b>	Zusätzliche Annahmen für die Gewinn- und Verlustrechnung	73

# Mitwirkende

<b>Allermann, Dr. Lars</b>	R+V Versicherung AG
<b>Aumüller, Dr. Ursula<sup>a</sup></b>	Swiss Life AG Niederlassung für Deutschland
<b>Becker, Laura</b>	Provinzial Rheinland Versicherung AG
<b>Becker, Dr. Volker<sup>b</sup></b>	Provinzial Rheinland Versicherung AG
<b>Borowski, Karl</b>	ERGO Group AG
<b>Büssing, Sarah</b>	HDI AG
<b>Büttner, Florian</b>	HUK-COBURG Versicherungsgruppe
<b>Burghoff, Dr. Olaf</b>	Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V.
<b>Disselkamp, Theresa</b>	SIGNAL IDUNA Gruppe
<b>Färber, Melanie</b>	Allianz Deutschland AG
<b>Faulhaber, Oliver</b>	SV SparkassenVersicherung Holding AG
<b>Friedemann, Jochen<sup>a</sup></b>	HDI AG
<b>Griep, Sabine<sup>b</sup></b>	Generali Deutschland Versicherung AG
<b>Hirschfeld, Dr. Bernd</b>	Generali Deutschland AG
<b>Hübel, Dr. Benjamin</b>	HUK-COBURG Asset Management GmbH
<b>Hydi, Iris<sup>b</sup></b>	Swiss Life AG, NFD
<b>Kakkar, Rajeev</b>	Helvetia Versicherungen
<b>Keller, Dr. Jan</b>	Vereinigte Hagelversicherung VVaG
<b>König, Prof. Dr. Robert<sup>a</sup></b>	VGH Versicherungen Hannover
<b>Kunze, Dr. Lars<sup>b</sup></b>	Signal Iduna Gruppe
<b>Kureljusic, Jelena</b>	Generali Deutschland AG
<b>Löbber, Jochen<sup>a</sup></b>	Gothaer Versicherungsbank VVaG
<b>Lumpe, Lars</b>	Sparkassen-Versicherung Sachsen
<b>Michalk, Dr. Linda</b>	Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V.
<b>Pilous, Michael</b>	Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V.
<b>Piotrowiak, Dr. Sven</b>	NÜRNBERGER Versicherungsgruppe
<b>Raithel, Sascha</b>	Verband der Privaten Krankenversicherung e. V.
<b>Reichmuth, Dr. Wolfgang</b>	Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V.
<b>Richter, Anna</b>	HDI Deutschland AG
<b>Rück, Ulrich</b>	Generali Deutschland AG
<b>Schmidt, Jan</b>	Vereinigte Hagelversicherung VVaG
<b>Schneider, Dirk</b>	HUK-COBURG Asset Management GmbH
<b>Schwarz, Jeannette</b>	Mecklenburgische Versicherungs-Gesellschaft a. G.
<b>Struck, Meike</b>	Itzehoer Versicherung
<b>Subow, Marianne<sup>b</sup></b>	Gothaer Versicherungsbank VVaG
<b>Sußmann, Dr. Gerald</b>	Versicherungskammer Bayern
<b>Tiedemann, Kathrin<sup>b</sup></b>	Signal Iduna Lebensversicherung a.G.
<b>Weiter, Axel</b>	HDI AG
<b>Wrede, Matthias</b>	Provinzial Versicherung AG

<sup>a</sup> Mitwirkung nur an Version 1.0/1.1

<sup>b</sup> Mitwirkung ab Version 2.0

## ANSPRECHPARTNER | HAUPTAUTOREN | KOORDINATION

Dr. Linda Michalk ([L.Michalk@gdv.de](mailto:L.Michalk@gdv.de); +49 30 2020-5487)

Dr. Wolfgang Reichmuth ([W.Reichmuth@gdv.de](mailto:W.Reichmuth@gdv.de); +49 30 2020-5496)





---

**Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V.**  
Wilhelmstraße 43 / 43 G, 10117 Berlin  
Postfach 08 02 64, 10002 Berlin  
Tel.: 030 2020-5000, Fax: 030 2020-6000  
[www.gdv.de](http://www.gdv.de), [berlin@gdv.de](mailto:berlin@gdv.de)