

**This is the preprint of the contribution published as:**

Peter, M., Guyer, M., Flüssler, J., Knittel, N., Bednar-Friedl, B., Bachner, G., **Schwarze, R.**  
(2021):

Transnationale Wirkungen des globalen Klimawandels für Deutschland.

Politikempfehlungen aus einer kombinierten Bottom-Up und Top-Down Analyse

*Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht* **44** (1), 14 - 51

# **Transnationale Wirkungen des globalen Klimawandels für Deutschland. Politikempfehlungen aus einer kombinierten Bottom- Up und Top-Down Analyse.**

von

Martin Peter<sup>1</sup>, Madeleine Guyer<sup>1</sup>, Jürg Füssler<sup>1</sup>,

Nina Knittel<sup>2</sup>, Birgit Bednar-Friedl<sup>2</sup>, Gabriel Bachner<sup>2</sup> und

Reimund Schwarze<sup>3</sup>.

## **Zusammenfassung**

Der Klimawandel ist eine globale Herausforderung. Er manifestiert sich durch Veränderungen in der Häufigkeit und Intensität extremer regionaler Wetterereignisse sowie durch graduelle Veränderungen des Klimas. Genau wie die aktuelle Coronavirus-Pandemie machen sich die Auswirkungen des Klimawandels in jedem Land unabhängig von seinen geophysikalischen und politischen Grenzen bemerkbar. Das Pariser Übereinkommen legt deshalb fest, dass die Anpassung an den Klimawandel als eine globale Herausforderung zu betrachten ist. Die internationale Dimension von Anpassungsmaßnahmen wurde bisher zu wenig berücksichtigt. Bisher wurden die Auswirkungen des Klimawandels meist nur innerhalb nationaler Grenzen beobachtet und untersucht. Je nach Ausmaß seiner globalen Integration und Interaktion mit anderen verwundbaren Ländern kann ein Land jedoch in unterschiedlichem Ausmaß indirekt von den internationalen Auswirkungen des Klimawandels betroffen sein. Dies gilt sowohl für Industrie- als auch für Entwicklungsländer. Diese sogenannten transnationalen Auswirkungen des globalen Klimawandels sind

---

<sup>1</sup> INFRAS AG, Zürich

<sup>2</sup> Universität Graz, Wegener Center für Klima und Globalen Wandel

<sup>3</sup> Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung-UFZ, Leipzig/Europa-Universität Viadrina, Frankfurt (Oder)

insbesondere für Länder von Bedeutung, die stark mit der Weltwirtschaft verflochten sind, wie z.B. Deutschland.

Im Auftrag des Umweltbundesamtes wurde ein Forschungsprojekt mit dem Titel "Wirkungskette: Die Auswirkungen des globalen Klimawandels auf Wirtschaft und Gesellschaft in Deutschland" durchgeführt, um die möglichen Auswirkungen des globalen Klimawandels auf die deutsche Wirtschaft durch Außenhandelsströme zu untersuchen. Die Ergebnisse des Projekts geben einen Überblick über die möglichen Wirkungsketten des globalen Klimawandels auf die deutsche Wirtschaft. Das Projekt kombiniert Bottom-up-Ansätze zur Identifizierung und Quantifizierung möglicher Wirkungsketten mit einem umfassenden Top-down-Ansatz der ökonomischen Modellierung des Einflusses verschiedener Klimaszenarien auf die globalen wirtschaftlichen Interdependenzen unter Verwendung eines allgemeinen Gleichgewichtsmodells. Einige Wirkungsketten wurden ausgewählt, um die Exposition und Relevanz von durch den Klimawandel verursachten Störungen näher zu untersuchen. Schließlich wurden Anpassungsstrategien und -maßnahmen entwickelt, die geeignet sind, um den bedeutendsten transnationalen Auswirkungen entgegenzuwirken.

**Schlüsselwörter:** Transnationale Effekte, Klimawandel, Außenhandel, Szenarienanalysen, Politikempfehlungen, Deutsche Anpassungsstrategie, Pariser Übereinkommen

# 1 Die internationale Dimension der Auswirkungen des Klimawandels

Es ist unbestritten, dass der Klimawandel die Häufigkeit, Intensität und die regionale Verteilung von Extremwetterereignissen verändern wird. Das betrifft auch schleichende klimatische Veränderungen wie den Meeresspiegelanstieg. Der Klimawandel betrifft alle Länder in der einen oder anderen Form, unabhängig ihrer politischen Grenzen. Das Übereinkommen von Paris legt deshalb fest, dass die Herausforderung Anpassung an den Klimawandel global angegangen werden soll. Dieser internationalen Dimension von Anpassung ist bis anhin erst vereinzelt Rechnung getragen worden. Deutschland greift das Thema im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) auf, indem im ersten Fortschrittsbericht zur DAS postuliert wird, dass mehr Forschung zu diesem Thema notwendig sei. Dies auch deshalb, da Auswirkungen des Klimawandels meist nur innerhalb nationaler Grenzen betrachtet und untersucht werden. Je nach Ausmaß globaler Vernetzung oder durch Interaktionen mit vulnerablen Ländern sind Länder jedoch auch von internationalen Auswirkungen des Klimawandels indirekt betroffen. Die Rückwirkungen des globalen Klimawandels auf die nationale Betroffenheit durch die internationale Vernetzung werden in der Literatur als transnationale Effekte bezeichnet (Kohli et al. 2019, Benzie et al. 2016; Bräuer et al. 2009; Schwank et al. 2007). Diese transnationalen Auswirkungen des globalen Klimawandels können speziell für stark mit der Weltwirtschaft verflochtene Länder wie Deutschland von Relevanz sein. In der Literatur werden mehrere internationale Einflusskanäle genannt, über welche der globale Klimawandel auf eine Volkswirtschaft Auswirkungen haben kann, beispielsweise über die Finanzmärkte (Devisen- und Kapitalmarkt), Handelsströme (Import, Export), biophysikalischen Einflüsse, Arbeit und Migration (siehe Steinemann et al. 2016), Gesundheit, Technologie, Verfügbarkeit natürlicher Ressourcen oder geopolitischen Risiken etc.

Deutschland ist ein Land mit vitalen internationalen Handelsbeziehungen, einer ausgeprägten globalen Arbeitsteilung, stark verflochtenen industriellen Fertigungsprozessen sowie einer hohen Bedeutung von Importen (insbesondere Rohstoffe, Nahrungsmittel, Vorprodukte) und Exporten (insbesondere Kraftwagen, Maschinen, chemische Erzeugnisse). Im Vergleich zu vielen seiner Handelspartner – etwa den asiatischen Schwellenländern – gilt

Deutschland als eher wenig vulnerabel gegenüber den direkten Auswirkungen des Klimawandels (ND-GAIN Country Index).

Die Auswirkungen des Klimawandels können jedoch über Veränderungen in den Vorleistungsketten oder Absatzmärkten volkswirtschaftliche Auswirkungen im Inland verursachen. Generell kann das Ignorieren von Spillover-Effekten des Klimawandels, die durch Außenhandel entstehen, zu einer systematischen Unterschätzung des Klimawandelrisikos sowie auch der Möglichkeiten zur Anpassung für Deutschland führen. Die Betrachtung der Auswirkungen transnationaler Effekte ist demnach für Deutschland zentral. Die genannten transnationalen Effekte des Klimawandels sind potenziell alle bedeutsam. Die Effekte über die Handelskanäle stehen im Folgenden im Zentrum der Betrachtung, da diese für Deutschland als sehr offene Volkswirtschaft mit einer starken Handelsvernetzung weltweit besonders bedeutend sein dürften<sup>4</sup> und weil die Datengrundlage in diesem Thema vergleichsweise gut ist.

Das Thema „transnationale Effekte“ hat in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. In verschiedenen Studien und Forschungsprojekten werden die internationalen Auswirkungen des Klimawandels, vor allem auf nord- und mitteleuropäische Länder (Finnland, Großbritannien, Holland, Schweden, Norwegen, Deutschland, Schweiz (Kohli et al. 2019) und die EU) untersucht. Die Bedeutung des Themas nimmt aber auch für Entwicklungsländer zu. Generell erhöht die transnationale Dimension von Klimawandel die Notwendigkeit für mehr Zusammenarbeit sowohl zwischen EU-Mitgliedstaaten als auch zwischen der EU und ausgewählten anderen Ländern (Berry et al. 2017).

Der globale Klimawandel kann über zahlreiche internationale Einflusskanäle indirekt auf die deutsche Volkswirtschaft wirken. Diese Einflüsse sind in ihrer Kausalität und den Wirkungsketten komplex und zumeist noch sehr schlecht untersucht. Das mehrjährige Forschungsprojekt Impact CHAIN hat im Auftrag des Umweltbundesamtes deshalb untersucht, wie Deutschlands Außenhandel durch transnationale Klimaauswirkungen betroffen ist.<sup>5</sup> Im Speziellen fokussierte das Projekt und der vorliegende Bericht darauf, über

---

<sup>4</sup>2019 beispielsweise war Deutschland sowohl bezüglich Import- wie Exportströmen drittgrößte Handelsnation der Welt (Außenhandel einer Nation gemessen am weltweiten Gesamtwelthandel), Quelle: BMWi 2020.

<sup>5</sup> Das Vorhaben wurde unter der Projektleitung von INFRAS AG (M. Peter, M. Guyer, Dr. J. Füssler) in enger Zusammenarbeit mit Partnerorganisationen durchgeführt. Das Wegener Center der Universität Graz (Prof. B. Bednar-Friedl, Dr. N. Knittel, Dr. G. Bachner) führte die Arbeiten bezüglich der Quantifizierung und

welche Arten von Wirkungsketten der internationale Klimawandel auf die deutsche Volkswirtschaft wirkt, wie relevant die unterschiedlichen Arten von Wirkungsketten sind sowie wie relevant die indirekten Folgen des weltweiten Klimawandels über die Handelskanäle für die deutsche Volkswirtschaft sind. Abgeleitet davon, wurden Anpassungsmaßnahmen bzw. -instrumente diskutiert. Die Ergebnisse des Vorhabens wurden u.a. in Peter et al. (2018, 2019 und 2020, Knittel et al. 2020) veröffentlicht. Um der Komplexität des Themas und der schlechten Datenverfügbarkeit gerecht zu werden, verbindet Impact CHAIN Bottom-up-Ansätze der Identifizierung und Quantifizierung von möglichen Wirkungsketten mit einem umfassenden Top-down-Ansatz der ökonomischen Modellierung des Einflusses verschiedener Klimaszenarien auf die globalen wirtschaftlichen Verflechtungen mit Hilfe eines allgemeinen Gleichgewichtsmodelles.

Die Kapitel 2 bis 4 geben eine konzeptionelle Darstellung sowie erste quantitativ-deskriptive Betrachtungen der Problemlage für den deutschen Außenhandel. Diese Kapitel identifizieren mögliche Wirkungsketten und wie diese auf die deutsche Volkswirtschaft wirken. Die quantitativen Modellanalysen in Kapitel 5 und 6 zeigen die Exposition und Relevanz der internationalen Einflüsse des Klimawandels im Vergleich zu den nationalen Auswirkungen. Kapitel 5 ist eher qualitativ und auf die kürzerfristigen Risiken für Stakeholder ausgerichtet. Kapitel 6 fokussiert auf eine quantitative Analyse einer Auswahl der ermittelten Wirkungsketten bis Mitte des Jahrhunderts. In Kapitel 7 werden die Resultate des Vorhabens in Bezug zu möglichen Anpassungsmaßnahmen bzw. -instrumenten gesetzt sowie Empfehlungen abgeleitet.

---

ökonomischen Modellierung von Wirkungszusammenhängen durch. Prof. M. von Unger (Atlas Environmental Law Advisory) unterstützte das Forschungsteam bei Fragen der Einbettung der Aktivitäten in den europäischen Finanzrahmen. Prof. R. Schwarze vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung Leipzig und der Europa-Universität Viadrina in Frankfurt (Oder) war für die Einbettung der Maßnahmen in den europäischen und internationalen Policy-Kontext zuständig.

## 2 Deutschland spürt den Klimawandel auch über den Außenhandel

Extremwetterereignisse, Überschwemmungen, Hitzeperioden, Phasen extremer Trockenheit, Waldbrände: Auch in Deutschland werden die direkten Auswirkungen des Klimawandels zukünftig stärker spürbar sein. Gegenüber anderen Regionen der Welt ist die Bundesrepublik allerdings direkt weniger klimavulnerabel (Klimarisikoindex 2019<sup>6</sup>, ND-GAIN Country Index). Einerseits liegt das Schadenpotenzial in Zentraleuropa an sich schon tiefer, vor allem im Vergleich zu besonders betroffenen Regionen in Asien, Afrika oder Südamerika. Andererseits hat Deutschland als hochindustrialisierte Volkswirtschaft wesentlich mehr finanzielle Ressourcen, um sich auf klimabedingte Risiken einzustellen und sich im Schadensfall schneller zu erholen.

Abbildung 1 verdeutlicht: Klimatische Einflüsse (Temperatur, Niederschlag, Extremereignisse, etc.) wirken auf natürliche (z.B. landwirtschaftliche Fläche, Menschen und Tiere) und materielle Systeme (z.B. Gebäude und Infrastrukturen) in den Beschaffungsländern und führen dort beispielsweise zu Produktionsunterbrechungen bei der Herstellung von Vorleistungsgütern, welche in Deutschland und anderen Ländern nachgefragt werden. Ebenfalls negativ wirken sich klimabedingte Ernteauffälle oder Qualitätsverschiebungen von landwirtschaftlichen Importprodukten auf die deutsche Volkswirtschaft aus. Klimatische Veränderungen können beispielsweise auch die Verkehrsträger, -wege oder -infrastruktur negativ oder positiv beeinflussen.

Exportseitig wird der Klimawandel das Wirtschaftswachstum, gemessen am Bruttoinlandprodukt, global dämpfen. Damit verbunden sind beispielsweise negative Effekte auf die Kaufkraft und den privaten Konsum. Klimatische Veränderungen wirken sich jedoch auch auf die Nachfrage nach Produkten und Investitionsgütern aus. Um die im Pariser Klimaschutzabkommen und in der Agenda 2030 festgelegten Ziele zu erreichen, bedarf es der Produkte, Verfahren und Dienstleistungen der Umwelttechnik und Ressourceneffizienz (BMU 2017). Erwartet wird, dass die deutsche Querschnittsbranche Umwelttechnik und Ressourceneffizienz expandieren wird (von einem Gesamtvolumen der heimischen „grünen“

---

<sup>6</sup> [https://germanwatch.org/sites/germanwatch.org/files/Globaler%20Klima-Risiko-Index%202019%20-%20Zusammenfassung\\_0.pdf](https://germanwatch.org/sites/germanwatch.org/files/Globaler%20Klima-Risiko-Index%202019%20-%20Zusammenfassung_0.pdf)

Leitmärkte von 347 Milliarden Euro im Jahr 2016 auf 738 Milliarden im Jahr 2025) (BMU 2017). Dies wirkt sich auch auf den deutschen Exportmarkt aus.

**Abbildung 1: Übersicht der Wirkungsketten**



Quellen: INFRAS

Die meisten Klimawirkungen in den Beschaffungs- und Absatzländern können verstärkt oder überlagert werden von übergeordneten Einflüssen oder globalen Trends wie beispielsweise (dem Zugang zu) Finanzmärkten, Politikumfeld, der Migration, Gesundheit oder Technologie (siehe nachfolgende Box). Diese übergeordneten Einflusskanäle können sowohl durch den Klimawandel beeinflusst werden, können jedoch auch unabhängig von Klimawandel einen oftmals stärkeren Einfluss auf die Wirkungsketten haben als die klimatischen Einflüsse selbst.

## Übergeordnete Einflusskanäle

► **Finanzwirtschaft:** Der Klimawandel kann einen Einfluss auf internationale Investitionen, den Finanzsektor und die Versicherungen haben. Unabhängig davon, wirken jedoch auch der Zugang zu Finanzmärkten sowie Währungs- und Zinsniveaus auf Wirkungsketten ein.

► **Politikumfeld:** Klimapolitik kann zu neuen Regulierungen (z.B. Förderung von emissionsarmen Technologien) und Politiken (z.B. Einführung von CO<sub>2</sub>-Steuern) führen. Andererseits beeinflussen die politische Stabilität eines Landes oder geopolitische Entscheide die genannten Wirkungsketten in Abbildung 1 positiv oder negativ und können je nach dem, die klimatischen Komponenten überlagern.

► **Migration:** Änderungen der regionalen Klimabedingungen sowie die Verschiebung von Vegetationszonen können die wirtschaftlichen Grundlagen ganzer Regionen beeinträchtigen und Migrationsströme auslösen, die die bisherigen Migrationsbewegungen weit übersteigen. Die Auswirkungen für Deutschland sind Gegenstand der gegenwärtigen Diskussion. Der Faktor Klima verstärkt hier bestehende Risiken.

► **Gesundheit:** Änderungen von Klimabedingungen können Krankheiten und Beeinträchtigungen in der menschlichen und der Tier-Gesundheit hervorrufen. Über verschiedene Wirkungsbereiche (Import: Mensch und Tiere, Export: Nachfragestruktur) werden gesundheitliche Aspekte in die Analyse einbezogen.

► **Technologie:** Die technologische Entwicklung spielt sowohl bei der Anpassung an den Klimawandel als auch bei Mitigationsmaßnahmen eine entscheidende Rolle. Technologischer Fortschritt ergibt sich jedoch auch unabhängig vom Klimawandel und beeinflusst gewisse Wirkungsketten zentral.

► **Preisvolatilität von Rohmaterialien:** Klimawandel kann zu Knappheit und folglich zu einer zunehmenden Preisvolatilität von Rohmaterialien führen. Klimaunabhängige Preisvolatilitäten, ausgelöst durch z.B. Spekulationen, können dadurch noch verstärkt werden (Oxfam Deutschland).

### 3 Exponierte Handelspartner Deutschlands

Länder sind den direkten Folgen des Klimawandels unterschiedlich stark ausgesetzt. Die Exposition und Vulnerabilität gegenüber den Folgen des Klimawandels kann mittels verschiedener Indizes abgebildet werden. Die Indizes beinhalten Informationen über die Klimawandel-Betroffenheit, wie beispielsweise die erwarteten biophysikalischen Wirkungen durch veränderte Niederschläge, Dürren und Hitze und Extremwetterereignisse für einzelne Länder und deren Anpassungsfähigkeit.

In der vorliegenden Analyse wurde der Notre Dame Climate Change Index (ND-GAIN)<sup>7</sup> und der Germanwatch Global Climate Risk Index (CRI)<sup>8</sup> zur Analyse miteinbezogen.

#### ND-GAIN und CRI Index

Der ND-GAIN Index ist entstanden aus der Environmental Change Initiative der University of Notre Dame. Entwickelt wurde der Index, um Entscheidungsträger aus dem öffentlichen und privaten Sektor bei Klimaanpassungsfragen zu unterstützen und Anpassungsmaßnahmen zu identifizieren. Der ND-GAIN Index zeigt die Vulnerabilität eines Landes gegenüber dem Klimawandel und misst zusätzlich die nationale Bereitschaft, private und öffentliche Investitionen wirksam für Anpassungsaktivitäten einzusetzen. Er beinhaltet 74 Variablen, die 45 Kernindikatoren wiedergeben (Chen et al. 2015). Der CRI Index von Germanwatch konzentriert sich hingegen ausschließlich auf Extremwetterereignisse und die damit verbundenen finanziellen sowie menschlichen Verluste. Der CRI von Germanwatch zeigt, wie stark Länder von Wetterextremen wie Überschwemmungen, Stürmen, Hitzewellen etc. betroffen sind. Untersucht werden Auswirkungen auf Menschenleben sowie die direkten ökonomischen Verluste.

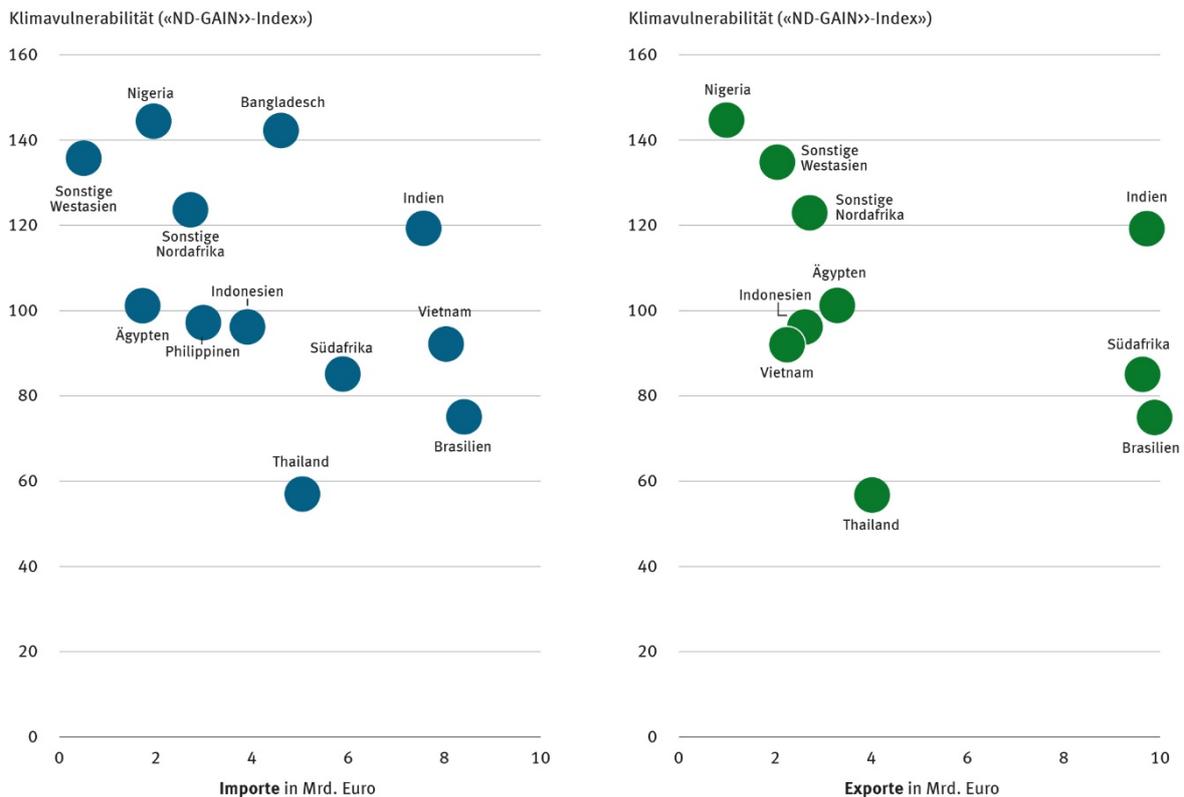
In der folgenden Abbildung 2 sind die hoch vulnerablen und relevanten Handelspartner Deutschlands aufgelistet. Als hoch vulnerabel wurden Länder mit einem ND-GAIN Rang (je höher der Rang, desto vulnerabler das Land) von mehr als 75 erachtet. Zusätzlich wurde Thailand, als hochvulnerables Land aus der Analyse des Germanwatch Global Climate Risk Index (CRI) miteinbezogen.

---

<sup>7</sup> Website ND-GAIN Country Index: <http://index.gain.org/>

<sup>8</sup> Germanwatch 2017

## Abbildung 2: Besonders stark vulnerable und relevante Handelspartner



Bemerkung: Handelsvolumen (horizontale Achse) und Klimavulnerabilität (vertikale Achse) relevanter Handelspartner von Deutschland beim Import (links) und beim Export (rechts) im Jahr 2015. Die Handelsvolumen basieren auf Daten des Statistischen Bundesamts (Destatis 2017). Die Klimavulnerabilität wird hier auf Basis eines entsprechenden Indexes, dem «ND-GAIN-Index», dargestellt.

Sechs Prozent (55 Mrd. Euro) der deutschen Importe und vier Prozent (knapp 50 Mrd. Euro) der Exporte verteilten sich im Jahr 2015 auf die zwölf als besonders klimavulnerabel geltenden Länder oder Regionen<sup>9</sup> (siehe Abbildung 2, basierend auf Berechnungen anhand Destatis 2017, ND-GAIN), wobei die Handelsvolumen (Summe aus Importen und Exporten) bei Brasilien, Indien, Südafrika, Vietnam und Thailand mit Abstand am höchsten ausfielen. Das bedeutet nicht, dass die sechs Prozent der Gesamtimporte und vier Prozent der Exporte wegen des drohenden Klimawandels wegfallen, sie sind jedoch speziell exponiert und somit potenziellen Veränderungen ausgesetzt. Erhebliche weitere Teile der Importe und Exporte sind ebenfalls exponiert, aber nicht in demselben hohen Maße. Die Informationen aus dieser deskriptiv-statistischen Analyse basierend auf den Handelsdaten heute und den

<sup>9</sup> Dazu zählen Ägypten, Bangladesch, Brasilien, Indien, Indonesien, Nigeria, Philippinen, Südafrika, Thailand, Vietnam sowie Sonstige Nordafrika und Sonstige Westasien.

Klimaexpositionskennzahlen ergeben erste Hinweise auf besonders vulnerable Länder/Gütergruppen sowie betroffene Branchen in Deutschland.

### **Die Eigenheiten des ND-GAIN**

Der ND-GAIN Index enthält zwei Komponenten, nämlich die Vulnerabilität und Bereitschaft. Der Vulnerabilitätsscore misst die Exposition, Sensitivität und Anpassungsfähigkeit gegenüber Klimawandelfolgen, während der Bereitschaftsscore die Fähigkeit eines Landes misst, Investitionen anzuziehen und diese in Anpassungsaktivitäten umzuwandeln. Um Indikatoren zu aggregieren und Länder miteinander vergleichen zu können, werden die Rohdaten in dimensionslose Größen skaliert. Diese Skalierung folgt einem 'proximity-to-reference point'-Ansatz, welcher die Entfernung der Länder zu einem Optimalpunkt misst. Der Referenzpunkt variiert je nach Indikator (0 für Vulnerabilitätskomponenten und 1 für Bereitschaftskomponenten). Der aggregierte Score ermöglicht somit ein Ranking der Länder. Ein höherer Rang ist mit einer Kombination aus höherer Vulnerabilität und niedrigerer Bereitschaft verbunden.

Die Länderauswahl in Abbildung 2 wurde durch folgende Analyseschritte ermittelt: Als erstes wurde festgestellt, welche Länder aus Außenhandelssicht für Deutschland besonders bedeutsam sind und welche aufgrund vernachlässigbarer und substituierbarer Import- bzw. Exportverbindungen im Projektverlauf nicht näher betrachtet werden. Die Ursprüngliche Auswahl der Länder umfasst 10 EU-Länder, die 81% der EU-Importe ausmachen, und 10 EU-Länder auf der Exportseite, die 82% der gesamten EU-Exporte vereinen. Unter den Nicht-EU-Ländern wurden importseitig 33 Länder, die 92% der gesamten Nicht-EU-Importe ausmachen, ausgewählt und 33 Länder auf der Exportseite, die 93% der gesamten Exporte Deutschlands nach Nicht-EU-Ländern nachfragen. Die Handelsvolumen dieser Vorauswahl an Ländern wurden in einem nächsten Schritt mit den Rängen des ND-GAIN Index verschnitten. Dies ermöglicht eine Aussage über die Kombination von Wichtigkeit und Vulnerabilität (die entsprechenden Länderlisten sind in Annex A beigefügt). Dasselbe wurde mit dem CRI Index gemacht. Die Auswahl der ND-GAIN Analyse wurde dann mit den drei vulnerabelsten Ländern aus der Verschneidung mit dem CRI Index ergänzt. Die Analyse mit dem CRI Index ist insofern von Bedeutung, da der Fokus auf Extremwetterereignisse für die Wirkungsketten der Handelsströme zentral ist. Aus dieser Länderauswahl wurden für die Analyse der Wirkungsketten die vulnerabelsten Länder (mit einem ND-GAIN Rang höher als 75) beigezogen. Durch die Verschneidung mit den Handelsvolumen, ergibt sich eine Länderauswahl, welche gleichzeitig stark betroffen vom Klimawandel und gleichzeitig auch

relevant für den deutschen Außenhandel und somit die deutsche Volkswirtschaft ist. Diese Auswahl ist in Abbildung 2 dargestellt. Es gibt jedoch weitere Länder, welche als Außenhandelspartner Deutschlands relevant sind und erheblich (aber nicht besonders) vom Klimawandel betroffen sein werden. Dazu gehören beispielsweise China, ebenso Mexiko, Saudi-Arabien, Türkei, Malaysia, Vereinigte Arabische Emirate, Russland, Italien oder Spanien (Länder mit einem ND-GAIN Rang niedriger als 75).

Auch wenn die beschriebene Analyse der hoch relevanten und hoch vulnerablen Länder vermuten lässt, dass die anderen Handelspartner Deutschlands unwichtig seien, ist dieser Umkehrschluss nicht korrekt. Gerade das Beispiel China zeigt, dass auch in China sehr wohl starke, klimatische Auswirkungen stattfinden können, mit drastischen Auswirkungen auf Produktionsprozesse (Willner 2018) und damit auf die Lieferketten Deutschlands. Werden durch Starkniederschläge Produktionsanlagen überflutet, muss die Produktion unterbrochen werden, was zu ökonomischen Schäden führt, und zwar nicht nur in China, sondern über Handelsbeziehungen auch in Deutschland. Die Importgüter aus China, wie bspw. Datenverarbeitungsgeräte und elektronische Ausrüstungen, sind Beispiele für solch exponierte Importgüter. Die Vulnerabilität Chinas ist gemäß ND-GAIN jedoch deutlich geringer als beispielsweise für Brasilien, Vietnam oder Indien.

## 4 Chancen und Risiken über den Außenhandel

Wenn Einfuhren nach Deutschland verzögert oder gar nicht ankommen und nicht mehr in gewünschter Menge und Qualität geliefert werden können, resultieren für Importeure und Produzenten in Deutschland höhere Kosten. Die Produkte betroffener deutscher Produzenten für den Binnenmarkt und den Export werden teurer, können nicht rechtzeitig oder nur in verminderter Qualität ausgeliefert werden. Umgekehrt ist die deutsche Wirtschaft umso erfolgreicher, je besser das Einfuhrgeschäft funktioniert. Welches aber sind die wichtigsten Wirkungsketten, über die der Klimawandel die deutschen Importtätigkeiten in den nächsten Jahrzehnten beeinflusst?

Im vorigen Kapitel wurden die klimaexponierten Handelspartner identifiziert. Basierend auf der Verkettung mit diesen Handelspartnern, wurden anschließend entlang der in diesem Kapitel aufgeführten Wirkungsketten<sup>10</sup> die potenziellen ökonomischen Risiken und Chancen für Deutschland abgeschätzt. Die Systematik der Wirkungsketten wurde durch das Projektteam entwickelt. Dieser Aggregation ist eine explorative Literaturanalyse zu Klimawirkungen im Ausland mit Bezug zu Deutschlands Handelskanälen vorausgegangen. Hervorzuheben ist, dass dieser Überblick keine abschließende Beschreibung der Thematik oder deren Beurteilung darstellt. Der Überblick dient als Diskussionsgrundlage der Thematik in Deutschland und als Ausgangspunkt für die Analysen im Forschungsvorhaben.

Zu jeder Wirkungskette wurde eine Einschätzung der ökonomischen Risiken und Chancen für Deutschland erarbeitet. Die Einschätzung beinhaltet die Relevanz der Klimawirkung sowie der volkswirtschaftlichen Bedeutung der Wirkungskette sowie der Substitutionsmöglichkeiten. Das Scoring basiert auf Einschätzungen aus Experteninterviews und Diskussionen innerhalb des Projektteams und mit Auftraggebern sowie auf Literaturangaben.

Die Ergebnisse zeigen: Auf der Importseite (siehe Abbildung 3) werden etwas stärkere ökonomische Risiken erwartet als auf der Exportseite (Abbildung 4).

---

<sup>10</sup> Als relevante Wirkungsketten wurden 10 auf der Importseite und 6 auf der Exportseite identifiziert.

**Abbildung 3: Ökonomische Risiken und Chancen beim Import**

	kein Risiko	Risiko gering	Risiko mittel	Risiko hoch
Chancen hoch				
Chancen mittel			Energiequellen <b>10</b>	Schiffsverkehr <b>2</b> landwirtschaftliche Produkte <b>3</b>
Chancen gering		Tourismus	Forstsysteme <b>9</b>	
keine Chancen	Nutztiere	Straßenverkehr Aquatische Systeme	Infrastruktur <b>4</b> Bergbau & Rohstoffe <b>5</b> Arbeitskräfte <b>6</b> Flugverkehr <b>7</b> Schienenverkehr <b>8</b>	Gebäude, Produktionsanlagen, Lager <b>1</b>

Einschätzung zu den Risiken und Chancen, die der Klimawandel über verschiedene Wirkungsketten beim Import nach Deutschland mit sich bringt. Chancen ergeben sich, wenn der weltweite Klimawandel für Deutschland oder deutsche Unternehmen die Möglichkeit bietet, benötigte Importe günstiger, rascher, in besserer Qualität oder mit breiterer Substitutionsmöglichkeit (Ausweichmöglichkeiten, Risikodiversifizierung) zu beziehen und Risiken vice versa. Ein Wirkungskanal kann Chancen und Risiken aufweisen, muss aber nicht.

Quelle: INFRAS

Auf der **Importseite** ist damit zu rechnen, dass sich internationale Auswirkungen des Klimawandels vor allem über Schäden und Produktionseinbußen aufgrund von Extremwetterereignissen bei produzierenden Unternehmen in den Weltregionen negativ auf die deutsche Volkswirtschaft auswirken. Schäden und Produktionseinbußen bei (Vorleistungs-)Gütern führen zu Lieferverzögerungen und folglich steigenden Produktionskosten in Deutschland. Gewisse Vorleistungsgüter, welche für die deutsche Wirtschaft nicht einfach substituiert werden können, werden schlechter verfügbar und können das Produktionspotential in Deutschland dämpfen mit negativen Folgen für die deutsche Volkswirtschaft. In der landwirtschaftlichen Produktion betreffen Klimaauswirkungen oft großräumige Gebiete. Andauernde Hitzeperioden, Starkregenereignisse oder schwere Stürme können so die landwirtschaftliche Produktion massiv beeinträchtigen und ggf. auch ganze Ernten vernichten. Für einige global gehandelte Produkte, beispielsweise Soja, sind sehr große Anbauflächen nötig, die nur in ausgewählten Regionen zur Verfügung stehen. Auch werden landwirtschaftliche Produkte in Deutschland weiterverarbeitet und exportiert. Beispielsweise exportiert die Bundesrepublik so viele Kaffeeprodukte wie kein anderes Land, damit sind die Kaffeeproduzenten jedoch stark von der Leistungsfähigkeit der Anbauggebiete

im Ausland abhängig. Weiters werden internationale Auswirkungen des Klimawandels über Verkehrsträger, -wege, und -infrastrukturen durchgehend als beachtlich eingeschätzt (insbesondere beim Schiffsverkehr), da hierbei die Verflechtung mit verschiedenen Sektoren sehr hoch ist. Häufigere Extremereignisse und der Meeresspiegelanstieg werden Hafenanlagen, Containerterminals und Kanälen zu schaffen machen. Allerdings würde Deutschland auch profitieren, wenn sich die Schifffahrtsaison wegen zurückgehendem Meereis verlängert oder die Nord-West-Passage erschlossen werden könnte.

Die Einschätzung der ökonomischen Risiken und Chancen für Deutschland beim Export ist in folgender Abbildung 4 dargestellt. Beim Export sind die Chancen grösser, die Risiken jedoch ebenfalls hoch.

**Abbildung 4: Ökonomische Risiken und Chancen beim Export**

	kein Risiko	Risiko gering	Risiko mittel	Risiko hoch
Chancen hoch	Investitionen Klimaanpassung <b>4</b>			klimafreundliche Konsumgüter <b>3</b> Investitionen Klimaschutz <b>3</b>
Chancen mittel		Präferenzen bei den Nahrungsmitteln <b>5</b>		
Chancen gering		Konsumentenpräferenzen Versicherungsleistungen weitere Dienstleistungen	Finanzdienstleistungen <b>6</b>	
keine Chancen				Wirtschaftswachstum <b>1</b> Kaufkraft, Konsum <b>2</b>

Einschätzung zu den Risiken und Chancen, die der Klimawandel über verschiedene Wirkungsketten beim Export nach Deutschland mit sich bringt. Chancen ergeben sich, wenn der weltweite Klimawandel für Deutschland oder deutsche Unternehmen bei den Exporten zu neuen Absatzkanälen oder steigender Nachfrage bei bestehenden Handelspartnern oder eine Verbesserung der Wettbewerbsposition oder zu Nachfrage und Märkte für neue Produkte aus deutscher Produktion begünstigt, bei Risiken vice versa. Ein Wirkungskanal kann Chancen und Risiken aufweisen, muss aber nicht.

Quelle: INFRAS

Auf der **Exportseite** sind vor allem die Auswirkungen über die veränderte ökonomische Struktur von stark klimaexponierten Volkswirtschaften, welche Waren und Dienstleistungen aus Deutschland nachfragen, relevant. Klimatische Einflüsse können über verschiedene Kanäle auf die wirtschaftliche Stärke eines Landes einwirken. Vor allem ärmere Länder mit

geringerer Resilienz gegenüber einer Zunahme von z.B. Extremereignissen oder schleichenden Veränderungen, erfahren eine Abschwächung des BIP-Wachstums und einen Kaufkraftverlust. Ein Rückgang des BIPs zieht auch einen Rückgang des Investitionsvolumens nach sich und kann sich bei entsprechender Verflechtung negativ auf die Exportwirtschaft Deutschlands auswirken. Über diesen Einflusskanal der geringeren Kaufkraft im Ausland werden außerhalb Europas vor allem ökonomische Risiken erwartet. In europäischen Ländern kann es durchaus aber auch zu komparativen Vorteilen kommen. Bei den Auswirkungen, die sich über eine geänderte Nachfragestruktur in den Weltregionen nach Gütern (aus Deutschland) ergeben, werden auch Chancen erwartet; vor allem bezüglich der zunehmenden Nachfrage der vom Klimawandel stark betroffenen Weltregionen nach Investitionen zur Klimaanpassung und Schadensbekämpfung sowie bei der Änderung der Nachfrage nach Low-Carbon-Konsumgütern und Investitionen in Emissionsminderungstechnologien. Bei Letzteren sind jedoch auch ökonomische Risiken für Deutschland nicht auszuschließen, wenn Deutschland nicht rechtzeitig in seine Wettbewerbsfähigkeit bei diesen neuen Technologien investiert.

Interviews mit einer nicht repräsentativen Anzahl von Unternehmensvertreter\*Innen aus unterschiedlichen Industrien und Erfahrungen aus Workshops mit Unternehmensvertreter\*Innen zum Thema verdeutlichen, dass das Wissen über die internationalen Wirkungsketten, wie der weltweite Klimawandel deutsche Unternehmen und Haushalte treffen kann, nur in ausgewählten Firmen und Sektoren vorhanden ist. Im Außenhandel involvierte Unternehmen der Sektoren Groß- und Einzelhandel (Kaffee) und Versicherungen gehören sicherlich zu den Akteuren, in denen die Problematik schon stärker erkannt ist. In anderen Sektoren ist jedoch noch wenig Wissen über mögliche Risiken und Chancen in den Supply Chains vorhanden. Erkenntnisse aus den nicht repräsentativen Unternehmensbefragungen zeigen, dass gerade der Sektor Verkehr (insbesondere Schiffsverkehr) wenig für das Thema sensibilisiert scheint. Bei Unternehmen, welche bereits Chancen aus der sich ändernden Nachfragestruktur aus dem Ausland nach deutschen Produkten unter dem Einfluss des weltweiten Klimawandels erwarten (wie Hersteller von Anpassungsprodukten, z.B. Wassertechnologien), ist das Bewusstsein schon etwas stärker vorhanden.

## 5 Quantitative Modellanalyse und Hauptkenntnisse

Zur Abschätzung der Klimawandelfolgen, die über internationale Handelsströme auf Deutschland bis Mitte des Jahrhunderts (2050) übertragen werden, wird im Projekt Impact CHAIN das sog. COIN-INT Modell, ein multi-regionales multi-sektorales Computable General Equilibrium Modell (Knittel et al. 2020) verwendet, das es erlaubt, die sektorspezifischen Auswirkungen des Klimawandels in den Herkunftsländern abzubilden und deren volkswirtschaftliche Rückwirkungen auf Deutschland zu analysieren. Ziel der modellgestützten Auswirkungsanalyse ist es, einen Überblick über mögliche Auswirkungen des globalen Klimawandels auf Deutschlands Außenhandel und Wirtschaft zu geben, mit einem Schwerpunkt auf der Richtung der Effekte sowie der sektor- und länderübergreifenden Wirkungszusammenhänge.

Das COIN-INT Modell ist ein multi-regionales globales Computable General Equilibrium Modell (CGE), auch angewandtes allgemeines Gleichgewichtsmodell genannt. Multi-regionale, globale CGE-Modelle basieren auf einem konsistenten Satz von Input-Output-Tabellen und internationalen Handelsdaten, Verbraucherdaten und Daten des öffentlichen Haushalts und ermöglichen eine detaillierte Bewertung der Auswirkungen des Klimawandels auf Sektoren, Haushalte sowie den Staat; also eine gesamtwirtschaftliche Bewertung (siehe z.B. OECD 2015). In jeder Region gibt es einen repräsentativen Haushalt, der mit den Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital sowie natürlichen Ressourcen (Land, fossile Ressourcen) ausgestattet ist. Diese Faktoren und Ressourcen werden auf Märkten angeboten und generieren das Einkommen des Haushalts (Faktoreinkommen und Ressourcenrenten). Darüber hinaus wird für den Staat Einkommen durch die Besteuerung von Produktion und Konsum generiert. Das Einkommen wird für den Konsum, gemäß spezifizierter Konsum-Funktionen (differenziert nach einem privaten und einem öffentlichen Haushalt), und für Investitionen ausgegeben (= Endnachfrage). In der Produktion kombiniert jeder Wirtschaftssektor Faktoren und Vorleistungen (d.h. Outputs aus anderen Sektoren) nach sektorspezifischen Produktionsfunktionen. Einige Sektoren sind in ihren Produktionsprozessen auch auf Land oder andere natürliche Ressourcen angewiesen (z. B. nutzen landwirtschaftliche Sektoren Land oder der Öl- und Gassektor fossile Ressourcen). In Bezug auf internationalen Handel folgen wir der „Armington-Annahme“, was bedeutet, dass

Importe und im Inland produzierte Güter unvollkommene Substitute sind und somit nach branchenspezifischen Elastizitäten abgetauscht werden (Hertel et al. 2007). Änderungen der Handelsströme werden somit durch die regionale Importnachfrage und durch Veränderungen der relativen internationalen Preise (Terms of Trade) ausgelöst. Darüber hinaus ist die Handelsbilanz (nominal) fixiert, d.h. das Verhältnis der Handelsbilanz zum BIP wird auf dem Verhältnis des Bezugsjahrs konstant gehalten.<sup>11</sup>

Es wurden jene Auswirkungen des Klimawandels genauer untersucht, für die bereits in internationalen Vergleichsprojekten (Warszawski et al. 2014, Hinkel et al. 2014) validierte Modellergebnisse für alle Länder und für unterschiedliche Klimaszenarien vorliegen. Die Auswirkungen werden daher für folgende Wirkungsketten untersucht (siehe Tabelle 3 im Anhang bzw. Peter et al. 2020 für Details)<sup>12</sup>:

- **Anstieg des Meeresspiegels:** Schäden an Vermögenswerten (Land, Kapital) in Küstennähe; Schäden durch Überflutungen (Kosten & gefährdete Personen)
- **Hitzebedingte Änderungen in der Arbeitsproduktivität:** Abnahmen in der Arbeitsproduktivität aufgrund von zunehmender Hitze und absoluter Luftfeuchtigkeit differenziert nach Arbeitstätigkeit (physische Anstrengung) und Ort der Verrichtung (Innenraum oder im Freien)
- **Änderungen in landwirtschaftlichen Erträgen:** Ertragsänderungen der vier Hauptkulturen (Weizen, Mais, Soja, Reis) durch veränderte Temperaturminima und -maxima, Niederschlag, Strahlung, relative Feuchte, Windgeschwindigkeit
- **Veränderungen von BIP und Kaufkraft:** Abnahme des BIP und der Kaufkraft in vielen Exportländern Deutschlands, weil Investitionen in Schutzmaßnahmen andere (produktivere) Investitionen (z.B. in Bildung, F&E, Prävention) oder Konsumausgaben (z.B. Nachfrage nach Luxusgütern) verdrängen können. Im Gegensatz zu den drei anderen Wirkungsketten handelt es sich hier um einen makroökonomischen Feedback-Effekt.

---

<sup>11</sup> Eine alternative Annahme wäre, dass es durch Klimawandel zu einer Neuverschuldung kommt (siehe Parrado et al. 2020).

<sup>12</sup> Die modellbasierte Wirkungsanalyse deckt somit folgende sechs der in Abbildung 3 und 4 identifizierten Risiken ab: importseitige Risiken: 1) Gebäude, Produktionsanlagen, Lager; 3) landwirtschaftliche Produkte; 6) Arbeitskräfte; exportseitige Risiken: 1) Wirtschaftswachstum; 2) Kaufkraft/Konsum.

Diese Auswirkungen betreffen sowohl die Import- als auch die Exportseite Deutschlands und können je nach Wirtschaftssektor (von Landwirtschaft über Industrie bis zu den Dienstleistungen) unterschiedlich stark ausfallen. Es werden die volkswirtschaftlichen Effekte für das Jahr 2050 ermittelt, wobei für die Klimawandelfolgen die durchschnittlichen jährlichen Schäden für die Periode 2036-2065 herangezogen werden, um eine Klimanormalperiode von rund 30 Jahren widerzuspiegeln. Bezüglich Anpassung an den Klimawandel berücksichtigt das Modell sogenannte autonome Anpassung, also Reaktion auf veränderte Preise, beispielsweise zwischen Importgütern aus unterschiedlichen Ländern. Im Fall des Anstiegs des Meeresspiegels wird unterstellt, dass die momentanen Schutzniveaus aufrechterhalten werden, sodass Kosten für die Erstellung bzw. Adaptierung von Schutzbauten anfallen. Als (wenig realistisches) Vergleichsszenario wird untersucht, wie sich die Schäden ohne diese weitere Anpassung volkswirtschaftlich auswirken würden.

Das COIN-INT Modell beschreibt die Wirtschaft (mit Basisjahr 2011 entsprechend GTAP v9; Aguiar et al. 2016) als Fließgleichgewicht jährlicher monetärer Ströme zwischen Haushalten und Sektoren, in dem alle Märkte über Angebot und Nachfrage sowie den dazugehörigen Mengen und Preisen geräumt sind (= allgemeines Gleichgewicht). Um die Folgen des Klimawandels gesamtwirtschaftlich zu quantifizieren, wird dieses Gleichgewicht gestört (z.B. über veränderte Produktionsbedingungen), was zu Mengen- und Preisanpassungen führt, bis ein neues Gleichgewicht erreicht wird, in dem wiederum alle Märkte geräumt sind. Anschließend wird das Ausgangs-Gleichgewicht mit dem sich neu ergebenden Gleichgewicht verglichen und sektorale und gesamtwirtschaftliche Effekte der internationalen Klimaeinflüsse werden sichtbar. Durch die unterliegende Input-Output Struktur sind sämtliche Sektoren und Haushalte miteinander verbunden, entweder als Zulieferer oder als Nachfrager, wodurch auch indirekte Effekte miteinbezogen werden.

Für die Szenarienanalyse werden zwei sozioökonomische Szenarien (SSP2 und SSP3) sowie zwei Emissionsszenarien (RCP4.5 und RCP8.5) untersucht. Das Shared Socioeconomic Pathway Szenario 2 (SSP2) wird als „Middle of the Road“ bezeichnet, da es mittlere Herausforderungen für Emissionsminderung und Anpassung darstellt. SSP3 repräsentiert hingegen eine fragmentierte Welt mit hohen Herausforderungen in Minderung und Anpassung (O'Neill et al. 2014). Je nach SSP-Szenario werden unterschiedliche CO<sub>2</sub>- und Energiepreise unterstellt (siehe Peter et al. 2020 für Details). Representative Concentration Pathway (RCP) 4.5 entspricht einem Emissionsszenario, mit einem mittleren globalen

Temperaturanstieg von 1,8°C bis Ende des 21. Jahrhunderts relativ zu 1986-2005 bzw. einer Erwärmung von 2,4°C relativ zur vorindustriellen Zeit. RCP 8.5 ist charakterisiert durch stärkere Treibhausgasemissionen, mit einem mittleren globalen Temperaturanstieg von rund 3,7°C relativ zu 1986-2005 bzw. von 4,3°C relativ zur vorindustriellen Zeit (Collins et al. 2013). Je RCP-Szenario werden jeweils drei globale Klimamodelle berücksichtigt (NorESM1-M, IPSL-CM5A-LR und HadGEM2-ES).

Auf Basis der untersuchten Wirkungsketten können folgende allgemeine Schlussfolgerungen gezogen werden:<sup>13</sup>

- ▶ **Für die modellierten Wirkungsketten kommt es in allen Weltregionen zu negativen volkswirtschaftlichen Effekten.** Besonders stark betroffen sind die Regionen Südostasien, China, Indien, Afrika und die ölexportierenden Länder (BIP-Verluste von bis zu -4% in Südostasien; Wohlfahrtsverluste<sup>14</sup> von bis zu -8% in Indien, jeweils in 2050 relativ zu einem Szenario ohne Klimawandel). Die Verluste sind vor allem auf die durch den Klimawandel bedingte weltweite Abnahme der Arbeitsproduktivität zurückzuführen. Veränderungen in den landwirtschaftlichen Erträgen verursachen entsprechend der zugrundeliegenden landwirtschaftlichen Modelle vergleichsweise kleinere Verluste; in manchen Regionen entstehen – je nach Klima- und biophysikalischen Modellen – hier auch positive Effekte. Durch den Anstieg des Meeresspiegels entstehen in allen Modellregionen negative Effekte, die jedoch aufgrund der unterstellten aktiven Anpassung (Verstärkung der Schutzbauten) relativ klein sind.
- ▶ **In den deutschen Außenhandelsströmen kommt es zu Verlagerungseffekten sowohl auf der Import- als auch auf der Exportseite.** Importseitig wird der Handel mit anderen EU-Regionen verstärkt, während der Handel mit Regionen außerhalb der EU reduziert wird. Diese Effekte sind darauf zurückzuführen, dass EU-Regionen im Vergleich zum Rest der Welt relativ weniger stark von den direkten Klimawandelfolgen betroffen sind. Verlagerungen bei der Güterstruktur der deutschen Importe sind vor allem in den Sektorengruppen „Maschinen und elektronische Geräte“, „Lebensmittel, Textil- und Holzindustrie“ sowie „Restliche Industrie (inkl. Chemische Industrie, raffinierte

---

<sup>13</sup> Auch wenn die vorliegende Studie konkrete Zahlen zu den Auswirkungen liefert, sollte die Interpretation weniger auf den absoluten Größenordnungen, sondern auf der Richtung der Effekte sowie der Wirkungszusammenhänge liegen.

<sup>14</sup> Als Maß für die Wohlfahrt wird im Modell die Kaufkraft der Haushalte verwendet.

Erdölzeugnisse, Verarbeitung von Eisen und Stahl)“ zu beobachten, die 2050 mit Klimawandel vermehrt von anderen EU-Ländern (von +0,3% bis +0,6% je nach Szenario) und in verringertem Ausmaß von Regionen außerhalb der EU bezogen werden (gesamt von -0,9% bis -2,1%). Insgesamt reduzieren sich die Importe Deutschlands um -0,2% bis -0,7%. Exportseitig kann Deutschland sein Außenhandelsvolumen leicht steigern. Dies führt zu einer leichten Zunahme der Exportüberschüsse, da Deutschlands Wirtschaft im Vergleich zum Rest der Welt weniger stark negativ von den direkten Klimawandelfolgen betroffen ist und die strukturellen Wettbewerbsvorteile im Industriebereich halten kann. Bezüglich der Güterstruktur liegen Deutschlands Exporte in einem Szenario mit Klimawandel vor allem in den Sektorgruppen „Maschinen und elektronische Geräte“, „Lebensmittel, Textil- und Holzindustrie“ sowie „Restliche Industrie“ leicht über dem Niveau eines Szenarios ohne Klimawandel (insgesamt um +0,1% bis +0,2%).

- ▶ **Insgesamt sind die Effekte auf die deutsche Volkswirtschaft negativ.** Die weltweiten Auswirkungen des Klimawandels verursachen in Deutschland BIP- bzw. Wohlfahrtsverluste in der Größenordnung von nahe null bis 0,4% p.a. (in 2050, je nach klimatischer und sozioökonomischer Entwicklung und relativ zu einem Szenario ohne Klimawandel). Somit wird die deutsche Wirtschaft durch die Folgen des Klimawandels außerhalb Deutschlands beeinträchtigt, wenn auch weniger stark als viele andere Weltregionen. Die Kaufkraft der Haushalte (als Maß für die Wohlfahrt) nimmt tendenziell stärker als das Bruttoinlandsprodukt ab, da Defensivausgaben beispielsweise durch die Wiederinstandsetzung und Ertüchtigung von Dämmen sowie (reale) Preissteigerung positiv zum Bruttoinlandsprodukt beitragen, nicht aber die Wohlfahrt der Gesellschaft steigern (Reparaturaufwendungen).
- ▶ **Die volkswirtschaftlichen Kosten des globalen Klimawandels für Deutschland entstehen zu einem bedeutenden Anteil durch Effekte in Regionen außerhalb der EU, die sich über den internationalen Handel nach Deutschland fortpflanzen.** Geht man (in einem fiktiven Szenario) davon aus, dass Klimawandel nur in Regionen außerhalb der EU stattfindet und vergleicht man die Ergebnisse mit einem Szenario, in dem Klimawandel in allen Weltregionen stattfindet, sind die Unterschiede in den Auswirkungen auf Deutschlands BIP und Wohlfahrt nur marginal und bleiben insgesamt negativ. Daraus kann man schließen, dass die negativen indirekten Auswirkungen auf Deutschlands

Volkswirtschaft für die drei modellierten Wirkungsketten zum Großteil durch Effekte außerhalb der EU getrieben sind. Der Einfluss des Klimawandels, der innerhalb der EU entsteht, auf die Wirtschaft Deutschlands ist also in den Modellierungen wesentlich geringer als der indirekte Effekt über Regionen außerhalb der EU.

- ▶ **Anpassung hat einen starken Einfluss auf volkswirtschaftliche Effekte.** Es zeigte sich ein sehr starker positiver Einfluss von Anpassung auf die Indikatoren BIP und Wohlfahrt. In den am stärksten betroffenen außereuropäischen Regionen sind im Szenario ohne Anpassung die negativen Effekte auf beide Indikatoren zwei bis drei Mal so stark wie im Szenario mit Anpassung. Deutschlands Außenhandel würde in diesem Fall mit einer noch stärkeren Verlagerung von außereuropäischen zu innereuropäischen Handelspartnern reagieren. Auch der Wohlfahrtseffekt für Deutschland ist ohne unterstellter Anpassung gegenüber dem Meeresspiegelanstieg deutlich höher als mit Anpassung (-0,3% gegenüber -0,1%).
- ▶ **Auswirkungen bis Ende des Jahrhunderts können um ein Vielfaches ansteigen.** Während die wirtschaftlichen Auswirkungen bis Ende des Jahrhunderts (2100) nicht quantifiziert wurden, lassen die biophysikalischen Auswirkungen bis Ende des Jahrhunderts für die drei Wirkungsketten eine Zunahme negativer Folgen erahnen. Für den Meeresspiegelanstieg sind für die zweite Hälfte des Jahrhunderts deutlich stärkere Effekte zu erwarten, gleiches gilt für die hitzebedingte Abnahme der Arbeitsproduktivität. Auch für die klimabedingten Veränderungen der landwirtschaftlichen Erträge sind die Effekte in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts stärker, wenngleich sich die unterschiedlichen Modelle in der Effektrichtung für manche Regionen unterscheiden. Dies ist u.a. auf Unsicherheiten, die bezüglich der regionalen Veränderung von Niederschlägen bestehen, zurückzuführen.

Die Szenarienanalyse verdeutlicht, dass sich die Klimawandelfolgen, die außerhalb Europas entstehen, über den Welthandel deutlich stärker auf Deutschlands Volkswirtschaft auswirken als die Klimawandelfolgen, die innerhalb Europas entstehen. Dieser Effekt ist darauf zurückzuführen, dass EU-Regionen im Vergleich zum Rest der Welt weniger stark von den direkten Klimawandelfolgen betroffen sind. Ähnliche Untersuchungen für Großbritannien, die Schweiz und Österreich bestätigen die Schlussfolgerung der vorliegenden Studie für Deutschland, dass die Auswirkungen des Klimawandels allein über

den Außenhandel mindestens gleichbedeutend sind wie die ökonomischen Folgen des Klimawandels innerhalb der Landesgrenzen.

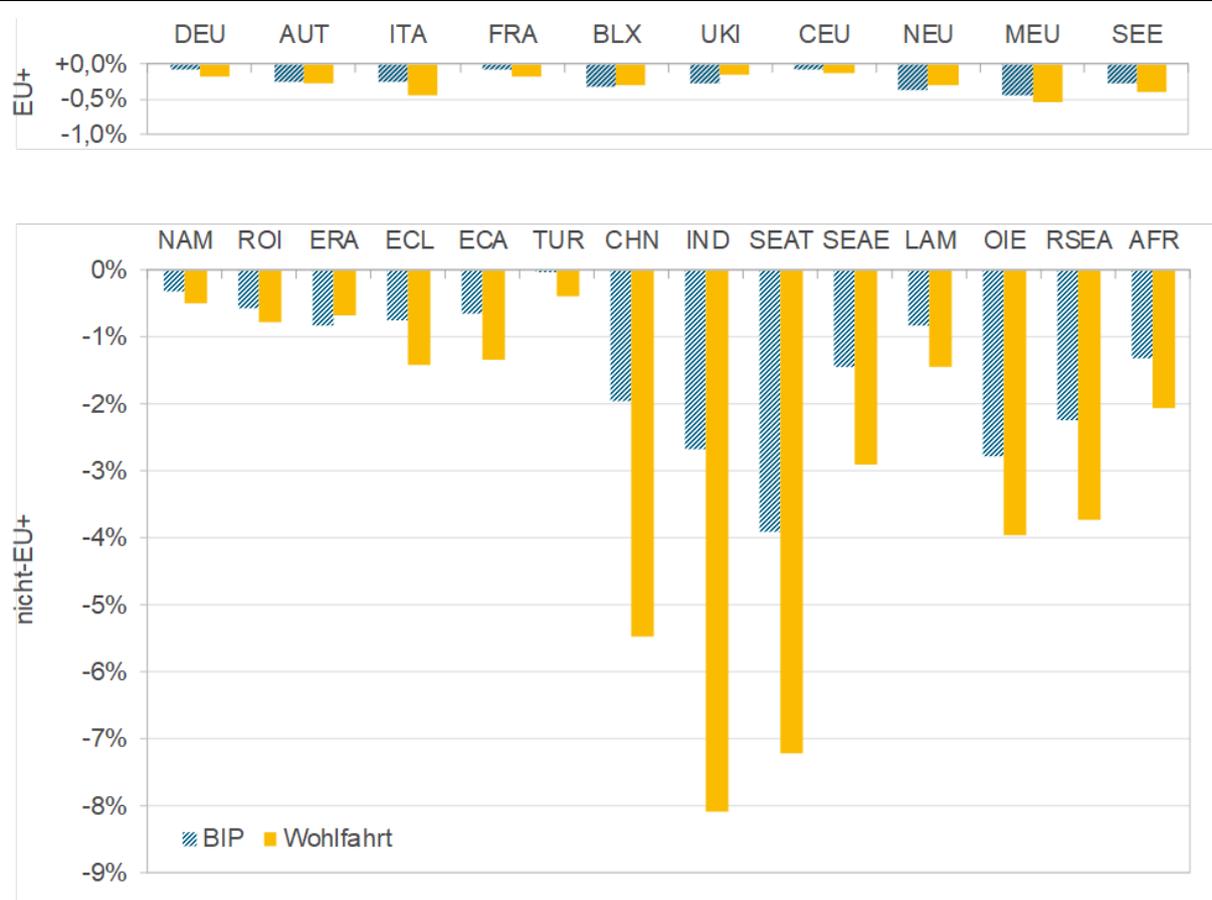
Die in der Studie gewonnenen Ergebnisse liefern somit einen ersten Beitrag, wie Deutschlands Außenhandel und somit Deutschlands heimische Wirtschaft von unterschiedlichen Klimawirkungen bis Mitte des Jahrhunderts betroffen sein könnte. Die Ergebnisse sind als untere Schranke für die grenzüberschreitenden Folgen des Klimawandels zu verstehen. Zahlreiche der in Abschnitt 3 identifizierten Wirkungsketten sind nicht in die Modellanalyse eingeflossen. Die effektive Exposition Deutschlands gegenüber den Auswirkungen des weltweiten Klimawandels über die Handelsströme und die drohenden volkswirtschaftlichen Kosten daraus dürften entsprechend höher liegen.

Es sind weitere Untersuchungen notwendig, beispielsweise wie über die Zeit veränderliche Handels- und Wirtschaftsstrukturen (Strukturwandel; Veränderung der Außenhandelsposition eines Landes) sowie technologischer Fortschritt (z.B. Automatisierung von Produktionsprozessen) das Risiko für Deutschlands Volkswirtschaft verändern. Auch zur Wirksamkeit unterschiedlicher Anpassungshandlungen (Unternehmen und/oder Staat) sowie der Frage der geeigneten Finanzierung der Schäden, beispielsweise durch staatliche Neuverschuldung, ist zusätzliche Forschung erforderlich.

## 6 Regionale und sektorale strategische Ausrichtungen in der Handels- und Klimapolitik

Abbildung 5 zeigt die Einbußen bei BIP und Wohlfahrt in den verschiedenen Weltregionen im Jahr 2050 gegenüber der Referenzentwicklung ohne Klimawandel basierend auf der Modellierung der drei betrachteten Wirkungsketten.

**Abbildung 5: Veränderung von BIP und Wohlfahrt im Jahr 2050**



Veränderung von BIP und Wohlfahrt im Jahr 2050 durch das Zusammenspiel der Wirkungsketten Meeresspiegelanstieg, Arbeitsproduktivität und Landwirtschaft, für RCP4.5 im Vergleich zum Basisszenario (SSP2); verwendetes Klimamodell: HadGEM2-ES; klimatische Periode 2050 (Ø2036-2065); siehe Tabelle 1 im Appendix für Regionsabkürzungen

Quelle: Wegener Center, Universität Graz

Die wirtschaftlich negativen Effekte im EU-Raum fallen wesentlich geringer aus als in Regionen außerhalb der EU, wo Rückgänge in BIP und Wohlfahrt teilweise enorm sind. Dies verdeutlicht, dass eine Fokussierung der Handelsbeziehungen Deutschlands auf den EU-

Raum ein Element einer Strategie darstellt, um Resilienz gegenüber den indirekten Folgen des weltweiten Klimawandels zu erhöhen.

Für Regionen außerhalb der EU wird ersichtlich, dass die drei in die Modellanalyse einbezogenen Wirkungsketten des Klimawandels v.a. in den Weltregionen China, Indien, Süd- und Südostasien, dem mittleren Osten und Afrika inkl. Tunesien starke Einbußen in Bruttoinlandsprodukt (BIP) und Wohlfahrt nach sich ziehen. Die Kaufkraft dieser Länder sinkt gegenüber der Referenzentwicklung erheblich mit beträchtlichen indirekten Folgen für Deutschland als Handelspartner.

Die transnationalen Auswirkungen des globalen Klimawandels lassen sich jedoch nicht durch eine generelle Reduktion der internationalen Handelsbeziehungen abfedern. Eine solche Strategie könnte auch in Deutschland zu wesentlichen Wohlstandseinbußen führen. Weltweiter Handel und Arbeitsteilung in der Produktion von Waren und Dienstleistungen bauen auf den relativen Stärken aller Länder auf. Zudem führen sie zu einer Vernetzung, welche für die soziale und politische Stabilität der Welt zentral ist.

Die Resilienz der deutschen Wirtschaft lässt sich jedoch durch eine stärkere Diversifizierung bzw. Restrukturierung der globalen Handelsbeziehungen verbessern. Diese muss mit einer gezielten Unterstützung von Anpassungsmaßnahmen in den stark betroffenen Weltregionen einhergehen, die für Deutschland bezüglich Zuliefer- und Absatzmärkte wichtig und schwer substituierbar sind. Dazu zählen besonders Schwellenländer in Süd- und Südostasien sowie China. Basierend auf diesen Überlegungen und den Analysen aller Wirkungsketten (unter Berücksichtigung der unterstellten Anpassungsmaßnahmen angesichts des Meeresspiegelanstiegs) folgt eine gezielte regionale Kombination von handels- und klimapolitischen Maßnahmen zur Minimierung der negativen transnationalen Effekte auf die Wohlfahrt und das BIP in Deutschland:

1a) eine strategische Stärkung des deutschen Handels mit Weltregionen, die geringe transnationale Übertragungseffekte bedingen (insbes. EU, Türkei, Nordamerika).

1b) eine breitere Diversifizierung der betrieblichen Wertschöpfungsketten, um weniger von einzelnen Ländern abhängig zu sein,

*bei gleichzeitiger*

2) strategischer Unterstützung von Anpassungsmaßnahmen in Weltregionen, die besonders starke negative transnationale Handelseffekte durch Klimawandel auslösen (insbes. China, Indien, Südostasien) im Rahmen einer deutschen „Klimaaußenpolitik“.<sup>15</sup>

### **Fazit aus der Regionen-bezogenen Betrachtung**

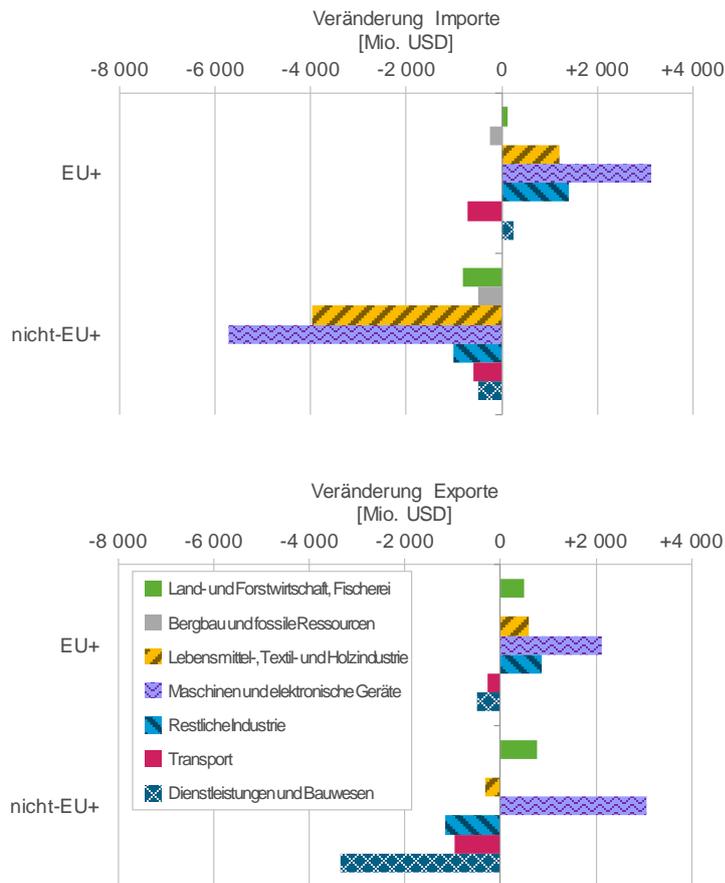
Anzustreben ist eine Kombination von Handelsstärkung mit ausgewählten Regionen – wir sprechen von „Strategischer Handelsdifferenzierung“ – und gezielter Förderung von Klimaanpassung in Schwellenländern.

Abbildung 6 zeigt, unterteilt nach EU-Raum- und Regionen außerhalb der EU, wie sich die Güterstruktur der Importe und Exporte Deutschlands im Vergleich zur Referenzentwicklung ohne Klimawandel bis 2050 ändert, wenn die drei genannten Wirkungskanäle des weltweiten Klimawandels modelliert werden.

---

<sup>15</sup> Die von Schenker und Stephan (2017) geäußerte Befürchtung, dass eine handelspolitisch motivierte Anpassungsförderung in Entwicklungs- und Schwellenländern ihrerseits zu einem Öffentlichen Gut-Problem führen kann, scheint bei einer gezielten Einbindung in ein Netzwerk von klima- und handelspolitischen Verträgen eher gering.

**Abbildung 6: Veränderung von Importen und Exporten Deutschlands im Jahr 2050 durch das Zusammenspiel der Wirkungsketten Meeresspiegelanstieg, Arbeitsproduktivität und Landwirtschaft**



Veränderung von Importen (oben) und Exporten (unten) Deutschlands in Mio. USD<sub>2011</sub> im Jahr 2050 durch das Zusammenspiel der Wirkungsketten Meeresspiegelanstieg, Arbeitsproduktivität und Landwirtschaft, jeweils für RCP4.5 im Vergleich zum Basisszenario (SSP2); verwendetes Klimamodell: HadGEM2-ES; klimatische Periode 2050 (Ø2036-2065); siehe Tabelle 2 im Appendix für detaillierte Beschreibung der Sektorgruppen.

Quelle: Wegener Center, Universität Graz

Die Importe Deutschlands weisen im Gesamtbild stärkere Einbußen auf als die Exporte. Dies kann die Produktionsketten deutscher Unternehmen je nach Branche verschieden stark beeinträchtigen. Bei den Importen ist erkennbar, dass Deutschland die Importgüter, welche wegen des weltweiten Klimawandels weniger aus Regionen außerhalb der EU kommen, vermehrt aus dem EU-Raum bezieht. Bei den Exporten zeigt sich, dass die „Dienstleistungen und Bauwesen“ deutlich weniger Nachfrage aus dem Ausland aufweisen, Deutschland dagegen bei Maschinen und elektronischen Geräten (Ingenieursleistungen) sowohl aus den EU- als auch den Nicht-EU-Ländern eine stärkere Nachfrage erfährt. In diesem Sektor gilt es

die technologische Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten, um die Wohlfahrts- und Produktionseinbußen in Deutschland zu minimieren.

Die Ergebnisse zeigen, dass Deutschland gegenüber dem weltweiten Klimawandel spürbar exponiert ist. Dies betrifft deutsche Unternehmen einerseits in ihren internationalen Absatzmärkten (Exporte) und andererseits vor allem beim Import wichtiger Vorleistungsgüter für die Produktionsprozesse im Inland. Die Studienergebnisse können für Wirtschaftsakteure Anlass geben, ihre Strategien der Handelsverflechtungen zu überprüfen und nach Möglichkeiten zu suchen, die Risiken der klimaseitigen Exposition der Vorleistungsbezüge zu diversifizieren sowie eine Minderung erheblicher Abhängigkeiten von Einzelstoffen aus stark klimaexponierten Ländern zu erreichen. Als Folge davon dürfte der Globalisierungsgrad der deutschen Produktion von Waren künftig eher etwas abnehmen, sprich die Vorleistungen kommen etwas stärker aus der EU und etwas weniger aus dem Rest der Welt.

In der Analyse aller Wirkungsketten folgt zugleich eine gezielte sektorale Kombination von handels- und klimapolitischen Maßnahmen zur Verringerung der negativen transnationalen Effekte auf die Wohlfahrt und das BIP in Deutschland:

1) bei zu geringem betrieblichem Fokus auf langfristige Herausforderungen des Klimawandels in der Technologieentwicklung eine Förderung und strategische Stärkung der Rahmenbedingungen des Handels mit Maschinenbau- und Elektronikwaren, einer traditionellen Stärke der deutschen Außenwirtschaft (Strategie „Stärken stärken“),

*bei gleichzeitiger*

2) strategischer Unterstützung von Anpassungsmaßnahmen zur Stabilisierung der Nachfrage nach Dienstleistungs-, Bau- und sonstigen Industriewaren (außerhalb der Maschinen – und Elektronikbranche) in Nicht-EU-Ländern.

#### **Fazit Sektor-bezogene Betrachtung:**

Anzustreben ist eine Kombination von „Stärken stärken“ (in der sektoralen Handelspolitik) und „Branchen-Absatzeinbußen dämpfen“ (durch Förderung von Klimawandelanpassung und der Anpassungskapazität in den Nicht-EU-Ländern).

## 7 Direkte Empfehlungen

Aus den Analysen und der Einbettung des Vorhabens Impact CHAIN in die Herausforderungen des weltweiten Klimawandels für Deutschland ergeben sich Empfehlungen für Anpassungsmaßnahmen. Die Analyse zeigt, dass die internationalen Auswirkungen des Klimawandels für Deutschland über den Handel relevante Herausforderungen mit sich bringen. Somit sind auch Unternehmen exponiert, welche in den Handel mit Vorleistungs- und/oder Exportgütern involviert sind. Ein Teil der Empfehlungen bezieht sich auf die Ebene der Unternehmen. Inwieweit sich ein Bedarf nach staatlichem Handeln ergibt, hängt davon ab, ob die Herausforderungen direkt als Marktversagen zu interpretieren sind oder ob die Herausforderungen, die üblicherweise in betriebswirtschaftlichen Entscheidungen einbezogenen Zeitspannen übersteigen. Wenn bei Marktversagen mit staatlichem Handeln bessere Ergebnisse erwartbar sind als bei staatlichem Nicht-Handeln, dann ist staatliches Handeln (mit Fokus auf Ebene Bund) ratsam.

Die Empfehlungen unterscheiden grundsätzlich nach Maßnahmen, die

- a) vorwiegend die **öffentliche Hand** betreffen und solche, die
- b) auf **Unternehmen** abzielen. Bei Letzteren wird unterschieden zwischen Maßnahmen, die
  - (b1) **in Betrieben selbst** getätigt werden sollten und solchen, die
  - (b2) zwar auf Unternehmensebene abzielen, jedoch **staatlich unterstützt** werden sollten.
- c) Abschließend sind Überlegungen und Politikempfehlungen dargelegt zu den **deutschen Beiträgen in internationalen (Verhandlungs-)Prozessen**.

### a) Empfehlungen öffentliche Hand (Nationale Politik)

- ▶ **Handels- und klimapolitische Maßnahmen sind gezielt miteinander zu verbinden.** Die transnationalen Auswirkungen des globalen Klimawandels lassen sich nicht durch eine generelle Reduktion der internationalen Handelsbeziehungen abfedern. Eine solche Strategie könnte auch in Deutschland zu wesentlichen Wohlstandseinbußen führen. Weltweiter Handel und Arbeitsteilung in der Produktion von Waren und Dienstleistungen bauen auf den relativen Stärken aller Länder auf. Zudem führen sie zu einer Vernetzung,

welche für die soziale und politische Stabilität der Welt zentral ist. **Deshalb** wird empfohlen aktive und **vielfältige Handelsbeziehungen zu pflegen und** den Handel nicht einfach zu verringern, sondern zu differenzieren, d.h. z.B. bestimmte Vorleistungen möglichst nicht aus nur einem Land zu beziehen und stetig darauf bedacht zu sein, mögliche substitutive Güter ebenfalls einzubeziehen. Dies erhöht die Reaktionsfähigkeit der deutschen Unternehmen beim Bezug von Vorleistungen aus dem Rest der Welt, wenn bedingt durch den Klimawandel ein Gut nicht mehr verfügbar und/oder eine Region als Lieferant ausfällt und Verzögerungen drohen.

Es geht nicht darum, den Welthandel bewusst zu verringern oder umgekehrt eine maximale Konnektivität mit anderen Ländern anzustreben, sondern es geht um eine gesunde, resiliente Diversifizierung angesichts gradueller Klimaveränderungen und zunehmender Wetterextreme. Folgende Maßnahmenfelder stehen dabei im Vordergrund:

- ▶ Europa generell und Deutschland im Speziellen sind im Vergleich zu manchen außereuropäischen Regionen schwächer negativ betroffen. Dadurch kommt es zu einem Verlagerungseffekt des Handels von Nicht-EU- zu EU-Ländern und zu einer Verbesserung der deutschen Wettbewerbsfähigkeit (terms of trade). Es wird deshalb empfohlen, den Wirtschaftsraum EU+ auch in Zukunft weiter zu stärken und die **Wirtschaftsbeziehungen** mit der **EU+ auszubauen**. Optimal aus ökonomischer Sicht wäre es, diese Anstrengungen mit der Erreichung von Klimaschutzzielen und Sustainable Development Goals (SDGs) zu verknüpfen.
- ▶ Nachdem die transnationalen Risiken erkannt wurden, gilt es die Bedeutung der Risiken auf die einzelnen Sektoren/Unternehmen herunterzubrechen. Dies wird als staatliche, nationale Politikaufgabe zur Standardisierung der Risikoabschätzung verstanden. Dies beinhaltet die Identifikation und **Offenlegung von finanziellen Klimarisiken**. Im Rahmen der FSB Task Force der G20<sup>16</sup> wird die freiwillige Offenlegung von Klimarisiken von Firmen im ordentlichen Firmenreporting gefördert. Diese Offenlegung ist sowohl für

---

<sup>16</sup> Die Task Force on Climate-Related Financial Disclosures (TCFD) wurde 2015 vom Financial Stability Board (FSB) der G20 eingerichtet, um eine konsistente klimabezogene Offenlegungen zu finanziellen Risiken zu entwickeln, die von Unternehmen bei der Bereitstellung von Informationen für Investoren, Kreditgeber, Versicherer und andere Interessengruppen verwendet werden. Vgl. <https://www.fsb-tcfd.org/>.

Versicherungen und Investoren, aber auch für andere Kapitalmarktakteure von wachsendem Interesse.

- ▶ Weiters wird empfohlen, auf nationaler Ebene auch auf die sich ergebenden **Chancen** zu fokussieren und entstehende neue Handelsvorteile v.a. auf der Exportseite (terms of trade) positiv zu nutzen.
- ▶ Die Analysen zeigen, dass die Regionen Südostasiens, China, Indien, Afrika und die ölexportierenden Länder besonders negativ durch Klimawandeleffekte betroffen sind. Deshalb ist gezielte **Anpassungsförderung in Schwellenländern** angebracht, um die Resilienz beim Import und Export zu stärken. Die Industrienationen haben zudem als Hauptverursacher des Klimawandels eine zentrale Verantwortung, Klimaschutz und Klimaanpassung in den stärker betroffenen Weltregionen zu unterstützen. Dabei können Umweltbestimmungen bzw. Klimabestimmungen geeignete Instrumente der Harmonisierung internationaler Klima- und Handelsverträge darstellen (vgl. Dröge und Schenuit 2018, Schloemann et al., 2016). Die heute bereits verbreiteten Klima- und Umweltbestimmungen bei der Vergabe von Finanzmitteln der Entwicklungsbanken (vgl. Di Leva, 2015) können dabei eine Orientierung geben.
- ▶ Nur wenn die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands bei wertschöpfungsintensiven Gütern hoch bleibt, kann es negative internationale Risiken des Klimawandels über Handelskanäle abfedern und Chancen nutzen. Dies bedingt weiterhin und verstärkt Investitionen in Umfang von Forschung und Entwicklung, unternehmerische Rahmenbedingungen, Qualität der Bildung und Innovationskraft der Unternehmen
- ▶ Die **Exportunterstützung** für deutsche Unternehmen soll im Falle von vorliegenden Marktversagen (Informationsasymmetrien, zeitlich zu kurze Sicht der Unternehmen bei der Investitionsplanung, Systemrisiken) die wettbewerbsstarken Branchen im Export stärken, wie beispielsweise Maschinen und elektronische Geräte. Ob es dabei eine industriepolitische Förderung durch die öffentliche Hand braucht, ist zu diskutieren. Da aber die Zeithorizonte der absehbaren Herausforderungen die betriebswirtschaftlichen Planungshorizonte zum Teil übersteigen, kann in einzelnen Technologiebereichen eine Sensibilisierung bis hin zu einer vorübergehenden F&E-Unterstützung und die Unterstützung der Vernetzung von angewandter Wissenschaft und Wirtschaft sinnvoll

sein. Für alle Bereiche der Exportförderung gilt, dass es verbindliche Vorgaben braucht. Diese wiederum müssen als Resultat der politischen Diskussion in die Verwaltung getragen werden. Die Zusammenarbeit zwischen Umwelt- und Wirtschaftsressorts scheint dabei zentral.

- ▶ Wir empfehlen die Maßnahmen schrittweise auf der Grundlage zunehmend robusteren Ergebnissen zu den transnationalen Risiken des Klimawandels zu formulieren. Dafür wäre ein regelmäßiges **Monitoring der Datenlage zur Entwicklung der importsensitiven und der exportstarken Unternehmen in vom Klimawandel potenziell besonders tangierten Weltregionen** zentral. Sehr wichtig ist es auch, dass die öffentliche Hand die weiteren **Erkenntnisgewinne** der noch **jungen Forschung** in dem relativ neuen Forschungsfeld **aktiv verfolgt** und die Strategie an neue Erkenntnisse anpassen kann.

#### **b1) Empfehlungen für Unternehmen**

- ▶ Das **strategische Risikomanagement** wie auch das **operationelle Risikomanagement** hinsichtlich der Thematik ist zu stärken. Das Thema muss auf strategischer Ebene präsent sein, das bedeutet auch, dass beispielsweise ein Risk Manager für das Thema sensibilisiert werden sollte. Auf strategischer Ebene sollten auch Maßnahmen zur Offenlegung finanzieller Klimarisiken unterstützt und durch die Privatwirtschaft getragen werden (wie bspw. TCFD oder CDP). Eine themenbezogene, konkrete privatwirtschaftliche Initiative ist der CDP Supply Chain Report 2017, der die Offenlegung von Klimarisiken (in Bezug auf die internationale Verflechtung) fördert.
- ▶ Auf operationeller Ebene umfassen die empfohlenen Maßnahmen Aktivitäten, die im Rahmen des betrieblichen Risikomanagements erfasst werden sollen. Diese umfassen beispielsweise die systematische Analyse der Risiken und Risikomanagementsysteme, die **Diversifikation** von Absatz- und Beschaffungsmärkten oder die Förderung der **Substitution** von Vorleistungsgütern. Die **Diversifikation** der Zulieferketten oder Unternehmenszusammenarbeit bei der Beschaffung von Vorleistungsinputs aus dem Ausland sind weiterhin Instrumente, um die Resilienz zu erhöhen und sollten weiter gefördert werden.

- ▶ Zusätzlich werden auch **Versicherungslösungen** (z.B. Klimaversicherungen, Fortentwicklung der Betriebsstörungenversicherung, Technologieversicherungen) an Bedeutung gewinnen und sollten weiter politisch rahmengebend gefördert und unterstützt werden. Das durch das BMU geförderte Netzwerk „Klimarisikomanagement 2050“<sup>17</sup> und die (mittelstandbezogene) durch das BMWI geförderte Initiative „Klimacheck“<sup>18</sup> stellen aktuelle Beispiele dar, die Unternehmen bei der Erarbeitung einer Risikostrategie unterstützen, die die gesamte nationale und internationale Wertschöpfungskette umfasst.
- ▶ Wie bei den nationalen Maßnahmen, sollten auch die betrieblichen Maßnahmen darauf ausgerichtet sein, die **Resilienz der Beschaffungsmärkte zu unterstützen**.
- ▶ Wie bei den nationalen Maßnahmen, sollten auch Betriebe versuchen Chancen durch sich ändernde Absatzbedingungen zu nutzen. Zahlreiche Beispiele aus den Bereichen (Spezial)Bau, Maschinenbau sowie chemische und pharmazeutische Industrie geben Lühr et al. (2014) dafür.

## **b2) Staatlich unterstützte Maßnahmen mit Fokus Unternehmen**

- ▶ Generell soll die **Sensibilisierung** für das Thema auf Unternehmensebene gefördert werden. Es gilt die Betroffenheit aufzuzeigen. In vielen Branchen ist das Thema noch sehr wenig verortet.
- ▶ Die wissenschaftlichen **Datengrundlagen** zum Thema sollten weiter ausgebaut und die globalen Risiken für Unternehmen besser identifizierbar sein. Auch in der Modellierung von betriebswirtschaftlichen Auswirkungen der entsprechenden Chancen und Risiken für deutsche Unternehmen besteht noch Handlungsbedarf. Zentral ist auch, dass Handelsdaten zu Lieferketten weiter untersucht werden. Das Aufzeigen von Risiken und Handlungsoptionen für Unternehmen wäre über Vergleichsanalysen denkbar (best in class Ansatz), damit sich Firmen bezüglich ihrer Praktiken einordnen könnten. Solche

---

<sup>17</sup> <https://www.umweltbundesamt.de/service/termine/netzwerk-klimarisikomanagement-2050-umgang>

<sup>18</sup> <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/klimacheck-tool.html>

Analysen können beispielsweise über die EU-geförderte Initiative Climate-KIC (EIT 2019) und die Verbände der Wirtschaft unterstützt werden.

- ▶ Grundsätzlich können die **Identifikation und das Aufzeigen der Klimarisiken** von Privaten (Haushalten und Unternehmen) als überbetriebliches, systemisches Risiko und damit als staatliche Aufgabe aufgefasst werden (Renn 2014). Private Unternehmen haben als Akteure wenig Anreize diese Informationen zu erstellen, da auf dem Markt Aspekte von Marktversagen bestehen (Problematik des Trittbrettfahrens und der meritorischen Güter-Charakteristik)
- ▶ **Sektorale Unternehmensanstrengungen** sollten vorangetrieben werden. Der Staat ist bei solchen Aktivitäten ein ebenso wichtiger Stakeholder wie die Privatwirtschaft und soll bei der Auseinandersetzung mit dem Thema als Partner agieren.
- ▶ Es sollte untersucht werden, wie **staatliche Exportrisikogarantien** aufbauend auf den „Common Approaches on Environment and Officially Supported Export Credits“ der OECD (TAD/ECG(2012)5) geeignet ausgestaltet werden können, um Aspekte der Exposition gegenüber Klimaänderungen einzubeziehen. Die staatliche Exportförderung basiert auf differenzierten Berichtspflichten der staatlichen Kreditgeber und Kreditversicherer (wie Hermes) zur Umwelt- und Sozialverträglichkeit der geförderten Projekte, beispielhaft aufgelistet in TAD/ECG(2015)15/FINAL. Diese beziehen sich bislang vor allem auf die Einhaltung von Standards der Empfängerländer (Paragraf 26 der Common Approaches), aber im Grundsatz auch auf die Einhaltung internationaler Standards der Weltbank, multilateraler Entwicklungsbanken (wie der DEG), aber auch weitergehender, international anerkannter Standards der EU (Paragraf 20, 21 und 24 der Common Approaches). Wenn diese Standards um die Berücksichtigung der weltweiten Wohlfahrtswirkungen aus transnationalen Effekten ausgebaut würden, wäre eine gezielte Exportförderung entsprechend möglich und verbindlich.
- ▶ Ein **übergeordnetes Monitoring** der transnationalen Risiken (siehe Kapitel nationale Empfehlungen) soll künftig über alle transnationalen Einflusskanäle (nicht nur für Handelskanäle) erfolgen und den Unternehmen auf staatlicherseits bereitgestellten Klimainformationsplattformen zur Verfügung gestellt werden.

- ▶ **Grundsätzlich** sollte jede staatliche Strategie der Anpassung an den Klimawandel mit dem Ziel der Senkung der Verletzlichkeit von Wertschöpfungsketten gegenüber extremen Wetterereignissen **„bottom-up“**, **d.h. unter einer verantwortlichen Mitwirkung der Akteure aus der Privatwirtschaft** bestimmt werden. „Weiche“ Maßnahmen wie Information, Bewusstsein, Erziehung, Einbettung in Berufsbilder und Ausbildungsgänge, Normen für das betriebliche Risikomanagement etc. sollten dabei vor „harten“ regulatorischen Eingriffen oder Risikoübernahmen seitens der öffentlichen Hand stehen. Die Anstrengungen von KOMPASS (UBA) und KLIMACHECK (BMW) im Bereich der Supply Chain Managements von Unternehmen bieten hierfür erste Ansatzpunkte in Deutschland ebenso wie die vielfältigen Initiativen aus dem Bereich von Klimadienstleistungen privater Intermediäre wie z.B. Price-Waterhouse-Cooper 2015, FM Global 2017 und HSBC Global Research 2018.

### c) Politikansätze im internationalen Raum

Die Sicherung und der Erhalt von internationalen Wertschöpfungsketten ist ein anerkanntes Ziel der UN-Rahmenkonvention zum Klimawandel (UNFCCC). Wichtige Entscheidungen im Rahmen der UNFCCC dazu waren der Bali-Aktionsplan und die Beschlüsse von Cancun zur Klimaanpassung (FCCC/CP/2010/7/Add.1). Letztere sind fast wortgleich in den Artikel 7 des Übereinkommens von Paris übernommen worden, in dem es heißt:

*„Die Vertragsparteien erkennen an, dass die Anpassung für alle eine weltweite Herausforderung mit lokalen, subnationalen, nationalen, regionalen und internationalen Dimensionen ist“ (Hervorhebung, d. Verf.).*

Aus dieser Bestimmung folgen Pflichten für alle Unterzeichnerstaaten des Pariser Übereinkommens, darunter die Europäische Union (EU) und ihre Mitgliedstaaten, Ziele und Zielerfüllungsberichte nach Art. 7.10 PA im Rahmen sog. „Anpassungsmitteilungen“ an die UN zu erstellen (Schwarze 2017). Das wiederum erfordert den Übergang zur einer gemeinschaftlichen Anpassungspolitik, darunter auch gemeinsame Strategien zur Verringerung von negativen transnationalen Klimafolgen für die Gemeinschaft. Die bisherige Enthaltensamkeit von Brüssel in diesen Fragen wird mit Pflicht zur Entwicklung einheitlicher Berichtssysteme für die Klimaresilienz nach 2020 zu Ende gehen. In abgestimmter Weise müssen die Mitgliedstaaten auch in der Umsetzung des Sendai-Rahmenwerks für

Katastrophenvorsorge der UN neu gefasst werden (Auswärtiges Amt 2015). Insofern stärken sich das Pariser Übereinkommens und das Sendai-Rahmenwerk gegenseitig im Vollzug auch einer Strategie zur Vermeidung transnationaler Effekte. Die Folgen des Klimawandels auf internationale Wertschöpfungsketten werden auch in anderen internationalen politischen Kontexten thematisiert. Die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung mit ihren 17 Sustainable Development Goals (SDGs) verlangt z.B. explizit in SDG 13 den klimafreundlichen und resilienten Umbau der Wirtschaftssysteme in Industrie- und Entwicklungsländern. Die G7 und die G20 haben auf Gipfeltreffen in Elmau (2015) und Hangzhou (2016) diese Ausrichtung politisch rahmende bekräftigt.

Alle genannten internationalen Abkommen sind sich darin einig, dass Anpassungspolitiken in den Industrieländern nicht zulasten der Entwicklungsländer gehen dürfen. Art 7.6 hebt die Prinzipien der Unterstützung der Entwicklungsländer und der internationalen Zusammenarbeit ausdrücklich hervor. Strategien gegen negative transnationale Effekte müssen daher aus dem Gesichtspunkt der internationalen Wohlfahrt gerechtfertigt sein und anderenfalls unter Berücksichtigung von Kompensationszahlungen an Entwicklungsländer erfolgen; sie dürfen jedenfalls nicht aus allein nationalen Erwägungen geleitet sein.

Welche konkreten Maßnahmen die deutsche Bundesregierung in der engen wirtschaftlichen Verknüpfung mit den Entwicklungs- und Schwellenländern bereits getroffen hat, wird in der Antwort der Bundesregierung auf eine Anfrage der Partei „Die Grünen“ aus 2016 dargelegt (Drucksache 18/9282). Dort findet sich der Verweis auf über 100 sog. Technology Needs Assessments oder TNAs, die von 79 Staaten im Rahmen des UN-Technologiemechanismus unter Mitwirkung der Bundesrepublik Deutschland erarbeitet wurden. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie hat als dafür zuständige nationalen Behörde „Technologien und Dienstleistungen für Klimaschutz und Klimaanpassung in Deutschland“ untersucht, nach Bedarfsfeldern priorisiert und in Form von „Steckbriefen“ zusammengestellt (BMWi 2014). Darunter findet sich kein „Steckbrief“ mit Maßnahmen, die dem Schutz oder der dynamischen Resilienz von Austauschbeziehungen und Wertschöpfungsketten dienen. Die dominanten Sektoren im Bereich Klimaanpassung sind Landwirtschaft sowie die Wasserwirtschaft, auf die in der Summe Zweidrittel (66%) aller artikulierten Bedarfe entfielen. In der Fortführung (NDE 2017) wird diese besondere Gewichtung von Land-, Forst- und Wasserwirtschaft erneut bestätigt. Die vorherrschende Technologieorientierung der TNAs und die alleinige „Nicht-EU-Perspektive“ der

Maßnahmenkataloge der UNFCCC und – in der Umsetzung der UN-Beschlüsse – auch in Deutschland lassen dafür bisher wenig Raum. Wenn aber die obengenannten, aus Artikel 7 des Übereinkommens von Paris sich ergebenden Pflichten der EU allerdings (an)erkannt werden, ist dieser Rahmen zu eng. Wir stehen damit vor neuen politischen Herausforderungen, die den Befunden dieser und der anderen obengenannten Studien zu transnationalen Klimawirkungen ein neues Gewicht verleihen und die Notwendigkeit für ein eigenes Kapitel in der europäischen und deutschen Anpassungsstrategie (DAS) begründen können.

Strategisch rücken in diesem Zusammenhang verstärkt die Gestaltungsmöglichkeiten internationaler Handelsverträge in den Vordergrund. Kapitel zur nachhaltigen Entwicklung gehören mittlerweile zum Standardrepertoire der von den EU-Mitgliedstaaten und der Europäischen Union geschlossenen bilateralen und multilateralen Freihandelsabkommen (FHA). Diese bilden einen konkreten Anknüpfungspunkt, um die Risiken von transnationalen Klimawirkungen miteinzubeziehen. Die Anwendung und Durchsetzbarkeit von umweltrelevanten Vorschriften in den Nachhaltigkeitskapiteln können zum Beispiel durch Verzahnung mit den Handelsvorschriften des jeweiligen Abkommens oder durch Effektivierung der in den Nachhaltigkeitskapiteln vorgesehenen Konsultations- und Beschwerdemechanismen gestärkt werden. Das Handelsabkommen mit Japan – am 1. Februar 2019 in Kraft getreten – ist das erste FHA, das sich zur Umsetzung des Übereinkommens von Paris bekennt (Art. 16.4) und gerade dem Übergang zu einer klimaresilienten Entwicklung Beachtung schenkt:<sup>19</sup>

*„Die Vertragsparteien bekräftigen ihre Zusage, das UNFCCC und das am 12. Dezember 2015 von der Konferenz der UNFCCC-Vertragsparteien auf ihrer 21. Tagung in Paris unterzeichnete Übereinkommen von Paris wirksam umzusetzen. Die Vertragsparteien arbeiten gemeinsam darauf hin, den positiven Beitrag des Handels beim Übergang zu einer treibhausgasarmen und klimaresilienten Entwicklung stärker zum Tragen zu bringen. Die Vertragsparteien verpflichten sich, mit Blick auf die Verwirklichung des übergeordneten Ziels des UNFCCC sowie der Ziele des Übereinkommens von Paris gemeinsam Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels zu treffen.“*

---

<sup>19</sup> Beschluss des Rates über den Abschluss des Wirtschaftspartnerschaftsabkommens zwischen der Europäischen Union und Japan, Amtsblatt der Europäischen Union L 330/1 vom 27. Dezember 2018

Es muss sich zeigen, wie das hier enthaltene Bekenntnis zur vertieften Zusammenarbeit bei Anpassungsthemen programmatisch umgesetzt werden kann. Das FHA gibt keine spezifische Richtung vor. Es wird entscheidend darauf ankommen, wie die verschiedenen Plattformen und Gremien, die das FHA geschaffen hat – darunter den Ausschuss „Handel und nachhaltige Entwicklung“ (Art. 16.13) – sich in der Zukunft positionieren. Möglich und sinnvoll erscheinen Arbeiten zur Entwicklung von Blaupausen einer handelspolitischen Anpassungsagenda. Bilaterale Kooperationen könnten etwa die Felder Wissenschaft, Technologien-Transfer und auch Dienstleistungen umfassen. Aus der Arbeit des Ausschusses „Handel und nachhaltige Entwicklung“ (Committee on Trade and Development der WTO<sup>20</sup>) könnte so etwa ein Aktionsplan zur Liberalisierung von Anpassungstechnologien und entsprechenden Dienstleistungen hervorgehen. Einzelmaßnahmen könnten erleichterte Anerkennungsverfahren bei der technischen Zulassung von Geräten, automatische Lizenzierung von Fachkräften sowie Visavergaben für freie Ein- und Ausreise von Installations- und Trainingsteams einschließen. Deutschland kann und sollte – unmittelbar als Vertragsstaat einer Vielzahl von FHA sowie mittelbar über seine Lenkungsmöglichkeiten innerhalb der EU – darauf dringen, dass gemeinsam mit den jeweiligen Partnerstaaten anpassungsbezogene Handelsinstrumente innerhalb der FHA-Struktur erörtert, entworfen und schließlich umgesetzt werden.<sup>21</sup>

Es gibt darüber hinaus zahlreiche internationale Initiativen bzw. Institutionen aus dem Bereich der Privatwirtschaft, die sich mit den wirtschaftlichen Folgen des Klimawandels für die Wirtschaft auseinandersetzen wie beispielsweise der World Business Council for Sustainable Development (WBCSD: <https://www.wbcsd.org/>) oder UN Global Compact (<https://www.unglobalcompact.org/>). Die Auswirkungen des Klimawandels werden auch in internationalen vielfältigen Foren zur Weiterentwicklung der Finanzmärkte diskutiert. Die Green Finance Study Group der G20 z.B. analysiert, welche Auswirkungen die Zunahme extremer Wetterereignisse auf das Risiko von Finanzportfolios und Institutionen hat. Die UNEP Finance Initiative untersucht in ähnlicher Weise die Möglichkeiten zur Unterstützung eines betrieblichen Wertschöpfungsketten-Managements in vulnerablen

---

<sup>20</sup> Hier wurde/wird das plurilaterale „Environmental Goods Agreement“ verhandelt und diskutiert mit dem Ziel von Handelserleichterungen inkl. Zöllsenkungen für grüne Technologien.

<sup>21</sup> S. weitergehend Griffin et al., Climate change and trade agreements: Friends or foes? The Economist Intelligence Unit 2019; Conway/Schloemann/von Unger/Smith, Fostering Action Through Trade-Related Policy Instruments (Luxembourg 2016).

Wirtschaftsnetzwerken (<http://www.unepfi.org/climate-change/climate-change/>). In beiden liegt der Fokus stärker als bei den UN-Technologiemechanismen auf den Industrie- und Schwellenländern der G20.

In diesen vielfältigen, gemischt politischen und privatwirtschaftlichen Initiativen liegen wichtige Ansatzpunkte zur internationalen Mobilisierung und Unterstützung für ein betriebliches Wertschöpfungsketten-Management in vulnerablen Wirtschaftszusammenhängen. Die Schaffung und Fortschreibung dieser Rahmenbedingungen durch die internationale Politik sind wichtige Voraussetzungen für die ansonsten autonomen Initiativen der internationalen Privatwirtschaft. Deren laufende Beobachtung durch die politischen Arbeitsstrukturen internationaler Organisationen wie z.B. die Green Finance Study Group der G20 ist wichtig, um die politischen Rahmenbedingungen weiterzuentwickeln.

## 8 Literaturverzeichnis

Aguiar, A., Narayana, B., and McDougall, R. (2016): An Overview of the GTAP 9 Data Base. *Journal of Global Economic Analysis* 1 (1): 181–208.

Benzie, M., Hedlund, J., and Carlsen, H. (2016): Introducing the Transnational Climate Impacts Index, Indicators of country-level exposure – methodology report. SEI Working Paper No. 2016-07. Stockholm Environment Institute, Stockholm.

Berry, P.M., Retts, R.A., Harrison, P.A., Sanchez-Arcilla, A. (2017): High-End Climate Change in Europe. Pensoft Publishers, Sofia, 100 pp.

Bräuer, I., Peter, M. (2009): Klimawandel: Welche Belastungen entstehen für die Tragfähigkeit der öffentlichen Finanzen? Ecologic institute, Berlin.

Bröde, P., Fiala, D., Lemke, B., & Kjellstrom, T. (2018). Estimated work ability in warm outdoor environments depends on the chosen heat stress assessment metric. *International Journal of Biometeorology* 62(3): 331–345. <https://doi.org/10.1007/s00484-017-1346-9>

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2020): Fakten zum deutschen Außenhandel, September 2020.

Bundesministerium für Umwelt, UBA (2017): GreenTech made in Germany 2018: Umwelttechnik-Atlas für Deutschland, Dezember 2017.

Chen, C., Noble, I., Hellmann, J., Coffee, J., Murillo, M. and Chawla, N. (2015): Country Index Technical Report. Notre Dame Global Adaptation Index. University of Notre Dame.

Collins, M., Knutti, R., Arblaster, J., Dufresne, J.-L., Fichet, T., Friedlingstein, P., Gao, X., Gutowski, W.J., Johns, T., Krinner, G., Shongwe, M., Tebaldi, C., Weaver, A.J. and Wehner, M. (2013): Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Destatis (2017): Aus- und Einfuhr (Außenhandel): Deutschland, Jahre, Länder, Warensystematik, GP2009 (2-Steller) für das Jahr 2015.

DG FISMA (2018): European Commission – Legislative Proposals on Sustainable Finance, Financial Stability, Financial Services and Capital Markets Union, May 2018.

Di Leva, Charles E. (2015): Climate-Related Standards and Multilateral Finance for Development. *Laws* 2015 (4): 674–690; doi:10.3390/laws4040674.

Dröge, S. und Schenuit, F. (2018): Handels- und Klimapolitik der EU strategisch zusammenführen – Potenziale in Zeiten der Neuorientierung, Stiftung Wissenschaft und Politik, Deutsches Institut für Internationale Politik und Sicherheit, Berlin.

Europäisches Innovations- und Technologieinstitut (EIT) - Climate KIC (2019): Developing A Global Market for Climate Risk Information. <https://www.climate-kic.org/projects/cri/>.

Foreign Office (2015): Internationaler Rahmen zur Reduzierung von Katastrophenrisiken verabschiedet, Artikel vom 23.3.15.

FM Global (2017): How climate change effects your global supply chain, November 29, 2017, in: Explore Risk, Feature, Natural Catastrophe, Risk Management, Supply Chain. Griffin et al. (2019): Climate change and trade agreements: Friends or foes? The Economist Intelligence Unit 2019.

Germanwatch (2017): Global Climate Risk Index 2018, Who suffers most from extreme weather events? Weather-related loss events in 2016 and 1997 to 2016, <https://www.germanwatch.org/14638>. Hertel, T., Hummels, D., Ivanic, M. and Keeney, R. (2007): How Confident Can We Be of CGE-Based Assessments of Free Trade Agreements? Economic Modelling 24 (4): 611–35. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2006.12.002>.

Hinkel, J., Lincke, D., Vafeidis, A. T., Perrette, M., Nicholls, R.J., Tol, Richard S. J., Marzeion, B., Fettweis, X., Ionescu, C. and Levermann, A. (2014): Coastal Flood Damage and Adaptation Costs under 21st Century Sea-Level Rise. Proceedings of the National Academy of Sciences 111 (9): 3292–97. <https://doi.org/10.1073/pnas.1222469111>.

HSBC Global Research (2018): Fragile Planet - Scoring climate risks around the world. In Climate Change Global, March 2018, edited by: Ashim Paun, Lucy Acton and Wai-Shin Chan, London.

Kohli, A., Steinemann, M., Guyer, M., Pérus, M., Füssler, J. (2019): Auswirkungen des Klimawandels im Ausland – Risiken und Chancen für die Schweiz. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, Umwelt-Info Nr. 2002: 17 S.

Knittel, N., Jury, M., Bednar-Friedl, B., Bachner, G. and Steiner, A. (2020): A global analysis of heat-related labour productivity losses under climate change—implications for Germany's foreign trade. Climatic Change 160, 251–269 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10584-020-02661-1>

Lühr, O., Kramer, J.P., Lambert, J., Kind, C. und J. Savelsberg. (2014): Analyse spezifischer Risiken des Klimawandels und Erarbeitung von Handlungsempfehlungen für exponierte industrielle Produktion in Deutschland (KLIMACHECK). Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin.

ND-GAIN Country Index: <https://gain.nd.edu/our-work/country-index/rankings/>, Zugriff 14. 1. 2021.

O'Neill, B.C., Kriegler, E., Riahi, K., Ebi, K.L., Hallegatte, S., Carter, T.R., Mathur, R. and Vuuren van. (2014): A New Scenario Framework for Climate Change Research: The Concept of Shared Socioeconomic Pathways. Climatic Change 122 (3): 387–400. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0905-2>.

OECD (2015): The Economic Consequences of Climate Change. Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264235410-en>.

Oxfam Deutschland (2021): Nahrungsmittelspekulation, Marita Wiggerthale, Referentin für Welternährung und globale Agrarfragen, <https://www.oxfam.de/unsere-arbeit/themen/nahrungsmittelspekulation>, Zugriff: 14.1.2021

Parrado, R., Bosello, F., Delpiazzo, E., Hinkel, J., Lincke, D., & Brown, S. (2020): Fiscal effects and the potential implications on economic growth of sea-level rise impacts and coastal zone protection. *Climatic Change* 160(2): 283–302. <https://doi.org/10.1007/s10584-020-02664-y>

Peter, M., Guyer, M., Füssler, J., Bednar-Friedl, B., Knittel, N., Bachner, G., Schwarze, R., von Unger, M. (2020): Folgen des globalen Klimawandels für Deutschland, Abschlussbericht: Analysen und Politikempfehlungen, *Climate Change* 00/2020, <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

Peter, M., Guyer, M., Füssler, J. (2019): Folgen des globalen Klimawandels für Deutschland, Erster Teilbericht: Die Wirkungsketten in der Übersicht, *Climate Change* 20/2019, <https://www.umweltbundesamt.de/globale-klimafolgen-die-deutsche-wirtschaft-0>

Peter, M., Guyer, M., Füssler, J. (2018): Wie der Klimawandel den deutschen Aussenhandel trifft, Umweltbundesamt Deutschland, November 2018, [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/190513\\_uba\\_fb\\_klimawandel\\_aussenhandel\\_bf.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/190513_uba_fb_klimawandel_aussenhandel_bf.pdf)

Price-Waterhouse-Cooper (2015): Resilience - A journal of strategy and risk. [www.pwc.com/resilience](http://www.pwc.com/resilience).

Renn, O. (2014): Das Risikoparadox. Warum wir uns vor dem Falschen fürchten. Fischer Verlag, Frankfurt/Main.

Schenker, O. und Stephan, G. (2017): International Adaptation Funding and the Donor's Welfare Maximization. In: *Climate Finance*, Markandya, A.; Galarraga, I.; Rübbecke, D. (Hrsg.), S. 157-190. [https://doi.org/10.1142/9789814641814\\_0008](https://doi.org/10.1142/9789814641814_0008).

Schloemann, H., Smith, M., Unger, M. von, Conway, D. (2016): Fostering climate action through trade-related policy instruments. Delivery strategies and support tools: final report. <https://doi:10.2834/200574>.

Schwank, O., Peter, M. et al (2007): Auswirkungen der Klimaänderung auf die Schweizer Volkswirtschaft (Internationale Einflüsse), Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern.

Schwarze, R. (2017): Global climate adaptation will only succeed by dovetailing Paris & Sendai. <https://www.placard-network.eu/global-climate-adaptation-will-only-succeed-by-dovetailing-paris-sendai/>.

Steinemann, M., Simonett, O., Stuhlberger, C., Diallo-Sahli, Y., Etter, B., Maselli, D., and Sigrist P. (2016): Migration. *Climate Change & Environment Nexus Brief*. Swiss Agency for Development and Cooperation: Bern, Switzerland.

TAD/ECG (2012)5: Recommendation on the council on common approaches for officially supported export credits and environmental and social due diligence (the “common Approaches”), Trade and Agriculture Directorate, Trade Committee, Working Party on Export Credits and Credit Guarantees. Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris.

TAD/ECG (2015)15/Final: Working Party on Export Credits and Credit Guarantees. Trade and Agriculture Directorate, Trade Committee. Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris.

Warszawski, L., Frieler, K., Huber, V., Piontek, F., Serdeczny, O., Schewe, J. (2014): The Inter-Sectoral Impact Model Intercomparison Project (ISI-MIP): Project Framework. Proceedings of the National Academy of Sciences 111 (9): 3228–32. <https://doi.org/10.1073/pnas.1312330110>

Willner, S. N., Christian, O., and Levermann, A. (2018): Global Economic Response to River Floods. Nature Climate Change 8 (7): 594–98. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0173-2>.

## 9 Anhang

**Tabelle 1: Regionen im COIN-INT Modell**

Regionsgruppe	Modellregion	Abkürzung
<b>Europa (EU+)</b>	Deutschland	DEU
	Österreich	AUT
	Italien	ITA
	Frankreich	FRA
	Benelux	BLX
	Großbritannien und Irland	UKI
	Zentral EU 27 und Schweiz	CEU
	Nord EU 27+ Liechtenstein, Norwegen und Island	NEU
	Mediterranes EU 27	MEU
	Südost EU 27 + Rest von Europa	SEE
<b>Außerhalb Europas (nicht-EU+)</b>	Nordamerika	NAM
	Restliche industrialisierte Länder	ROI
	Eurasische Länder	ERA
	Schwellenländer in Lateinamerika	ECL
	Schwellenländer in Asien und Israel	ECA
	Türkei	TUR
	China	CHN
	Indien	IND
	Länder mit Schwerpunkt Textilindustrie in Südostasien, Tunesien	SEAT
	Länder mit Schwerpunkt Elektronische Geräte in Südostasien	SEAE
	Restliches Lateinamerika	LAM
	Ölexportierende Länder im Mittleren Osten, Afrika und Venezuela	OIE
	Restliches Süd- und Südostasien (Wenig entwickelte Länder)	RSEA
	Afrika	AFR

Datenbasis: GTAP v9 (Aguiar, Narayanan und McDougall 2016)

**Tabelle 2: Sektoren im COIN-INT Modell**

<b>Sektorgruppe</b>	<b>Modellsektoren</b>	<b>Abkürzung</b>
<b>Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei</b>	Landwirtschaftliche Erzeugnisse: pflanzlich	AGC
	Landwirtschaftliche Erzeugnisse: tierisch	AGL
	Forstwirtschaft und Fischerei	FOF
<b>Bergbau und fossile Ressourcen</b>	Kohle	COA
	Rohöl und Erdgas	OAG
	Restlicher Bergbau	OMN
<b>Lebensmittel-, Textil- und Holzindustrie</b>	Nahrungs- und Futtermittel, Getränke und Tabakprodukte	FBT
	Textilindustrie	TWL
	Holz- und Papierindustrie, Druckereien	WOP
<b>Maschinen und elektronische Geräte</b>	Erzeugung von Maschinen, Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Produkten	OME
	Elektronische Geräte	ELE
	Motor, Kraftfahrzeuge und -teile sowie andere Transportmittel	MVT
	Elektrizität	ELY
	Sonstige Produktion	OMF
<b>Restliche Industrie</b>	Raffinierte Ölprodukte	P_C
	Chemische Industrie	CRP
	Erzeugung von anderen nichtmetallischen Mineralprodukten, Edelmetalle und Nichteisenmetalle	NMF
	Erzeugung von Eisen und Stahl sowie Gießen und Verarbeitung von Metallerzeugnissen	ISM
<b>Transport</b>	Wasserverkehr	WAT
	Luftverkehr	AIT
	Landverkehr	LAT
<b>Dienstleistungen und Bauwesen</b>	Andere private und öffentliche Dienstleistungen	SER
	Bauwirtschaft	CRE

Datenbasis: GTAP v9 (Aguiar, Narayanan und McDougall 2016)

**Tabelle 3: Im COIN-INT Modell abgebildete Auswirkungen des globalen Klimawandels**

Name	Berechnung der (bio)physikalischen Wirkung	Implementierung im COIN-INT-Modell
<b>Anstieg des Meeresspiegels</b>	Berechnung der Schäden mit bzw. ohne zusätzlicher Anpassung (Küstenschutz): <ul style="list-style-type: none"> <li>- Erwartete Anzahl an Personen, die in Überflutungsgebieten leben</li> <li>- Küsteninfrastruktur: erwartete jährliche Überflutungskosten</li> <li>- Kosten von Deichen und anderen Hochwasserschutzbauten</li> </ul> Datengrundlage: DIVA (Hinkel et al. 2014)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reduktion des effektiv nutzbaren Kapitalbestandes durch Küstenüberflutungen</li> <li>2. Investitionen in Küstenschutz (Deiche, Dämme) zur aktiven Anpassung</li> <li>3. Laufende Kosten für Wartung der Küstenschutzinfrastruktur</li> </ol>
<b>Änderungen der Arbeitsproduktivität</b>	Berechnung der Veränderung der Arbeitsfähigkeit als Funktion des Wet Bulb Globe Temperature Index (WBGT), Unterscheidung nach Arbeitsintensität der Tätigkeit (200, 300, 400W) und zwischen Tätigkeiten im Innenraum bzw. im Freien (Bröde et al. 2018) Datengrundlage zur Berechnung des WBGT: ISIMIP (Warszawski et al. 2014)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Zuordnung der Arbeitsintensitäten zu Modellsektoren:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 400W Tätigkeit im Freien (Schwere Arbeit): Landwirtschaftliche Sektoren, Bergbau, Bauwirtschaft</li> <li>- 300W Tätigkeit im Innenraum (Mittelschwere Arbeit): Industriesektoren</li> <li>- 200W Tätigkeit im Innenraum (leichte Arbeit): Dienstleistungen</li> </ul> </li> <li>2. Reduktion der Arbeitsproduktivität (unterschiedlich je Modellregion und -sektor)</li> </ol>
<b>Veränderung der landwirtschaftlichen Erträge</b>	Veränderungen der Erträge pro ha Anbaufläche; Berechnung auf Basis von 3 land-wirtschaftlichen Impactmodellen (GEPIC, EPIC, pDSSAT) Datengrundlage: ISIMIP (Warszawski et al. 2014)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aggregation der Ertragsänderungen über alle vier Getreidearten (gewichtetes Mittel auf Basis des Outputwerts in GTAP)</li> <li>2. Reduktion der Produktivität des Faktors Land im pflanzlichen Landwirtschaftssektor</li> </ol>
<b>Veränderungen von BIP und Kaufkraft</b>	Indirekt über die oben beschriebenen direkten Auswirkungen auf Anstieg des Meeresspiegels, Arbeitsproduktivität und Landwirtschaft	Keine gesonderte Modellierung erforderlich, Auswirkungen auf BIP und Wohlfahrt der Haushalte ergeben sich modellendogen

## Summary

Climate change is a global challenge. It manifests itself through changes in the frequency and intensity of extreme regional weather events and gradual changes in the climate. Just like the current coronavirus pandemic, the impacts of climate change make themselves felt in every country irrespective of their geophysical and political boundaries. The Paris Agreement therefore stipulates that adapting to climate change is to be considered as a global challenge. The international dimension of adaptation action has been given too little consideration to date. So far, the impacts of climate change have mostly only been observed and examined within national borders. Depending on the extent of its global integration and interaction with other vulnerable countries, a country may, however, be indirectly affected to varying degrees by the international impacts of climate change. This applies both to developed and developing countries. These so-called transnational effects of global climate change are particularly important for countries that are strongly intertwined with the world economy, such as Germany.

On behalf of the German Environment Agency, a research project with the title “Impact CHAIN: the impacts of global climate change on the economy and society in Germany” was commissioned to examine the potential impacts of global climate change on German economy through foreign trade flows. The results of the project provide an overview of the potential impact chains of global climate change on the German economy. The project combines bottom-up approaches of identifying and quantifying possible impact chains with a comprehensive top-down approach of economic modelling of the influence of different climate scenarios on global economic interdependencies, using a general equilibrium model. Some impact chains were selected to investigate the exposure and relevance of climate change-induced disruptions. Lastly, adaptation strategies and measures were developed that would be suitable to be deployed against the most significant transnational effects.

**Key words:** Transnational impacts, climate change, Germany, foreign trade, scenario analyses, policy recommendations, German adaptation strategy, Paris Agreement