



Ein Prozessmodell zur Berücksichtigung zukunftsgerichteter Klimaänderungsinformationen in Unternehmen

REPORT 36



Titelbild: P. Seipold

Zitierhinweis: Gehrke, J.-M., M. Groth und P. Seipold (2024): Ein Prozessmodell zur Berücksichtigung zukunftsgerichteter Klimaänderungsinformationen in Unternehmen. GERICS Report Nr. 36.

Erscheinungsdatum: März 2024

Haftungsausschluss: Der GERICS Report 36 wurde durch das Climate-Service Center Germany (GERICS), einer Einrichtung des Helmholtz-Zentrum hereon GmbH, erstellt. Die Inhalte des Reports und des darin dargestellten prototypischen GERICS-Prozessmodells sowie die verwendeten Daten entsprechen dem aktuellen Wissensstand in Bezug auf die Verwendung von Klimaänderungsinformationen zum Zeitpunkt März 2024. Alle Daten wurden von GERICS sorgfältig aufbereitet und geprüft. GERICS übernimmt keine Haftung für Entscheidungen und deren Folgen, die auf der Verwendung des GERICS Report 36 oder des prototypischen GERICS-Prozessmodells beruhen.

Alle geäußerten Ansichten sind die Ansichten der Autoren. Die Bezüge zur EU-Taxonomie-Verordnung wurden mit Sorgfalt erstellt. Im Falle von Unklarheiten gilt jedoch ausschließlich die aktuelle amtliche Fassung, die in dem dafür vorgesehenen amtlichen Verkündungsorgan veröffentlicht ist. Mit der Nutzung dieser Publikation kommt kein Vertragsverhältnis zustande. Die gegebenen Empfehlungen sowie die rechtlichen Hinweise und Informationen sind nicht rechtsverbindlich und stellen keine Rechtsberatung oder sonstige Beratung im Einzelfall dar.

Dieser Report ist auch online unter www.climate-service-center.de erhältlich.

Ein Prozessmodell zur Berücksichtigung zukunftsgerichteter Klimaänderungsinformationen in Unternehmen

Autoren: Janna-Malin Gehrke, Markus Groth und Peer Seipold

Climate Service Center Germany (GERICS)

März 2024

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	2
1. Einleitung	3
2. Die Relevanz unternehmerischer Gegenwartspräferenz und transparenter Informationen	7
3. Forschungs- und Handlungsbedarf zur Integration von Klimaänderungsinformationen in Unternehmen	10
3.1. Stand des Wissens und der praktischen Umsetzung	10
3.2. Forschungs- und Handlungsbedarf	18
4. Das GERICS-Prozessmodell für die Berücksichtigung zukunftsgerichteter Klimaänderungsinformationen in Unternehmen	24
4.1. Bestandsaufnahme	27
4.2. Klassifizierung	33
4.3. Identifizierung	36
4.4. Bereitstellung	38
4.5. Befähigung	40
4.6. Maßnahmenableitung und -implementierung	43
4.7. Evaluierung	46
4.8. Prozessverstetigung	48
5. Fazit und Ausblick	49
6. Literaturverzeichnis	52
7. Anhang A - Mögliche Folgen aus klimabedingten Risiken für Unternehmen mit Erläuterung .	65
8. Anhang B - Klimakennwerte aus dem GERICS-Klimaausblick auf Landkreisebene	69
9. Begriffserklärungen	70

Hinweis für Leser:innen zur Schnellnavigation:

Nach einer theoretischen Herleitung und wissenschaftstheoretischen Einordnung (Kapitel 2) und der Ableitung des Wissensstandes sowie der Benennung des Forschungsbedarfs (Kapitel 3) findet sich in Kapitel 4 die Beschreibung der einzelnen Phasen des GERICS-Prozessmodells für die Berücksichtigung zukunftsbezogener Klimaänderungsinformationen in Unternehmen. Textstellen mit Bezug zur **EU-Taxonomie-Verordnung** finden sich sowohl in Kapitel 3.1 (Erläuterung der neuen Anforderungen im Kontext des EU-Rahmens für Nachhaltige Finanzen) sowie in Kapitel 4 in den jeweiligen **Phasen des Prozessmodells** auf den Seiten 5, 11-16, 18, 20-21, 26, 31, 35-37, 45, 48-49.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Wechselwirkungen, Chancen und Risiken des Klimawandels für Unternehmen.	10
Abbildung 2 Die EU-Taxonomie im EU-Rahmen für Nachhaltige Finanzen	12
Abbildung 3 Konzept der doppelten Wesentlichkeit	13
Abbildung 4 Die sechs Umweltziele der EU-Taxonomie-Verordnung und die Anforderungen an nachhaltige ökonomische Aktivitäten im Überblick	15
Abbildung 5 Phasen der Klimawirkungsanalyse.....	17
Abbildung 6 Risikomanagement-Prozess und mögliche Anwendung für Klimarisiken	20
Abbildung 7 GERICS-Prozessmodell zur Berücksichtigung von Klimaänderungsinformation in Unternehmen	25
Abbildung 8 Wirkebenen der Folgen des Klimawandels	27
Abbildung 9 Ausschnitt aus Tabelle zur systematischen Betrachtung von möglichen Betroffenheiten/Chancen im Verkehrssektor durch die Folgen des Klimawandels.....	29
Abbildung 10 Klassifikation von Klimagefahren, die mindestens im Rahmen der Klimarisiko- und Vulnerabilitätsanalyse gemäß der Technischen Bewertungskriterien für das Umweltziel “Anpassung an die Folgen des Klimawandels” in Anlage A des Anhang I und II der Delegierten Verordnung zur EU-Taxonomie Verordnung zu berücksichtigen sind	31
Abbildung 11 Beispiel gewichtete Entscheidungstabelle	33
Abbildung 12 Beispiel einer Risikomatrix für Wetterextreme und einer Unterteilung der Skala nach Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß.....	34
Abbildung 13 Mögliche Wege zur Einbindung von Mitarbeitenden und zum Informationstransfer	40

1. Einleitung

Mit dem vorliegenden Report wird aufgezeigt, wie eine bisher noch nicht ausreichende Berücksichtigung der langfristigen Herausforderungen durch den Klimawandel im unternehmerischen Handeln, neue Anforderungen zur finanziellen und nachhaltigkeitsbezogenen Berichterstattung aus Regularien auf EU-Ebene und die Integration von Klimaänderungsinformationen ins Risikomanagement zusammenhängen.

Im Mittelpunkt steht die Vorstellung des GERICS-Prozessmodells zur Integration von zukunftsbezogenen Klimaänderungsinformationen unter Einbindung prototypischer Produkte des GERICS entlang der Phasen eines Risikomanagement-Prozesses, um die identifizierte Lücke am Übergang von Problemidentifikation und Maßnahmenableitung zu schließen.

Damit wird das Ziel verfolgt, Entscheidungsträger:innen in Unternehmen zu befähigen, selbstständig die eigenen klimawandelbedingten Betroffenheiten zu ermitteln und unter Berücksichtigung von sowohl Klimaänderungsinformationen als auch lokalen Informationen zu bewerten. Darauf aufbauend können von Unternehmen geeignete Anpassungsoptionen identifiziert werden, um mögliche Schäden durch Extremwetterereignisse und andere klimatische Veränderungen zu vermeiden oder zumindest abzumildern. Entwickelt wurde das Vorgehen, um eine bestehende Lücke zu schließen, da Entscheidungsträger:innen in Unternehmen derzeit zum überwiegenden Teil noch nicht über geeignete Methoden und Kompetenzen verfügen, um Klimaänderungsinformationen in entsprechende Anpassungsstrategien und -maßnahmen zu integrieren (Attoh et al. 2022; Loew et al. 2021; Hurrelmann et al. 2018).

Der Klimawandel und seine regionalen Folgen sind auch in Deutschland bereits spürbar (IPCC 2023a; 2022a; 2021; 2018; Jacob et al. 2021; Kahlenborn et al. 2021; UBA 2019). So hat sich die mittlere bodennahe Lufttemperatur von 1881 bis heute bereits deutlich erhöht, wobei die Temperaturen in Deutschland stärker angestiegen sind als im weltweiten Durchschnitt (IPCC 2021; Kaspar et al. 2020).

Weiterhin sind in Deutschland in vielen Regionen Veränderungen der Niederschlagsregime zu beobachten. Dabei zeigen sich vor allem eine Zunahme der Niederschlagsmengen im Winter – der zudem seltener als Schnee fällt – sowie trockenere Sommer (Deutschländer und Mächel 2017; DWD 2017). Eine Folge des Klimawandels ist auch die Zunahme von Starkregenereignissen, was regional bereits zu erkennen ist (Papalexiou und Montanari 2019; Fischer und Knutti 2016; Westra et al. 2014). Besonders viele dieser Ereignisse traten im Jahr 2018 auf, das zugleich durch lange Phasen mit sehr geringen Niederschlägen und hohen Verdunstungsraten aufgrund hoher Temperaturen geprägt war (Jacob et al. 2021). Die Zunahme von Starkregenereignissen folgt dem physikalischen Zusammenhang, dass höhere Lufttemperaturen eine höhere Wasserdampfaufnahme der Atmosphäre ermöglichen, was konvektive Niederschläge verstärken kann. Es ist zudem zu erwarten, dass im Sommer die Zahl aufeinanderfolgender Trockentage zunehmen kann sowie ein Trend hin zu intensiveren Starkregenereignissen zu sehen ist (Giorgi et al. 2019; Giorgi et al. 2011).

Mit den Folgen des Klimawandels sind zudem umfassende ökonomische Konsequenzen beispielsweise in Form von Schadenskosten verbunden, wobei ein Großteil der Schäden auf

Extremwetterereignisse – wie außergewöhnliche Hitze-, Dürre-, Hochwasser- oder Starkregenerereignisse – zurückzuführen ist, die beispielsweise zu Infrastrukturschäden, steigenden Gesundheitskosten oder Ernteauffällen führen (Trenczek et al. 2022a; Trenczek et al. 2022b). Insbesondere Überflutungen durch Flusshochwasser, Starkregen und Sturzfluten waren in Deutschland bislang die kostenträchtigsten Extremwetterereignisse. Dabei waren neben zerstörten Gebäuden und Verkehrsinfrastrukturen auch die Industrie sowie das Gewerbe von überfluteten Produktionshallen oder gestörten Lieferketten betroffen. Insgesamt entstanden dadurch seit dem Jahr 2000 über 70 Mrd. Euro Schäden (Trenczek et al. 2022a; Trenczek et al. 2022c).

Eine große Bedeutung kommt zunehmend im Zuge dessen auch steigenden Hitzebelastungen zu. Generell variieren die Auswirkungen der zunehmenden Hitze je nachdem, wie anfällig die betroffenen Menschen, Stadtteile, Standorte oder Regionen sind. So sind beispielsweise ältere Menschen, Kinder, Gruppen mit niedrigem sozioökonomischem Status und Menschen mit gesundheitlichen Problemen tendenziell anfälliger für die Auswirkungen des Klimawandels als die allgemeine Bevölkerung (GERICS 2020). Die Gesundheit von Menschen mit bestimmten Krankheiten (z.B. Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen oder Diabetes) wird ebenfalls stärker durch Hitze beeinträchtigt, womit oft ein höheres Risiko eines hitzebedingten Todes einhergeht (European Climate and Health Observatory 2022; European Environmental Agency (EEA) 2018a).

Insgesamt sind die negativen Auswirkungen von Hitze auf das Wohlbefinden und die Gesundheit von Menschen klar belegt (GERICS 2020; Hanefeld et al. 2019; Muthers et al. 2017), wobei vor allem sehr warme Nächte dazu führen können, dass sich der Körper nicht mehr richtig regenerieren kann, wodurch das allgemeine Erkrankungsrisiko steigt. So führt Hitze somit nachweislich nicht nur zu einer sinkenden Arbeitsproduktivität, sondern auch zu weiteren und mitunter gravierenden ökonomischen Konsequenzen, wobei sich die entsprechenden Kosten oft nur langsam entwickeln und sie oft wenig sichtbar sind. Zusammengefasst gehen auf Hitzeereignisse rund 99 Prozent der mindestens über 30.000 extremwetterbedingten Todesfälle in Deutschland seit dem Jahr 2000 zurück (Trenczek et al. 2022a; Trenczek et al. 2022b).

Vor dem Hintergrund dieser und weiterer zukünftig zu erwartender Folgen des Klimawandels, wird deutlich, dass es zukünftig – auch für Unternehmen – verstärkt darum gehen muss, Klimaschutz, Anpassung an die Folgen des Klimawandels und Nachhaltigkeit viel konsequenter zusammenzudenken (Jacob et al. 2021).

Einerseits müssen das Finanz- und Wirtschaftssystem grundlegend umgestaltet werden, um das erste Ziel des Paris-Abkommens zu erreichen. Also sicherzustellen, dass der potenzielle Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur deutlich unter dem 2°C-Pfad bleibt sowie Bemühungen zur Begrenzung des Temperaturanstiegs auf maximal 1,5°C über dem vorindustriellen Niveau fortgesetzt werden (Paris Agreement 2015, Art. 2.1.(a)). Zum anderen müssen das Finanz- und Wirtschaftssystem widerstandsfähig gegenüber klimabedingten physischen, marktbezogenen, regulatorischen und haftungsrechtlichen Risiken werden, damit die finanzielle Stabilität erhalten bleibt und die gesamtwirtschaftliche Klimaresilienz erhöht wird (Paris Agreement 2015, Art. 2.1 (b)). Um beide Ziele zu erreichen, müssen die Finanzströme

"mit einem Pfad zu niedrigen Treibhausgasemissionen vereinbar" sein (Paris Agreement 2015, Art. 2.1 (c)) – dem dritten Ziel des Paris-Abkommens.

Von zentraler Bedeutung ist vor diesem Hintergrund die Überwindung der von Mark Carney bereits 2015 beschriebenen "Tragedy of the Horizon", die sich auf die "katastrophalen Auswirkungen des Klimawandels [bezieht], die jenseits der traditionellen Horizonte der meisten [Finanz-]Akteure zu spüren sein werden und künftigen Generationen Kosten auferlegen, für die die jetzige Generation keinen direkten Anreiz hat, sie zu beheben" (Carney 2015, 3). Hierbei ist zu erwarten, dass ein frühzeitig festgelegter und Planungssicherheit bietender politischer Rahmen die notwendige Anpassung der Vermögenswerte ermöglichen würde, ohne das Finanzsystem zu stören oder ihm negative Folgen aufzuerlegen, die durch einen späten und abrupten Übergang zu einem Klimaschutzpfad deutlich unter 2° C verursacht werden könnten (Gianfrate 2018). Für einen stabilen Übergang zu einem kohlenstoffarmen Finanz- und Wirtschaftssystem und zur Vorbereitung auf klimabedingte Risiken müssen die Unternehmen – vor allem auch angemessene Maßnahmen zur Risikominderung und -bewältigung ergreifen (Mahammadzadeh 2011; Kolk et al. 2008). Eine vergleichbare, klare und vorausschauende Offenlegung klimabezogener Finanzdaten ist dabei der Kern, um klimabezogene Auswirkungen zu erkennen, zu bewerten und angemessen darauf reagieren zu können (Carney 2018).

Die Unternehmen sehen sich zudem mit steigenden Anforderungen an die nicht-finanzielle Berichterstattung – beispielsweise zur Berücksichtigung von Klimawandelszenarien in Risikoanalysen und zum Nachweis von wesentlichen Beiträgen der Wirtschaftsaktivitäten zu den Umweltzielen der EU-Taxonomie-Verordnung – konfrontiert (Attoh et al. 2022; Bals et al. 2022; Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union 2020; TCFD 2017).

Aktuell steht bei Unternehmen jedoch noch immer die Offenlegung vergangener und das Monitoring heutiger CO₂-Emissionen im Mittelpunkt, sodass noch grundlegende Defizite in der Berücksichtigung von zukunftsorientierten Klimadaten und -szenarien in der Berichterstattung und der szenariobasierten Betrachtung von langfristigen Planungszeiträumen (Attoh et al. 2022; Lessmann/Schütze 2022; Schütze 2022; Loew et al. 2021; Hurrelmann et al. 2018; Freimann et al. 2014) zu erkennen sind. Somit wird es zunehmend wichtiger, neben dem Klimaschutz auch die möglichen zukünftigen Klimaveränderungen und deren Chancen und Risiken wissenschaftlich fundiert in den Blick zu nehmen. Darüber hinaus sind Analyseverfahren zu entwickeln, um diese mit lokalen Informationen z.B. zu Abläufen im Unternehmen, bisherigen Auswirkungen und der Kritikalität von potenziell betroffenen Elementen für das Erreichen der Unternehmensziele zu kombinieren und in das Risikomanagement, die strategische Ausrichtung und die Berichterstattung der Unternehmen zu integrieren (TCFD 2017; Mahammadzadeh 2011).

Daher beschreibt und diskutiert dieser Beitrag ein innovatives Verfahren zur Integration von Klimaänderungsinformationen in Unternehmensprozesse, der in Zusammenarbeit mit Unternehmen entwickelt wurde.

Der Beitrag ist wie folgt aufgebaut. In Kapitel 2 wird die Relevanz weithin bestehender unternehmerischer Gegenwartspräferenzen sowie die Bedeutung transparenter Informationen für das unternehmerische Handeln aus der wissenschaftstheoretischen Perspektive skizziert.

Der aktuell bestehende Forschungs- und Handlungsbedarf zur Integration von Klimaänderungsinformationen und Klimaszenarien in die Unternehmensprozesse und -berichterstattung wird in Kapitel 3 dargelegt. In Kapitel 4 wird ein neuartiges Prozessmodell zur praxisbezogenen Integration von Klimaänderungsinformationen in Unternehmensprozesse („*GERICS-Prozessmodell zur Berücksichtigung zukunftsbezogener Klimaänderungsinformationen in Unternehmen*“, im Folgenden: GERICS-Prozessmodell) anhand seiner acht Phasen dargelegt. Den Beitrag abschließend folgt in Kapitel 5 ein zusammenfassendes Fazit.

2. Die Relevanz unternehmerischer Gegenwartspräferenz und transparenter Informationen

Zusammenfassend ausgedrückt charakterisiert beispielsweise Chichilnisky (2016) die Ziele des Marktes im Allgemeinen als „kurzfristig orientiert“ und verweist auf der Grundlage der ökonomischen Theorie des klassischen Marktes als Erklärung auf Koopmans' Konzept der Ungeduld, im Sinne einer Voraussetzung der Arrow-Debreu-Theorie der Märkte. Sie erklärt, dass Geld aufgrund der Diskontierung des Nutzens mit der Zeit an Wert verliert (Anchugina 2017; Chichilnisky 2016; Bleichrodt et al. 2008). Im Zuge dessen wird zudem der Konflikt zwischen kurzfristigen Marktzielen und zukunftsorientierten Anforderungen einer nachhaltigen Entwicklung und den Bedürfnissen zukünftiger Generationen sowie generationenübergreifenden Gerechtigkeitsfragen verdeutlicht (Chichilnisky 2016).

Diese Aspekte der intergenerationalen externen Effekte beziehungsweise intertemporaler Externalitäten wurde erstmals von Pigou - bereits 1912 - in seinem zentralen Werk „Wealth and Welfare“ (Pigou 1921) ausführlich behandelt. Sie sind bis heute relevant (Edenhofer et al. 2021; Groth und Baumgärtner 2009). Pigou argumentiert, dass Menschen eine stark ausgeprägte Gegenwartspräferenz haben, die darin besteht, einen kurzfristigen Nutzen einem gleich hohen zukünftigen Nutzen vorzuziehen – insbesondere dann, wenn der zukünftige Nutzen nicht bei ihnen selbst anfällt, sondern bei zukünftigen Generationen. Als Folge dieser Gegenwartspräferenz treffen Menschen häufig kurzfristige Entscheidungen, die ihnen selbst und noch stärker nachfolgenden Generationen schaden. Vor allem sind dies Entscheidungen zur Nutzung und zum Aufbau von Kapitalbeständen. Neben einer Unterinvestition in den Aufbau dauerhafter menschen-geschaffener Kapitalbestände hat die kurzfristige Gegenwartspräferenz auch einen übermäßigen Abbau natürlicher Kapitalbestände zur Folge. Am Beispiel von langfristigen Vorhaben wie Aufforstungen und Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserversorgung weist Pigou nachdrücklich darauf hin, dass heutige Generationen natürliche Ressourcen auf verschwenderische Weise ausbeuten, so dass diese Ressourcen nicht für die Nutzung durch zukünftige Generationen bereitstehen. Dieses Problem intergenerationaler Externalitäten besteht somit darin, dass die derzeitige Generation zukünftigen Generationen Kosten in Form einer eingeschränkten oder nicht mehr gegebenen Möglichkeit der Ressourcennutzung aufbürdet. Diese bereits durch Sidgwick (1891) beschriebene Gegenwartspräferenz hält Pigou für irrational und ethisch nicht zu rechtfertigen. Daher dürfe der – paternalistisch verstandene – Staat auch nicht zulassen, dass aufgrund solcher Präferenzen intergenerationale Ungerechtigkeiten und Wohlfahrtsverluste entstehen. Die durch die menschliche Gegenwartspräferenz entstehenden intergenerationalen Gerechtigkeits- und Effizienzprobleme können nach Pigou auch nicht durch Kapitalmärkte überwunden werden, die eine Entlohnung des Wartens leisten. Pigou begründet das damit, dass die langfristig mangelnde Substituierbarkeit von Gütern ebenso wie die ungewisse individuelle Lebenserwartung der Implementierung einer sich erst auf lange Sicht amortisierenden Maßnahme entgegenstehen (Pigou 1921).

Die große Bedeutung dieser generationenübergreifenden Aspekte wurde ganze 100 Jahre später - im Jahr 2021 - auch durch das Urteil des Bundesverfassungsgerichts im Zuge der Verfassungsbeschwerden gegen das Klimaschutzgesetz herausgestellt (Bundesverfassungsgericht 2021). So wurde dort betont, dass die Grundrechte durch die

seinerzeit zugelassenen Emissionsmengen, die nach 2030 noch verbleibenden Emissionsmöglichkeiten erheblich reduzierten und dadurch praktisch jegliche grundrechtlich geschützte Freiheit gefährdet sei. Als intertemporale Freiheitssicherung schützen die Grundrechte die Beschwerdeführenden hier vor einer umfassenden Freiheitsgefährdung durch die einseitige Verlagerung der durch Art. 20a GG aufgegebenen Treibhausgasreduzierungslast in die Zukunft. Der Gesetzgeber hätte somit Vorkehrungen zur Gewährleistung eines freiheitsschonenden Übergangs in die Klimaneutralität treffen müssen.

Carney (2018; 2016; 2015) befasst sich in Bezug auf Unternehmen mit dem Konflikt von kurz- und langfristigen Planungshorizonten und verbindet sie mit der zentralen Nachhaltigkeitsherausforderung Klimawandel. Er argumentiert, dass die katastrophalen Auswirkungen des Klimawandels über die traditionellen Planungszeiträume der meisten Akteure hinaus spürbar sein werden und künftigen Generationen Kosten auferlegen, für die die heutige Generation keinen direkten Anreiz hat, sie zu beheben – „climate change is the Tragedy of the Horizon“ (2015, 3). Carney argumentiert, dass der Zeithorizont von Finanz- und Unternehmensakteuren zu kurz ist, um das Problem des Klimawandels erfolgreich zu adressieren beziehungsweise angemessen zu berücksichtigen, da die Auswirkungen hauptsächlich in der Zukunft zu spüren sein werden. Wenn die Auswirkungen des Klimawandels jedoch die Finanzstabilität beeinträchtigen, kann sich die Gefahr verstärken, dass die Ziele des Paris-Abkommens noch schwerer oder gar nicht mehr erreicht werden können. Da diese Risiken wiederum von den kumulierten Emissionen abhängen, ermöglicht ein frühes Gegensteuern im Sinne ambitionierten Klimaschutzes, dass zukünftige Schäden und Kosten für Anpassungsmaßnahmen reduziert werden können (Klepper et al. 2017; Carney 2015). Daher schlägt Carney einen schnellen, aber sanften Übergang zu einem kohlenstoffarmen Finanzsystem vor (Carney 2016). Er weist darauf hin, dass transparente und glaubwürdige Informationen hier von entscheidender Bedeutung sind, damit die Marktteilnehmer klimabedingte finanzielle Risiken und Chancen einschätzen und sich entsprechend vorbereiten und reagieren können (Carney 2016).

Carney fordert daher die Offenlegung von zukunftsgerichteten, qualitativen und quantitativen Informationen, die es Investoren ermöglichen, zu bewerten, wie sich klimabezogene Faktoren auf das Unternehmen auswirken könnten. Zusätzlich sollte die Robustheit der Unternehmensstrategie durch regelmäßige Szenarioanalysen bewertet werden (Carney 2016). Dadurch kann die „Tragedy of the Horizon“ überwunden und der Übergang zu einem kohlenstoffarmen Finanzsystem geebnet werden (Carney 2018; 2016; 2015; EU High-level Expert Group on Sustainable Finance (HLEG) 2018; TCFD 2017; CDP 2017; Weber 2018). In der Wirtschaftstheorie wird die Bedeutung transparenter Informationen durch die Bedingung der vollständigen Information als eine der fünf Hauptbedingungen für ein funktionierendes Marktsystem hervorgehoben (Fernández-Olivera et al. 2018; Common und Stagl 2005).

Eine Informationsasymmetrie entsteht, wenn beispielsweise der Kreditnehmer dem Kreditgeber nicht alle Informationen mitteilt, die er über das Unternehmen oder Produkte weiß, um sich einen Vorteil gegenüber dem Kreditgeber zu verschaffen (Frank und Cartwright 2013). Auf Finanzmärkten kann dies zu ernsthaften Prinzipal-Agenten-Problemen führen. Erstens kann es zu einer adversen Selektion kommen, was bedeutet, dass verschiedene Kreditnehmer unterschiedliche Wahrscheinlichkeiten für die Rückzahlung des Kredits haben. Um zuverlässige Kreditnehmer zu identifizieren, muss der Kreditgeber somit verschiedene

Screening-Instrumente einsetzen (Stiglitz und Weiss 1981). Zweitens kann es zu einem Moral-Hazard-Verhalten kommen, bei dem Kreditnehmern ein Anreiz geboten wird, größere Risiken einzugehen, da die Kosten für dieses Risiko von anderen getragen werden (Frank und Cartwright 2013). Diese Informationsprobleme können zur Rationierung von Krediten und dem Ausschluss vom Finanzmarkt führen (Stiglitz und Weiss 1981).

In Bezug auf die mit dem Klimawandel verbundenen Risiken und Chancen können die oben dargestellten Prinzipal-Agenten-Probleme in Kombination mit falschen Anreizen dazu führen, dass der langfristige Horizont des Akteurs am Ende der Investitionskette von den Finanzintermediären nicht berücksichtigt wird und ein Schwerpunkt auf der kurzfristigen Kursentwicklung liegt. Somit kann es auf beiden Seiten der Investitionskette zu Defiziten kommen, da das klimabedingte Risiko einer – insbesondere langfristigen – Investition, auf beiden Seiten nicht ausreichend berücksichtigt wird (HLEG 2018).

Daraus folgt, dass die Informationsasymmetrie zu einem Informationsdefizit wird, wenn weder Kreditgeber und Kreditnehmer die klimabedingten Risiken und Chancen einer Investition angemessen berücksichtigen beziehungsweise einschätzen. Daher erfordern nachhaltige und langfristige Investitionsentscheidungen Transparenz über langfristige klimabezogene Risiken und Chancen (Bals et al. 2022; Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union 2020; HLEG 2018; Carney 2018; 2016; 2015; CDP 2017; TCFD 2017). Der Wert des entsprechenden Informationsgewinns kann also ein Gewinn sowohl für Unternehmen als auch für Anleger sein: Unternehmen können ihre Risiken und Chancen besser verstehen und diese Erkenntnis als Grundlage für strategische Entscheidungen nutzen. Investoren wiederum können durch die offengelegten Informationen Unternehmen identifizieren, die sich der möglichen Auswirkungen des Klimawandels bewusst sind und ihre Anlageportfolios entsprechend anpassen.

3. Forschungs- und Handlungsbedarf zur Integration von Klimaänderungsinformationen

3.1. Stand des Wissens und der praktischen Umsetzung

In den Mittelpunkt der Forschung wurden bisher die Kategorisierung von Unternehmensstrategien im Klimawandel sowie die Identifikation von Treibern und Barrieren bei der Integration klimabezogener Aspekte in strategische Überlegungen gestellt (Hurrelmann et al. 2018). Für die zukunftsgerichtete Berichterstattung zu klimabezogenen Faktoren wird dabei zwischen physischen Risiken und transitorischen Risiken unterschieden. Erstere umfassen die direkten akuten und chronischen Folgen des Klimawandels, deren Ursache Extremwetterereignisse und dauerhafte, langsam einsetzende Veränderungen und Trends sind (UNDRR 2022; Loew et al. 2021). Im Gegensatz dazu wirken transitorische Risiken auf Unternehmen im Rahmen des erforderlichen Übergangs zu einer kohlenstoffarmen und klimaresilienten Wirtschaftsweise z.B. durch neue gesetzliche Regulierungen zur Energieeffizienz oder durchveränderte Ansprüche der Kunden zur Klimafreundlichkeit von Produkten und Dienstleistungen auf Ebene des Marktes (TCFD 2017; Europäische Kommission 2019; Loew et al. 2021) (**Abbildung 1**, für eine ergänzende Erläuterung siehe auch **Anhang A**).

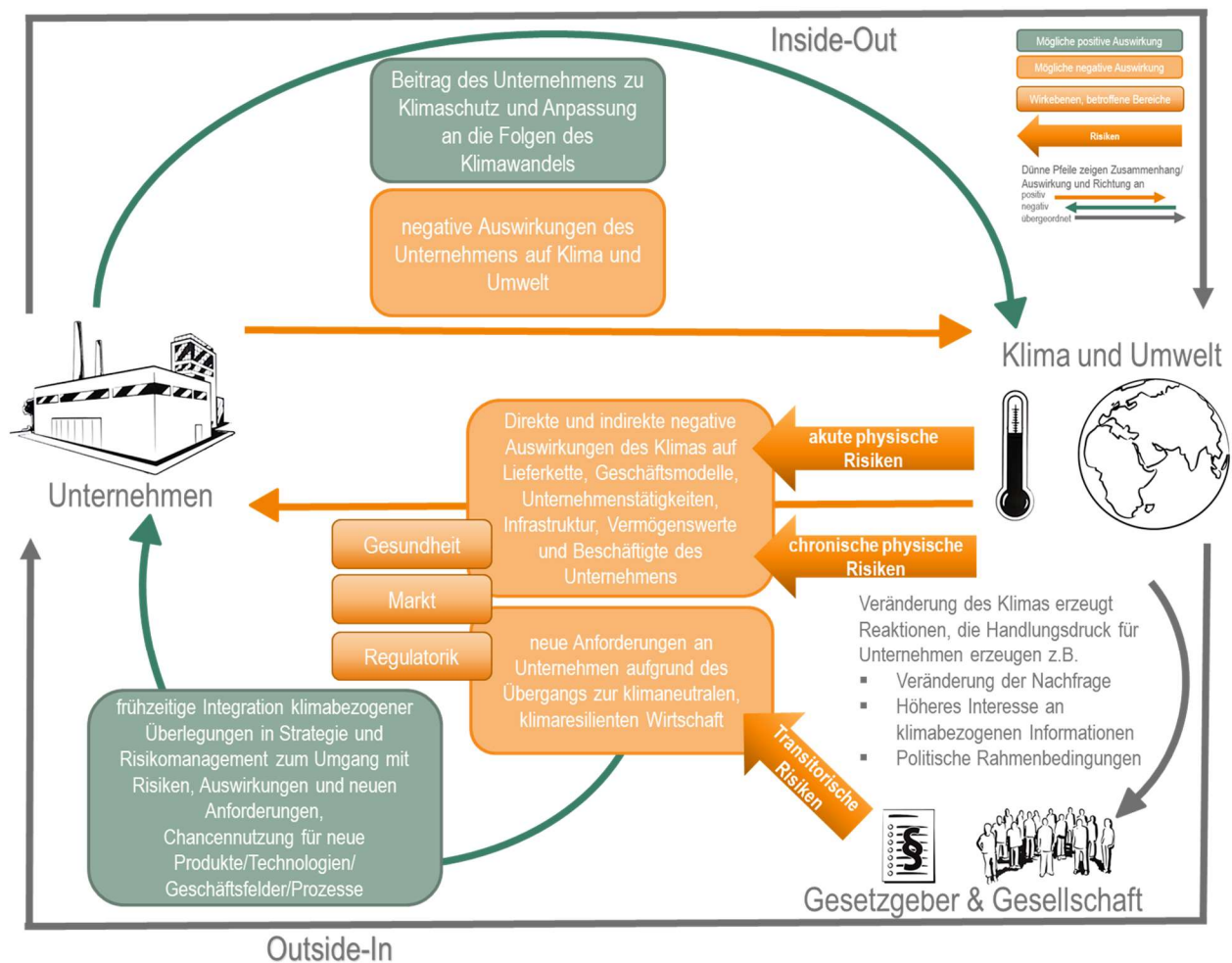


Abbildung 1 Wechselwirkungen, Chancen und Risiken des Klimawandels für Unternehmen (Eigene Darstellung in Anlehnung an Loew et al. 2021; Europäische Kommission 2019 und TCFD 2017).

Durch Loew et al. wurde im Jahr 2021 untersucht, inwieweit in der Unternehmensberichterstattung die klimabezogenen Risiken bereits erfasst und die zugehörigen Informationen offengelegt werden. Die Analyse der Berichte zeigt, dass sich Unternehmen eher von transitorischen Risiken als von physischen Risiken durch den Klimawandel betroffen sehen (Loew et al. 2021). Mögliche finanzielle Auswirkungen der transitorischen Risiken und ihre Eintrittswahrscheinlichkeit werden dabei insgesamt höher eingeschätzt als entsprechende Auswirkungen durch physikalische Klimawandelfolgen. Nach Einschätzung der Autor:innen sei dies darauf zurückzuführen, „dass physische Klimarisiken sich häufig erst in einem mittel- oder langfristigen Zeitrahmen einstellen“ (Loew et al. 2021, S. 60) und physische Auswirkungen „schwerer greifbar und nicht gut vorhersehbar“ sind (Loew et al. 2021, S. 116). Auch Klepper et al. (2017) werteten Umfragen zur subjektiven Einschätzung der Betroffenheit durch die Folgen des Klimawandels aus, in denen die befragten Unternehmen den indirekten Folgen größeres Gewicht zuschrieben als den direkten physischen Folgen. Die größten Herausforderungen wurden dabei in den Bereichen Logistik sowie Investition und Finanzierung gesehen.

Als weiterer Grund für die als höher empfundene Betroffenheit durch transitorische Risiken wird angeführt, dass physische Risiken in politischen Prozessen und Leitlinien für die Berichterstattung bisher einen geringen bis ausgewogenen Stellenwert gegenüber den transitorischen Risiken haben (Loew et al. 2021). Dieses Missverhältnis adressieren die neuen Anforderungen zur Analyse und Berücksichtigung der klimabezogenen Risiken im Rahmen der Berichterstattung aus den Empfehlungen der Task Force on Climate-related Financial Disclosures (TCFD 2017), aus der EU-Taxonomie Verordnung (Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union 2020) und der Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) (Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union 2022), die einen Beitrag für die Sensibilisierung der Unternehmen auch gegenüber möglichen physischen Risiken leisten sollen.

Die EU-Taxonomie ist unter dem Dach des European Green Deal als Teil eines größeren Rahmens für nachhaltige Finanzen der EU anzusehen (European Union 2023a; 2023b; siehe auch nachfolgende **Abbildung 2**).

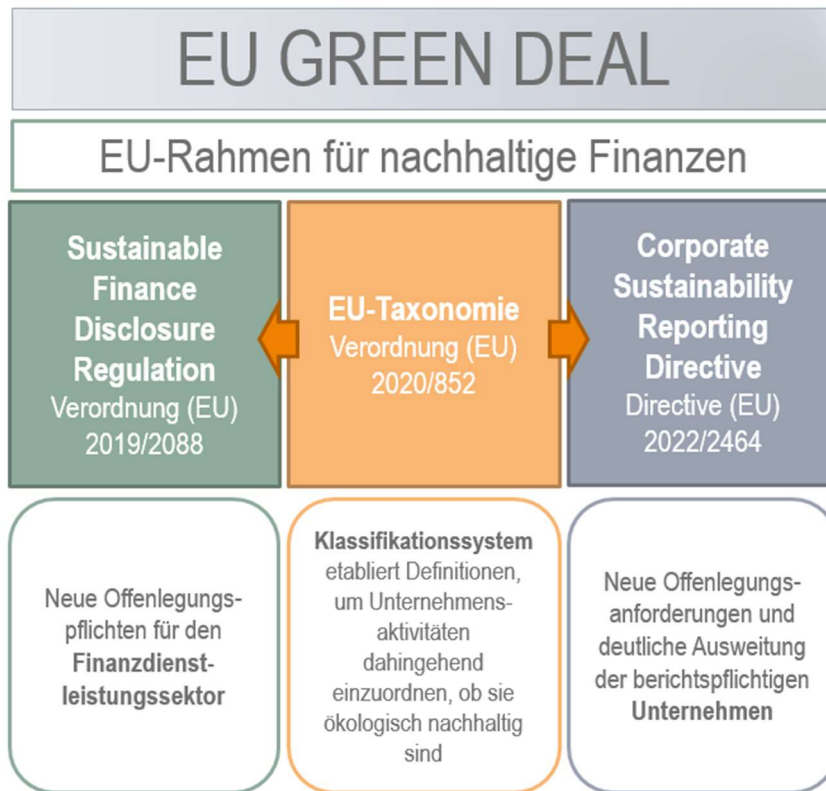


Abbildung 2 Die EU-Taxonomie im EU-Rahmen für Nachhaltige Finanzen (Eigene Darstellung basierend auf European Union 2023a; 2023b).

Während die Sustainable Finance Disclosure Regulation (SFDR) Offenlegungspflichten für den Finanzdienstleistungssektor regelt, schreibt die Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) Offenlegungspflichten zu Nachhaltigkeitsinformationen für Unternehmen vor. Damit alle sich auf einheitliche Definitionen stützen können, etabliert die EU-Taxonomie Verordnung ein Klassifikationssystem für die Einstufung ökologisch nachhaltiger Unternehmensaktivitäten und enthält selbst Offenlegungsanforderungen für Unternehmen und Finanzmarktteilnehmer (European Union 2023b). Sie fungiert somit als Bindeglied zwischen beiden.

Darüber hinaus wird mit der Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) die Bedeutung der *doppelten Wesentlichkeit* explizit hervorgehoben. Darunter wird die Berücksichtigung zweier Perspektiven der Betrachtung verstanden: Zum einen umfasst diese die Auswirkungen, die das Unternehmen selbst mit seinen Aktivitäten auf Umwelt und Klima hat, zum anderen aber auch die Effekte, aber auch die möglichen Auswirkungen, die eine Veränderung des Klimas, die Umwelt und andere Nachhaltigkeitsaspekte auf das Unternehmen haben können und die als wesentlich einzustufen sind (Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union 2022). Täger (2021) beschreibt diese Ausweitung des Scopes bzw. Unterscheidung der Ebenen der Betrachtung wie folgt:

„it is not just climate-related impacts on the company that can be material but also impacts of a company on the climate – or any other dimension of sustainability“. Verdeutlicht wird die doppelte Wesentlichkeit in **Abbildung 3**.

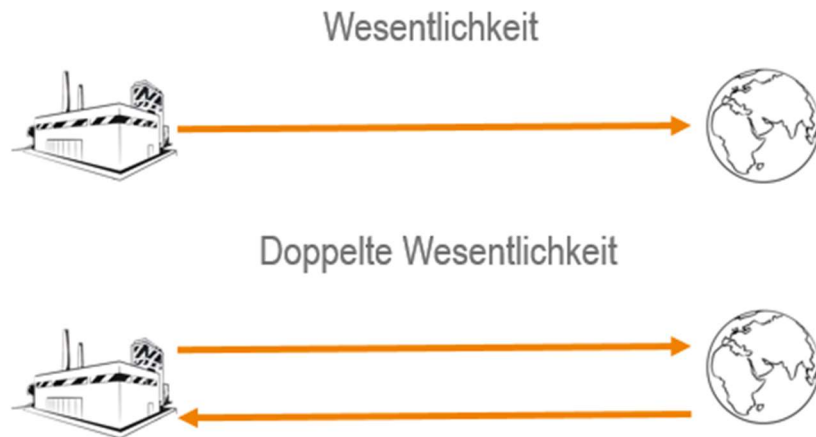


Abbildung 3 Konzept der doppelten Wesentlichkeit

(In Anlehnung an Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union 2022; Täger 2021).

Aufgrund dieser Perspektive rücken neben der Betrachtung von Umweltauswirkungen und CO₂-Emissionen der Unternehmenstätigkeiten auch Informationen und Risikoanalysen in den Fokus, die mögliche Betroffenheiten des Unternehmens durch Klimaauswirkungen und den Übergang zu einer klimaneutralen Wirtschaft aufzeigen.

Mit der CSRD werden bestehende Lücken der vorausgegangenen Non-Financial Reporting Directive (NFRD) geschlossen sowie eine Vereinheitlichung und somit Vergleichbarkeit der Berichterstattung vorangetrieben. Durch die Erweiterung des Anwendungsbereiches für Unternehmen durch die CSRD werden in Zukunft innerhalb der EU rund 50.000 Unternehmen von den erweiterten Berichtspflichten in Hinblick auf Qualität und Umfang der offenzulegenden Informationen sowie der Erweiterung der Perspektive auf die doppelte Wesentlichkeit betroffen sein (European Union 2023b). In der Einführung der CSRD wird bereits ein signifikant wachsender Bedarf an nachhaltigkeitsbezogenen Informationen bestätigt. Dieser wird auf die sich verändernde Art der - insbesondere klimabedingten - Risiken für Unternehmen und das wachsende Bewusstsein der Anleger für die finanziellen Auswirkungen dieser Risiken zurückgeführt (Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union 2022). So sei die Offenlegung von Informationen zu den physischen und transitorischen Risiken und der Resilienz sowie die Pläne, wie ein Unternehmen sich an unterschiedliche Szenarien des zukünftigen Klimawandels anpassen will, von besonderem Interesse für Nutzer dieser Informationen (Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union 2022).

Die EU-Taxonomie Verordnung stellt ein für den EU-Rahmen gültiges Klassifizierungssystem dar, um anhand von einheitlichen Bewertungskriterien zum einen

- a) für Unternehmen und Finanzmarktteilnehmer Klarheit darüber zu schaffen, welche Tätigkeiten als „ökologisch nachhaltig“ gelten und zum anderen,
- b) Investoren in die Lage zu versetzen, nachhaltige Anlagen zu erkennen und in diese zu investieren.

Somit soll die EU-Taxonomie ermöglichen, Kapitalflüsse in nachhaltige Tätigkeiten zu lenken und Unternehmen ermutigen, neue Projekte anzustoßen oder bestehende zu erweitern (European Union 2023b). Sie soll weiterhin dafür sorgen, die Transformation der europäischen Wirtschaft zu unterstützen und das Erreichen der Ziele des European Green Deal zu ermöglichen. Dazu enthält sie sechs Umweltziele¹ (eines darunter die Anpassung an die Folgen des Klimawandels, siehe **Abbildung 4**) und vier Anforderungen, die damit zusammenhängend an Unternehmenstätigkeiten gestellt werden, um gemäß der EU-Taxonomie als nachhaltig anerkannt werden zu können (European Union 2023b; Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union 2020). Nach Artikel 3 der EU-Taxonomie Verordnung müssen diese:

- einen wesentlichen Beitrag zu mindestens einem der sechs Umweltziele nach Art. 9 der EU-Taxonomie-Verordnung leisten,
- keine erhebliche Beeinträchtigung der anderen Umweltziele erzeugen,
- bestimmte Mindestschutzvorschriften bezüglich Menschenrechte und Arbeitsrecht erfüllen und
- den vorgegebenen technischen Bewertungskriterien entsprechen. (European Union 2023b; Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union 2020)

In den Delegierten Verordnungen zur EU-Taxonomie Verordnung werden ergänzend technische Bewertungskriterien für die sechs Umweltziele (im Climate Delegated Act für die ersten beiden Umweltziele Klimaschutz und Anpassung an die Folgen des Klimawandels, im am 1.1.2024 in Kraft getretenen Environmental Delegated Act² für die weiteren vier Umweltziele) konkretisiert (European Union 2023a; Europäische Kommission 2021a). Diese definieren, wann eine ökonomische Tätigkeit einen wesentlichen Beitrag zu dem entsprechenden Umweltziel leistet und welche Anforderungen für den Nachweis keiner erhebliche Beeinträchtigung des Umweltziels bestehen. Die Bewertungskriterien des Climate Delegated Act decken bisher Sektoren mit Unternehmenstätigkeiten ab, die für den größten Teil der direkten CO₂-Emissionen in Europa verantwortlich sind (Europäische Kommission 2021b).

¹ Dies sind die Umweltziele Klimaschutz, Anpassung an den Klimawandel, die nachhaltige Nutzung und Schutz von Wasser- und Meeresressourcen, der Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft, Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung, der Schutz und Wiederherstellung der Biodiversität und der Ökosysteme.

² https://finance.ec.europa.eu/regulation-and-supervision/financial-services-legislation/implementing-and-delegated-acts/taxonomy-regulation_en



Abbildung 4 Die sechs Umweltziele der EU-Taxonomie-Verordnung und die Anforderungen an nachhaltige ökonomische Aktivitäten im Überblick

(Eigene Darstellung auf Basis von Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union 2020).

Um für das Umweltziel Anpassung an die Folgen des Klimawandels zu zeigen, dass eine Aktivität 1) einen wesentlichen Beitrag zur Reduktion der negativen Folgen des Klimawandels leistet oder 2) keine signifikante Beeinträchtigung verursacht, ist gemäß den allgemeinen Kriterien aus Anlage A des Anhang I und II der Delegierten Verordnung zur EU-Taxonomie eine Klimarisiko- und Vulnerabilitätsanalyse der zu erwartenden Klimafolgen unter Nutzung geeigneter Klimainformationen vorzunehmen (Europäische Kommission 2021a). Diese Bewertung soll für Wirtschaftsaktivitäten auf Grundlage einer robusten Analyse verfügbarer Klimadaten sowie einer Bandbreite an Projektionen für zukünftige Klimaszenarien erfolgen (Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union 2020; TEG 2020b). Als Anforderung aus Anlage A des Anhang I und II der Delegierten Verordnung zur EU-Taxonomie Verordnung geht folgende Anforderung hervor: „Die Klimaprojektionen und die Folgenabschätzung beruhen auf bewährten Verfahren und verfügbaren Leitlinien und tragen den besten verfügbaren wissenschaftlichen Erkenntnissen für die Vulnerabilitäts- und Risikoanalyse und den damit zusammenhängenden Methoden (...) Rechnung.“ (Europäische Kommission 2021a).

Im Hinblick auf die zu verwendenden Klimaprojektionen beschreibt das GERICS-Prozessmodell in Kapitel 4 mit Verwendung der GERICS Klimaansichten auf Landkreisebene aus Sicht der Autor:innen einen möglichen Weg, um der in der Delegierten Verordnung zur EU-Taxonomie Verordnung enthaltenen Forderung nach einer Bewertung unter Verwendung der höchstauflösenden, dem Stand der Technik entsprechenden Klimaprojektionen für den bestehenden Satz von Zukunftsszenarien mit den Klimaszenarien nachzukommen. Mit der

vorgeschlagenen Vorgehensweise werden die in der Fußnote im Verordnungstext konkretisierten Szenarien aufgegriffen (Europäische Kommission 2021a).³ Zugrunde gelegt wird im GERICS-Prozessmodell auch die Anforderung an Klimaänderungsinformationen, die Qualitätskriterien i) Transparenz, ii) Relevanz/Vollständigkeit, iii) aktueller Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse und iv) Robustheit zu erfüllen (Rechid et al. 2020, unveröffentlichtes Bewertungstool zur Qualität von Klimaänderungsinformationen aus Projektarbeit mit der KfW Entwicklungsbank). Dies meint in Bezug auf Klimaänderungsinformationen insbesondere:

1. Das Offenlegen aller Daten, die genutzt werden sowie in allen Prozessschritten zu dokumentieren, welche Datenbasis warum verwendet wurde.
2. Ob alle relevanten Daten, Methoden, Werkzeuge und Informationen berücksichtigt werden, die verfügbar und geeignet sind und deren geografischer und zeitlicher Zuschnitt passend ist.
3. Vor dem Hintergrund der Weiterentwicklung der wissenschaftlichen Erkenntnisse, ob die verwendeten Daten dem aktuellen Stand des Wissens entsprechen, d.h. in Aktualität, methodischer Herangehensweise und Berücksichtigung bereits vorliegender Erkenntnisse auf dem neuesten Stand der Technik sind. Für Klimaänderungsinformationen meint dies, dass bestehende Klimabewertungen und -berichte (IPCC Sachstandsbericht auf internationaler Ebene, aber auch länderbezogene Betrachtungen) und verfügbare Klimaprojektionen auf Basis der vorliegenden Emissionsszenarien Berücksichtigung finden.
4. Klimaprojektionen enthalten immer auch Unsicherheiten aufgrund des weit in die Zukunft reichenden Zeithorizonts und unsicheren Eintretens getroffener Annahmen über zukünftige sozio-ökonomischen Entwicklungen und der damit einhergehenden Emissionsentwicklung, aufgrund von Unsicherheiten der Modellierung, sowie aufgrund natürlicher Klimavariabilität. Es finden sich demnach sowohl in den Annahmen, in nicht vorhersagbaren Prozessen und Zusammenhängen im Klimasystem als auch im Modell als vereinfachter Abbildung der Realität mögliche Fehlerquellen für die Ergebnisse. Es ist daher wichtig, auf die Bandbreite aller plausiblen Klimaentwicklungen eingestellt zu sein, im Rahmen derer sich die tatsächliche Entwicklung bewegen kann. Diese kann durch die Verwendung der Daten verschiedener Klimamodelle eines koordinierten Ensembles von Klimasimulationen für verschiedene Emissionsszenarien berücksichtigt werden.

Für die Risikoanalyse soll nach der Anforderung aus der Delegierten Verordnung zur EU-Taxonomie Verordnung zudem auf bestehende Methoden und Standards zurückgegriffen werden. Hierzu zählen unter anderem die DIN ISO-Norm 14091 „Anpassung an den Klimawandel – Leitlinien zu Vulnerabilität, Auswirkungen und Risikomanagement“ sowie die

³ „Die Zukunftsszenarien umfassen die vom Weltklimarat verwendeten repräsentativen Konzentrationspfade RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 und RCP8.5.“ (Europäische Kommission 2021a). Genauere Angaben zur Verwendung der RCP finden sich in der DRAFT COMMISSION NOTICE der EU-Kommission vom 19. Dezember 2022 bei den Fragen 167-169: <https://ec.europa.eu/finance/docs/law/221219-draft-commission-notice-eu-taxonomy-climate.pdf>

DIN ISO 31000:2018-10 „Risikomanagement – Leitlinien“, auf die im Folgenden Bezug genommen wird.

Mit der DIN ISO-Norm 14091 wurden im Jahr 2021 Leitlinien erarbeitet, die ein standardisiertes Verfahren zur Vulnerabilitätsanalyse und zur Bewertung der Risiken im Zusammenhang mit den Folgen des Klimawandels vorgeben und deren Integration als Baustein in bestehende Systeme des Risiko- bzw. Umweltmanagements vorsehen (DIN ISO 14091:2021, Veranschaulichung in **Abbildung 5** nach Porst et al. 2022). Da die DIN ISO-Norm 14091 sich allgemeingültig an alle Arten und Größen von ‚Organisationen‘ (z.B. Finanzinstitute, Unternehmen, Verwaltungen) richtet, sind die Leitlinien nicht auf den spezifischen Kontext der individuellen Organisation zugeschnitten.

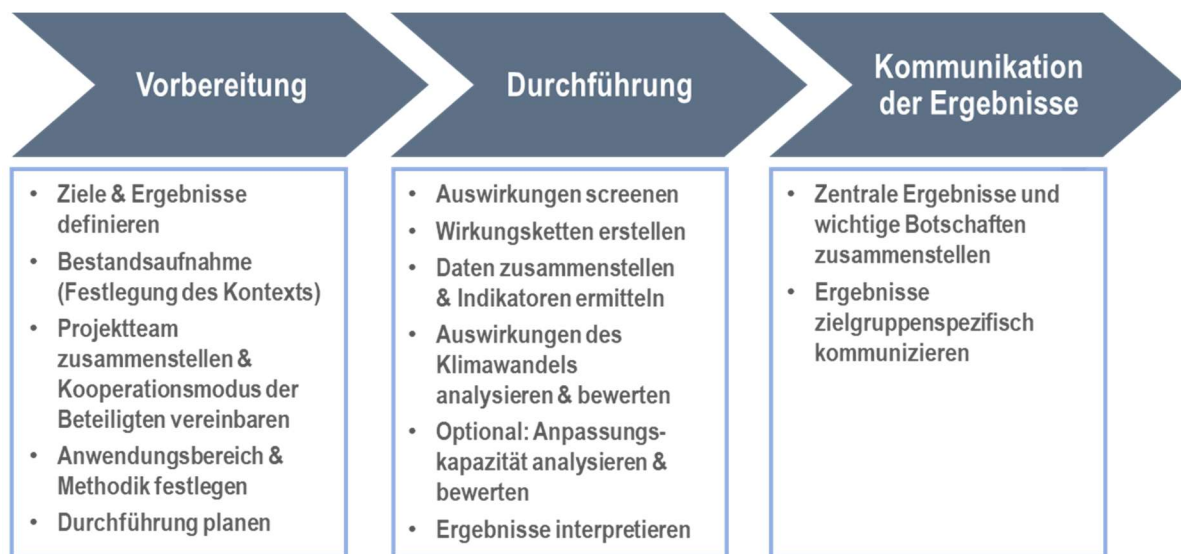


Abbildung 5 Phasen der Klimawirkungsanalyse (nach Porst et al. 2022 in Anlehnung an DIN ISO 14091).

Für Kommunen wurde in Anlehnung an DIN ISO 14091 im Auftrag des Umweltbundesamtes eine Handreichung erarbeitet, wie die Empfehlungen in den lokalen Kontext umgesetzt werden können. So wird insbesondere zu den folgenden Punkten aus der DIN ISO 14091 ein beispielhaftes Vorgehen im kommunalen Kontext aufgezeigt: i) Erhebung und Erfassung der relevanten Informationen, ii) Transparenz, iii) Screening der Auswirkungen und Erstellung von Wirkungsketten, iv) Ermittlung der Indikatoren, v) Erhebung und Verwaltung der Daten inkl. Erfassung der Daten, Evaluierung der Datenqualität und der Ergebnisse sowie Datenmanagement (Porst et al. 2022).

Die DIN ISO 31000:2018-10 „Risikomanagement – Leitlinien“ beschreibt seit 2018 mittels Leitlinien, wie das Management von generellen Risiken in Unternehmen erfolgen kann. Demnach soll der Umgang mit Risiken integriert, strukturiert, umfassend, maßgeschneidert, einbeziehend und dynamisch sowie unter Berücksichtigung der besten verfügbaren Informationen und menschlicher sowie kultureller Faktoren erfolgen (DIN ISO 31000:2018-10). Die Schritte umfassen i) die Risikobeurteilung (Risikoidentifikation, Risikoanalyse, Risikobewertung), ii) die Risikosteuerung und Risikoüberwachung sowie iii) die Risikoberichterstattung. Der jeweilige Kontext des Unternehmens mit internen und externen Faktoren ist dabei zu berücksichtigen.

Da aber die Betroffenheit durch die Folgen des Klimawandels maßgeblich von unterschiedlichen internen und externen Faktoren (z.B. geographische, topographische und hydrologische Ausgangssituation am Standort, Organisation (Struktur und Prozesse) und Betrieb, Ausmaß und Eintrittswahrscheinlichkeit der Auswirkungen am Standort, Anpassungskapazität) der jeweiligen Organisation abhängen, ist jede Risikoanalyse mit neuen Ausgangssituationen konfrontiert, sodass keine allgemeingültige Lösung existiert (Hurrelmann et al. 2018; Eisenack et al. 2014; Freimann et al. 2014).

3.2. Forschungs- und Handlungsbedarf

Da die Folgen des Klimawandels nicht nur das operative Geschäft, sondern auch die strategische Ausrichtung des Unternehmens betreffen (siehe ergänzende **Infobox 1** auf Seite 23), ist eine fundierte Auseinandersetzung mit den Auswirkungen des Klimawandels unter Berücksichtigung von verschiedenen Klimaszenarien erforderlich, um die langfristige Tragfähigkeit von Geschäftsmodellen und strategischer Ausrichtung anpassen und sicherstellen zu können (Europäisches Parlament und Europäischer Rat 2022; BMWK 2022; Laranjeira et al. 2021).

Schon in den Empfehlungen der Task Force on Climate-related Financial Disclosures (TCFD) wurde die Betrachtung der Resilienz von Unternehmensstrategien und Geschäftsmodellen unter veränderten klimatischen Bedingungen unter Einbezug von Szenarien als Anforderung formuliert (TCFD 2017). Die TCFD nennt dafür explizit auch die Berücksichtigung von mehreren Klimaszenarien inklusive eines Szenarios mit 2° C Pfad oder darunter als Anforderung für die Beschreibung der Resilienz der Unternehmensstrategie (TCFD 2017)⁴. Da die Anforderungen der TCFD zur Berücksichtigung der Auswirkungen des Klimawandels zunächst weitestgehend auf Freiwilligkeit beruhte, könnten die oben beschriebenen verpflichtenden Anforderungen der EU-Taxonomie Verordnung und der Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) dafür sorgen, dass sie zunehmend in den Fokus der Aufmerksamkeit für die Offenlegung von Informationen rücken werden (Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union 2022; Loew et al. 2021).

Laut einer Untersuchung des Umweltbundesamtes zeigen sich aber bei der Umsetzung einer zukunftsbezogenen Berichterstattung noch Hürden (Loew et al. 2021). Lediglich vier der 20 betrachteten DAX-Unternehmen integrieren Klimawandelszenarien in ihre Berichterstattung und kein Unternehmen trifft auf Basis der Auseinandersetzung mit Szenarien Aussagen zur klimabezogenen Resilienz des eigenen Unternehmens (Loew et al. 2021). Es arbeiten bislang nur wenige Unternehmen mit Klimawandelszenarien, ganz abgesehen von einer Bandbreite von Szenarien (Loew et al. 2021).

Auch Hurrelmann et al. (2018) bezeichnen den Wissensstand zur Integration von Klimaschutz und Klimafolgenanpassung in strategische Planung sowie in Managementprozesse als gering. Zudem konstatieren sie eine abnehmende Forschungsintensität zu langfristigen Entwicklungen, unter die insbesondere auch die Anpassung von Unternehmensstrategien an

⁴ "Describe the impact of climate-related risks and opportunities on the organization's businesses, strategy, and financial planning (...) Describe the resilience of the organization's strategy, taking into consideration different climate-related scenarios, including a 2°C or lower scenario" (TCFD 2017, S.14)

die Folgen des Klimawandels fällt, und führen diese auf eine zunehmende Komplexität und Unsicherheit bei langfristigen Planungshorizonten zurück. Als Hemmnisse und Barrieren für die Integration der Klimaanpassung in strategische Unternehmensprozesse werden unterschiedliche Faktoren identifiziert: i) Nichtwissen, ii) mangelnde Wahrnehmung, iii) fehlende personelle Ressourcen und iv) unzureichende Governancestrukturen (Herrmann/Guenther 2017) sowie v) fehlende Informationen über Art, Eintrittswahrscheinlichkeit und Eintrittszeitpunkt der Klimaveränderung sowie der nachhaltigkeitsrelevanten Auswirkungen der Klimaveränderung (Hurrelmann et al. 2018). Dabei werden als Ursachen für Barrieren die für die Anpassung determinierende Entscheidungsfindung, der Kontext, in dem die Anpassung etabliert wird und das zugrundeliegende, gefährdete System (Eisenack et al. 2014) genannt.

Hurrelmann et al. (2018) identifizieren aus fast allen Leitfäden zum Risikomanagement folgende Phasen:

1. Problemidentifikation, Impact-, Vulnerabilitäts- bzw. Risikoabschätzung
2. Auswahl potenzieller Anpassungsmaßnahmen
3. Bewertung der Maßnahmen
 - a. Auswahl des Bewertungsverfahrens
 - b. Auswahl Bewertungskriterien
 - c. Datenbeschaffung
 - d. Priorisierung von Maßnahmen
4. Implementierung der Maßnahmen
5. Monitoring & Evaluierung

Eine zentrale Erkenntnis aus der Zusammenarbeit des Climate Service Center Germany (GERICS) mit verschiedenen Praxisakteuren ist, dass viele Hemmnisse bereits zwischen den von Hurrelmann et al. (2018) dargestellten Phasen 1 und 2 zu finden sind. (Groth et al. 2022; Groth und Seipold 2020; Groth und Seipold 2017). Darüber hinaus wird als Herausforderung für Unternehmen angesehen, aus der Vielzahl möglicher Klimawandelfolgen die für den jeweiligen Standort bzw. die jeweilige Branche relevanten zu erkennen und daraufhin passende Maßnahmen abzuleiten und zu ergreifen (Schlepphorst et al. 2023). Zudem zeigt sich in einem Vergleich von Leitfäden, dass im Ablaufschritt ‚Risikobehandlung: Entwicklung von Maßnahmen und Umsetzung‘ in den Leitfäden entweder nur Maßnahmen entwickelt werden oder dieser Ablaufschritt nur sehr kurz beschrieben wird (Loew et al. 2021).

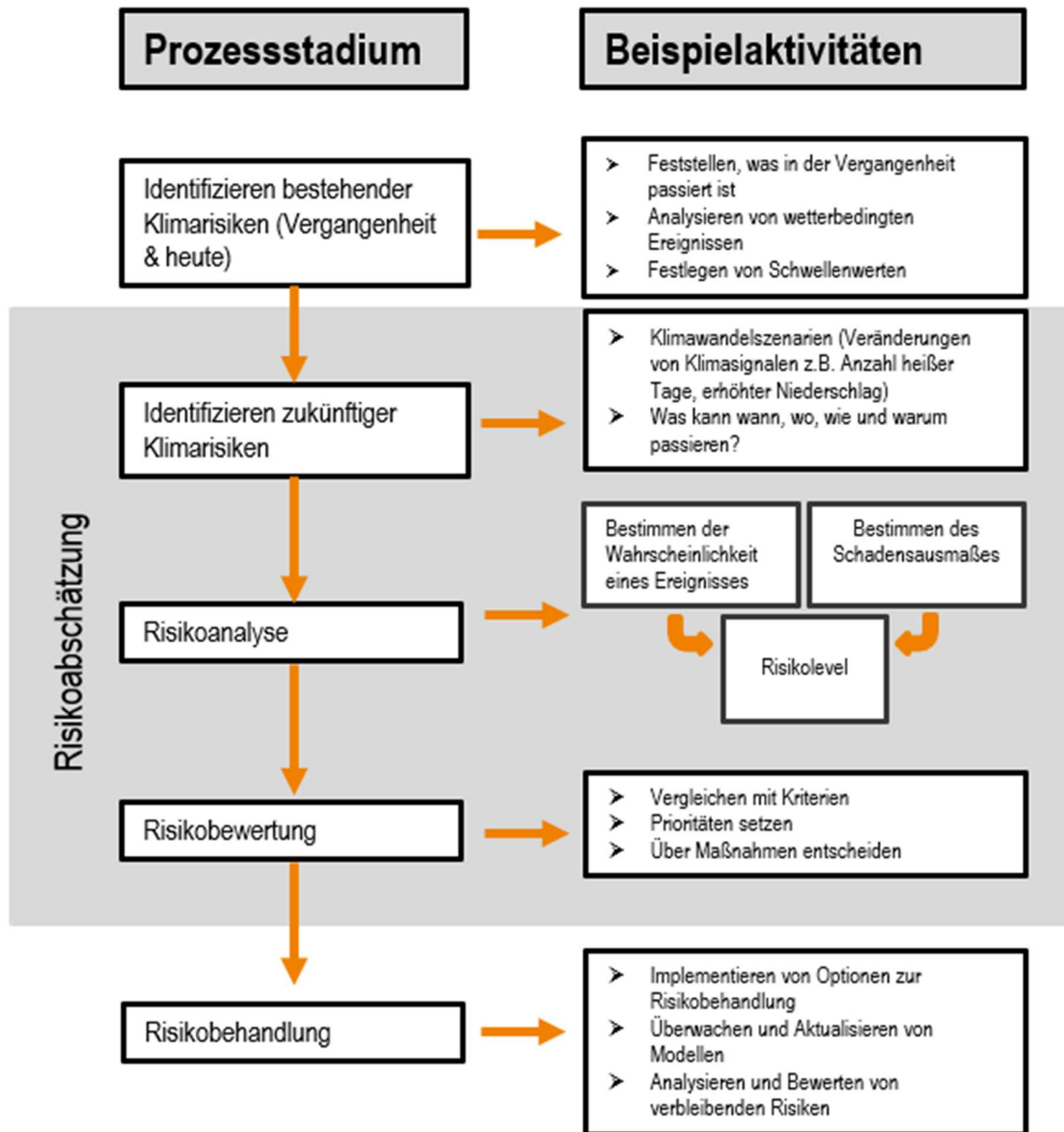


Abbildung 6 Risikomanagement-Prozess und mögliche Anwendung für Klimarisiken (Übersetzt und verändert nach Palin et al. 2021).

Wie **Abbildung 6** zeigt, sind entlang der Ablaufschritte einer Risikoanalyse, -bewertung und -behandlung vielfältige Schritte erforderlich, die die Nutzung und Interpretation von Klimaänderungsinformationen erfordern. Im Hinblick auf mögliche Unterstützungsangebote für Unternehmen zur Navigation durch diesen Prozess in Form von Leitfäden zum Management klimabezogener Risiken zeigt eine vom UBA beauftragte Analyse jedoch, dass nur wenige explizit und bedarfsgerecht ausschließlich an Unternehmen gerichtet sind (Loew et al. 2021). Mit dem Leitfaden „Klimarisikomanagement 2050 – Betriebliche Klimarisikostrategie Step-by-Step entwickeln“ zum Risikomanagement am Standort, entlang der Liefer- und Wertschöpfungskette und bezüglich der Rohstoffbeschaffung und Absatzmärkte (co2ncept plus o.J.), der Empfehlung "Durchführung einer robusten Klimarisiko- und Vulnerabilitätsanalyse nach EU Taxonomie" (Dorsch et al. 2022) und dem Leitfaden

„Physische Risiken managen – Eine Einführung für Unternehmen“ mit Fokus auf die physischen Auswirkungen des Klimawandels (Loew/Kind 2023) wurden Anstrengungen unternommen dieser Tatsache entgegenzutreten.

Weitere Herausforderungen für die im Rahmen der EU-Taxonomie geforderte Klimarisiko- und Vulnerabilitätsanalyse lassen sich aus Erkenntnissen der EU Technical Expert Group on Sustainable Finance (TEG) zur Begleitung des Erarbeitungsprozesses zur EU-Taxonomie-Verordnung und der technischen Bewertungskriterien ableiten. Deren finaler Bericht zur EU-Taxonomie (TEG 2020a) sowie der Annex zu Methoden (TEG 2020b) geben Empfehlungen und Beispiele für die Anwendung der Vorgehensweise zur Berichterstattung über den taxonomiekonformen Anteil der Unternehmenstätigkeiten. Dabei wird von der Expertengruppe die Schwierigkeit anerkannt, dass eine Anpassungstaxonomie – im Gegensatz zu den Kriterien für den Klimaschutz – einen prozessbasierten Ansatz benötigt. Dieser sollte auch kontext- und lokalspezifische Faktoren berücksichtigen, um ausmachen zu können, ob eine Wirtschaftsaktivität wirksam zur Anpassung beiträgt (TEG 2020b). Des Weiteren nennt die Technical Expert Group (TEG) zur EU-Taxonomie Handlungsbedarf in der Anleitung zum Umgang mit klimabezogenen Informationen, der Entscheidungsfindung unter Unsicherheit und der Evaluation unterschiedlicher Klimaanpassungsoptionen: “The TEG recommends that the Platform [on Sustainable Finance, Anm. der Autor:innen], as a matter of priority, develops technical guidance on climate risk assessment, use of climate data and information, making decisions under uncertainties and evaluation of different adaptation options to aid the implementation of the taxonomy.” (TEG 2020b, S. 27).

In den Empfehlungen des Sustainable Finance Beirats der Bundesregierung sowie der TCFD wurde darüber hinaus – wie auch bei Carney – die Problematik kurzfristiger Prognosehorizonte in der Berichterstattung identifiziert. So wird empfohlen neben kurzfristigen Aussagen auch mittelfristige (1-5 Jahre) und langfristige (10-20 Jahre) zu fordern, insbesondere für die Themen Klimawandel und nachhaltige Entwicklung (Loew et al. 2021; Sustainable Finance Beirat der Bundesregierung 2020; TCFD 2017). Dies stellt eine weitere Herausforderung in der Berichterstattung dar, die aber angesichts der sich mittel- bis langfristig abzeichnenden Auswirkungen des Klimawandels und der bisher in die Zukunft verlagerten Kosten in Form einer eingeschränkten oder nicht mehr gegebenen Möglichkeit der Ressourcennutzung sowie der beschriebenen Gegenwartpräferenz notwendig ist. So wird auch in den Empfehlungen der Expertengruppe zur Taxonomie angegeben, dass die Bewertung klimabezogener Risiken in angemessenen Abständen unter Einbindung der neuesten Informationen, Technologien und Herangehensweisen zu aktualisieren ist (TEG 2020b).

Die Erkenntnis, dass Kennzahlen und Ziele zur Anpassung an den Klimawandel noch nicht in der Berichterstattung Berücksichtigung finden (Loew et al. 2021) unterstützt die Einschätzung, dass Unternehmen bei der Auseinandersetzung mit der Anpassung an die Folgen des Klimawandels noch Unterstützungsbedarf haben. Loew et al. empfehlen dementsprechend, es solle der „Frage nachgegangen werden, ob und weshalb physische Klimarisiken unterschätzt werden, und falls ja, wie sich dies ändern lässt.“ (Loew et al. 2021, S. 125). Brüggemann und Grewenig (2023) zeigen zudem auf, dass eine auf bisherigen Erfahrungen basierende Risikoeinschätzung eine Unterschätzung der Betroffenheit durch die Folgen des Klimawandels bewirken kann. Umso wichtiger ist es für Unternehmen, sich mit zukunftsbezogenen Informationen auseinanderzusetzen, um eine solche Fehleinschätzung zu

vermeiden. In diesem Sinne betont bereits auch Mahammadzadeh (2011) die Relevanz der Gewinnung und Bereitstellung von entscheidungsunterstützenden klimabezogenen Informationen im Rahmen des Risikomanagement-Prozesses. Auch für die Identifikation geeigneter Klimawandelszenarien sowie die Arbeit hiermit kann dementsprechend Handlungs- bzw. Unterstützungsbedarf für die Unternehmen abgeleitet werden. Konkret werden Hilfestellungen für den Übergang von der Problemidentifikation zur Impact-, Vulnerabilitäts- bzw. Risikoabschätzung unter Einbindung von Klimaänderungsinformationen sowie zur Ableitung, Priorisierung und Auswahl potenzieller Anpassungsmaßnahmen benötigt. Darüber hinaus ist es speziell auf die Klimarisiken zugeschnittenen Analyse notwendig, dass dabei auch die Verknüpfung mit zukunftsbezogenen Klimaänderungsinformationen hergestellt wird und Wege aufgezeigt werden, wie diese in die Risikoanalyse eingebunden werden können.

Es lässt sich also konstatieren, dass sich Unternehmen bisher nur unzureichend mit langfristigen klimabezogenen Entwicklungen und deren Auswirkungen auf ihre Geschäftstätigkeit, ihre Geschäftsmodelle und ihre strategische Ausrichtung auseinandersetzen. Gleichzeitig wachsen für Unternehmen die Anforderungen für den Umgang mit den Folgen des Klimawandels durch regulatorische Vorgaben sowie durch ein vermehrtes Interesse seitens der Öffentlichkeit, Kunden:innen und Investoren:innen sowie auch unterschiedlicher Stakeholder. Dies zeigt dringenden Forschungs- und Handlungsbedarf bezüglich der Einbindung klimabezogener Daten in Risikomanagement und Berichterstattungsprozesse auf. Daher wird nachfolgend ein Prozessmodell als Lösungsansatz beschrieben, um darauf aufbauend den lokal- und kontextspezifischen Charakter der Anpassung an den Klimawandel in Unternehmen sowie den oben aufgezeigten Bedarf zur Erweiterung des Risikoanalyseprozesses unter Einbindung von Klimaänderungsinformationen zu adressieren.

INFOBOX 1: Exemplarische Folgen des Klimawandels für Geschäftsmodelle

Geschäftsmodelle können in verschiedener Hinsicht durch die Folgen des Klimawandels betroffen sein. Das Beispiel von Skigebieten in den Alpen, in denen der Schnee temperaturbedingt zunehmend ausbleibt und dadurch die Tourismusbranche leidet, liegt hier nahe (Pröbstl-Haider et al. 2021).

Aber auch weniger offensichtliche und trotzdem schwerwiegende Folgen können mit dem Klimawandel in Zusammenhang gebracht werden: So sind Urlaubsregionen am Mittelmeer und beliebte Ferieninseln zunehmend durch Trinkwasserknappheit und entsprechende Nutzungsverbote sowie durch Hitzewellen und Waldbrände betroffen, die neben der Betroffenheit der Versorgungssicherheit und des Wohlergehens der Bevölkerung und der Landwirtschaft vor Ort auch einen Aufenthalt für potenzielle Urlaubsgäste weniger attraktiv machen und so oftmals stark vom Tourismus abhängige Gebiete besonders schwer treffen können (Vogel et al. 2021).

Auch in anderen Sektoren wie der Landwirtschaft oder dem Weinanbau machen sich Folgen des Klimawandels bemerkbar: Hier sind Geschäftsmodelle in Zukunft bedroht, wenn klimatische Veränderungen eintreten, die den Anbau oder die Qualität bestimmter Fruchtfolgen oder Sorten beeinträchtigen, auf denen Geschäftsmodelle beruhen. Hier sind z.B. im Weinbau Anbaustrategien umzubauen und zu diversifizieren und innovative Geschäftsmodelle aufzusetzen, um sich auf die Folgen des Klimawandels vorzubereiten und im Wettbewerb zu bestehen (Niewind 2022).

Der Klimawandel führte auch in Europa und Deutschland bereits zu großflächigen Waldschäden und es ist zu erwarten, dass sich diese Entwicklung zukünftig sogar verstärken wird (Knutzen et al., 2023; Cook et al. 2022; Senf und Seidel 2021), so dass die Forstwirtschaft sowie die daran angeschlossene verarbeitende Industrie (z.B. Sägewerke) stark betroffen sind. Die sich daraus ergebenden Herausforderungen sind umfangreich, da sich sowohl die forstwirtschaftliche Praxis als auch die Wissenschaft mit teilweise grundlegend neuen Fragestellungen und Handlungsbedarfen konfrontiert sehen, um sich mit diesem Wandel angemessen umgehen zu können (Vacek et al. 2023). Aufgrund der sehr langen Umtriebszeiten der Bäume von 100 Jahren und mehr ist der Forstsektor von den Veränderungen durch den Klimawandel besonders stark und langfristig betroffen. Daher besteht ein besonderer Bedarf, Klimaprojektionsdaten in Waldentscheidungsprozesse einzubeziehen, um dazu beizutragen, künftige Bestände klimaresistent und insgesamt resilient aufzustellen.

Abseits der negativen Folgen für Geschäftsmodelle entstehen aber auch neue Geschäftsfelder durch die Folgen des Klimawandels und den Umbau zu einer klimaneutralen Wirtschaftsweise. Vor dem Hintergrund eines hohen Investitionspotenzials in Klimaschutz und Anpassung werden große Chancen gesehen. In Nordrhein-Westfalen wurden 2021 beispielsweise bereits rund 178.000 Beschäftigte beziehungsweise 30,5% der Erwerbstätigen (2020) zur "Anpassungswirtschaft" mit Bezug zu Technologien oder Dienstleistungen der Klimaanpassung gezählt, wobei eine steigende Tendenz zu erwarten ist. Für Deutschland können 2021 insgesamt rund 954.000 Beschäftigte der Klimaanpassungswirtschaft zugeordnet werden (Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen 2022).

4. Das GERICS-Prozessmodell für die Berücksichtigung zukunftsgerichteter Klimaänderungsinformationen in Unternehmen

Nachfolgend wird ein prototypischer Prozess aufgezeigt, der eine wissenschaftlich fundierte Auseinandersetzung mit den Folgen des Klimawandels unter Einbindung der wesentlichen lokal- und kontextspezifischen Informationen ermöglicht.

Das GERICS-Prozessmodell ist im Kontext des sogenannten GERICS-Unternehmensbaukastens⁵ (Groth und Seipold 2017) zur prototypischen Entwicklung von Klimadienstleistungen des Climate Service Center Germany (GERICS) entstanden. Es dient dazu, Unternehmen zu befähigen, die eigene Betroffenheit durch die Folgen des Klimawandels heute und in Zukunft zu identifizieren, zu gewichten und zu bewerten. Zudem werden damit entsprechende Anpassungspotenziale und mögliche Maßnahmen identifiziert, die zur Vermeidung oder Minderung potenzieller Schäden durch Extremwetterereignisse und weitere Folgen des Klimawandels zu ergreifen sind.

Das Vorgehen folgt dabei dem strukturierten Prozess eines Risikomanagements (Porst et al. 2022; BMUV 2021; Loew et al. 2021; DIN ISO 31000:2018). Dies trägt der Erkenntnis Rechnung, dass nur wenige Entscheidungen ausschließlich basierend auf einem sich ändernden Klimasignal getroffen werden (Hurrelmann et al. 2018) und dementsprechend eine Integration der Klimaänderungsinformationen in bestehende Entscheidungs- bzw. Risikoanalyseprozesse notwendig ist. Mit dem GERICS-Prozessmodell werden Empfehlungen der DIN ISO 14091 und DIN ISO 31000 aufgegriffen und die Vorgehensweise inklusive relevanter Klimadaten für Unternehmen konkretisiert. Das nachfolgend beschriebene GERICS-Prozessmodell greift dazu zunächst i) die Risikoidentifikation, ii) die Risikoanalyse, iii) die Risikobewertung, iv) die Risikosteuerung, v) die Risikoüberwachung und vi) die Risikokommunikation (DIN ISO 31000:2018) auf. Da sich bei der Berücksichtigung von Klimarisiken jedoch einige Besonderheiten (z.B. Umgang mit Unsicherheiten, direkte/indirekte und kaskadierende Effekte, akute und chronische Risiken) ergeben, ergänzt das GERICS-Prozessmodell das oben vorgestellte DIN-Vorgehen zur Risikoanalyse und die von Hurrelmann et al. (2018) identifizierten Phasen um die zu beachtenden Schritte für die Analyse und das Management von klimabezogenen Risiken sowie für die Identifizierung, Berücksichtigung und Nutzung von relevanten Klimaänderungsinformationen.

Neben den transitorischen Risiken wird der Blick dabei insbesondere auch auf die direkten und indirekten physischen Betroffenheiten (sowohl akut als auch chronisch) gelenkt, da sie in der Wahrnehmung von Entscheidungsträger:innen in Unternehmen noch eine zu geringe Berücksichtigung finden. Doch nicht nur die Flutkatastrophe im Ahrtal im Jahr 2021, die Gefahren für Leib und Leben und Lieferketten bewirkte (Trenczek et al. 2022c; Merz et al. 2021), sondern auch der Dürresommer 2022 zeigte mit seinen negativen Auswirkungen auf die Ernteerträge in der Landwirtschaft und seinen negativen Folgen für den Gütertransport durch die deutsche Binnenschifffahrt (Statistisches Bundesamt 2022) auf, dass Unternehmen sich bereits heute auf mögliche Folgen des Klimawandels einstellen müssen.

⁵ https://www.climate-service-center.de/products_and_publications/toolkits/unternehmensbaukasten/index.php.de

Das Ziel des nachfolgend beschriebenen Vorgehens ist es, bei der Analyse der Betroffenheit strukturiert vorzugehen, um möglichst alle relevanten Unternehmensbereiche auf ihre Anfälligkeit gegenüber sowohl heutigen als auch künftigen Klimaänderungen und den daraus resultierenden Folgen überprüfen zu können. Entwickelt wurde diese Vorgehensweise, um die bestehende Lücke zwischen dem vorhandenen Wissen über zu erwartende Klimaänderungen und dem fehlenden Bewusstsein der Entscheidungsträger:innen über die Betroffenheit des eigenen Unternehmens gegenüber den Folgen des Klimawandels zu schließen. Gleichzeitig trägt es den steigenden Anforderungen an Unternehmen Rechnung, sich auf die Folgen des Klimawandels vorzubereiten und Informationen darüber gegenüber den Investor:innen und Kund:innen sowie im Rahmen der verpflichtenden Berichterstattung offenzulegen.

Das nachfolgend skizzierte Prozessmodell gliedert sich in die folgenden acht Phasen (**Abbildung 7**): i) Bestandsaufnahme und ii) Klassifizierung der Betroffenheit durch die Auswirkungen des Klimawandels, iii) Identifizierung, iv) Bereitstellung der benötigten Klimakennwerte und v) Befähigung zur Nutzung von Klimainformationen, vi) Maßnahmenableitung und -implementierung, vii) Evaluierung sowie viii) Prozessverstetigung. Insbesondere die Phasen 2-5 (Klassifizierung, Identifizierung, Bereitstellung und Befähigung) des GERICS-Prozessmodells sollen zwischen den von Hurrelmann et al. (2017, siehe auch Kapitel 3.2) identifizierten Phasen 1 und 2 zum Tragen kommen, um die von Unternehmen gesehene Herausforderung zu überwinden, aus der Vielzahl möglicher Klimawandelfolgen diejenigen zu identifizieren, die für das Unternehmen vor Ort am relevantesten sind. So wird ein Beitrag zu Hilfestellungen für den Übergang von der Problemidentifikation zur Impact-, Vulnerabilitäts- bzw. Risikoabschätzung unter Einbindung von Klimaänderungsinformationen sowie zur Ableitung, Priorisierung und Auswahl potenzieller Anpassungsmaßnahmen geleistet.



Abbildung 7 GERICS-Prozessmodell zur Berücksichtigung von Klimaänderungsinformation in Unternehmen (Eigene Darstellung).

Aufgrund der lokalspezifischen und kontextabhängigen Betroffenheiten durch die Folgen des Klimawandels wird das implizite Wissen von Entscheidungsträger:innen des Unternehmens über Standort und Ausgangssituation sowie über bisherige klima- und extremwetterbedingte Schäden im Rahmen der Bestandsanalyse berücksichtigt. Zielsetzung des GERICS-

Prozessmodells ist es, dieses mit den zur Verfügung stehenden Klimaänderungsinformationen zu verschneiden. Auf dieser Basis werden Entscheidungsträger:innen im Unternehmen dazu befähigt, fundierte Entscheidungen für die Erstellung einer Klimaanpassungsstrategie beziehungsweise die Auswahl von geeigneten Klimaanpassungsmaßnahmen aufgrund heutiger und zukünftig zu erwartender Betroffenheiten zu treffen.

Das Prozessmodell eröffnet insbesondere auch Unternehmen ohne Nachhaltigkeitsmanagement oder etabliertem Risikomanagement eine Möglichkeit, sich dem Thema der Klimafolgenanpassung wirksam zu nähern. Anknüpfend an die genannten konzeptuellen Ansätze der Risikoanalyse wurde das Verfahren so ausgearbeitet, das in jeder Phase ein Bezug zur Integration von Klimaänderungsinformationen hergestellt wird und die folgenden Fragen adressiert werden:

1. Welchem Ziel dient die Phase?
2. Welche Fragen gilt es in der Phase zu stellen/zu beantworten, um das Ziel zu erreichen?
3. Welche Methoden können im Rahmen der Phase als unterstützendes Element zum Einsatz kommen?
4. Welcher Zusammenhang besteht in den Phasen des GERICS-Prozessmodells zu den Vorgaben durch die EU-Taxonomie?

Darüber hinaus werden der Bezug zu den Phasen des Risikomanagement Prozesses (**Abbildung 6**) hergestellt und unterstützende Produkte des GERICS für die jeweilige Phase aufgezeigt. So soll die Analyse und Behandlung möglicher Risiken auf Basis wissenschaftlich fundierter und aktueller Klimaänderungsinformationen eigenständig durchgeführt werden können.

4.1. Bestandsaufnahme



Phase 1 dient in Form einer **Bestandsaufnahme** dazu, anhand von bisherigen Erfahrungen, Beobachtungen, meteorologischen Daten sowie implizitem Wissen von allen relevanten Mitarbeitenden eines Unternehmens mögliche Ereignisse und damit verbundene Schäden, Störungen und Verzögerung zu identifizieren. Darüber hinaus sollten auch extern verfügbares Wissen sowie Informationen zu möglichen sektoralen Betroffenheiten berücksichtigt werden.

Besondere Bedeutung haben die Ereignisse, die das Unternehmen direkt betreffen, bereits heute erkennbar sind und mit den Folgen des Klimawandels in Verbindung gebracht werden können. Diese können beispielsweise entlang der gesamten Lieferkette, im internen Betriebsablauf oder entlang der Distributionswege auftreten. Gemeinsam mit Unternehmensvertreter:innen, werden entsprechend beobachtete und/oder bekannte Ereignisse zusammengetragen. Auch zukünftige Betroffenheiten sind hierbei bereits zu berücksichtigen, wobei diese Phase im Risikomanagement dem Schritt der Risikoidentifizierung zuzuordnen ist. Es ist hilfreich sich dafür bewusst zu machen, welche Werte es zu schützen gilt, welche Unternehmensziele möglicherweise durch Folgen des Klimawandels nicht dauerhaft erreicht werden können und welche Folgen es aus Sicht des Unternehmens definitiv zu vermeiden gilt (UNDRR 2022).

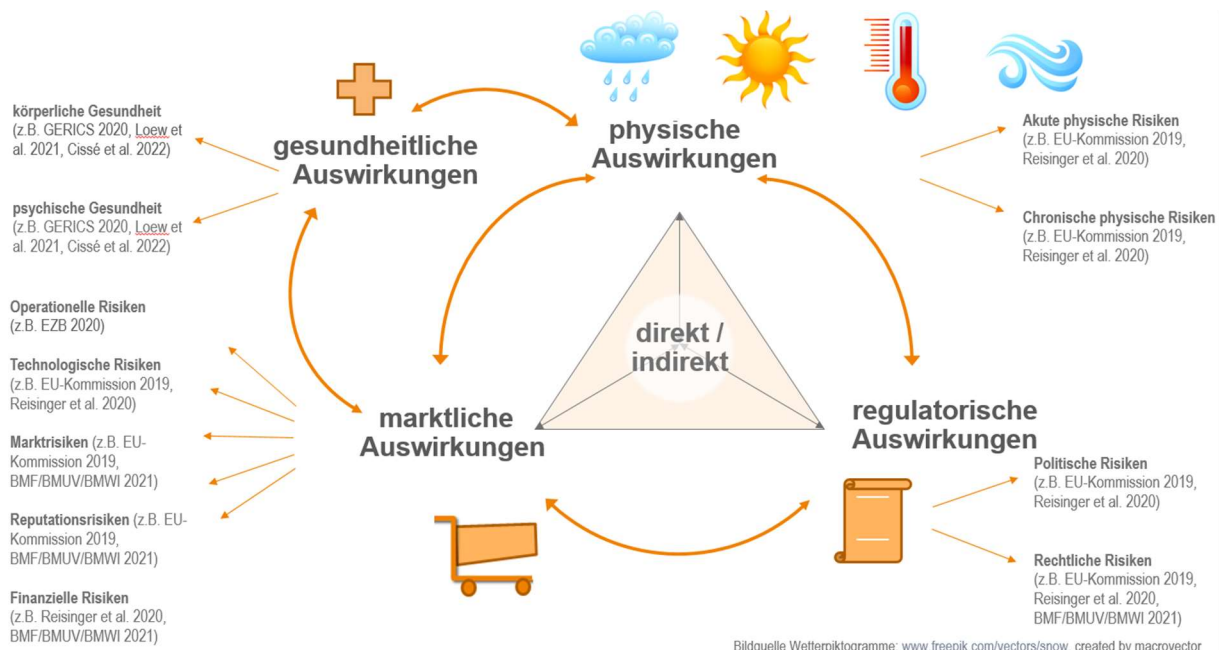


Abbildung 8 Wirkebenen der Folgen des Klimawandels

(Eigene Darstellung basierend auf den angegebenen Quellen, für ergänzende Erläuterung siehe **Anhang A**).

Wie bereits beschrieben, wirken die Folgen des Klimawandels auf Unternehmen sowohl in Form physischer als auch transitorischer Risiken. Daher sind im Rahmen der Bestandsaufnahme auch alle möglichen Wirkebenen durch Klimawandelfolgen zu berücksichtigen (**Abbildung 8**, für eine ergänzende Erläuterung siehe auch **Anhang A**). Unterscheiden lassen sich diese nach physischen, marktlichen und regulatorischen Auswirkungen sowie nach gesundheitlichen Folgen für die Mitarbeiter:innen des Unternehmens in allen vor- und nachgelagerten Wertschöpfungsprozessen. Alle Folgen können darüber hinaus sowohl direkt als auch indirekt auf Unternehmen wirken. Im Rahmen einer strukturierten Betrachtung möglicher Auswirkungen mit diesem Schema können die oben genannten die Wirkebenen dazu verwendet werden, mögliche weitere unternehmensrelevante Risiken zu identifizieren.

Im Rahmen der Bestandsaufnahme sollte nicht nur auf das Wissen der Geschäftsführung, sondern auf das Wissen aller relevanten Geschäftsbereiche zurückgegriffen werden (Groth und Seipold 2017). Dies kann im Rahmen eines Workshops gewährleistet werden, in dessen Rahmen eine Sammlung der vorhandenen historischen Daten zu wetter- beziehungsweise klimawandelbedingten Störungen und Schäden sowie aufgrund dieser Erfahrungen absehbarer Betroffenheiten erfolgt.

Wichtige Leitfragen können hier die Folgenden sein:

- Welche Störungen oder Schäden sind aufgetreten? Welche Probleme gab es dadurch? Wo sind diese aufgetreten?
- Welche Folgen hatten diese für das Unternehmen selbst/für dessen Tätigkeitsbereiche/für Kund:innen?
- Welche meteorologische Größe kann Auslöser gewesen sein?
- Welche Störungen/Schäden sind durch zukünftige Ereignisse zu erwarten?

In die Bestandsaufnahme fließen auch bereits vorliegende Informationen zur zukünftigen Entwicklung von Klimakenngrößen ein, die für das Unternehmen relevant sein können. Als eine erste grobe Abschätzung möglicher zukünftiger Klimaveränderungen kann der GERICS-Klimaausblick auf Landkreisebene verwendet werden (Pfeifer et al. 2021, Rechid et al., 2021). Im Hinblick auf zukünftige Entwicklungen stellen die GERICS-Klimaausblicke auf Landkreisebene (Pfeifer et al. 2021) mit Klimakennwerten dar, dass insbesondere bei temperaturbedingten Kennwerten (Jahresmittel der bodennahen Lufttemperatur, Tage mit hohen Temperaturen über 25 oder 30 Grad Celsius, Tropennächten in Form von Tagen, an denen die Temperatur nicht unter 20 Grad Celsius sinkt) ein Anstieg zu erwarten ist. Während es an dieser Stelle ausreichend ist, einen groben Überblick zu möglichen regionalen Klimaänderungen aus dem GERICS-Klimaausblick auf Landkreisebene abzulesen, erfolgt eine genauere Betrachtung der Klimakennwerte in Phase 3.

Zudem können in die Bestandsaufnahme auch externe Daten und Informationen zu Klimawirkungen einfließen. So liegen auf kommunaler Ebene teilweise bereits Starkregenhinweis- oder Starkregengefahrenkarten vor, auf deren Grundlage eine erste Einschätzung zur Überflutungsgefährdung von Standorten ermöglicht wird. Auch Stadtklimaanalysen können für eine erste Bewertung beispielsweise der Hitzegefährdung herangezogen werden.

Für den Fall, dass Unternehmen bislang keine oder nur wenige Berührungspunkte mit dem Thema der Anpassung an die Folgen des Klimawandels haben, soll durch das Aufzeigen möglicher Folgen ein Verständnis für die Erforderlichkeit der Auseinandersetzung generiert werden. Zunächst können hier Überblicke zu allgemein möglichen Betroffenheiten durch die Folgen des Klimawandels in dem jeweiligen Sektor herangezogen werden⁶. Darüber hinaus kann eine Literaturlauswertung herangezogen werden, um mögliche Klimarisiken und Betroffenheiten für den jeweiligen Sektor zu identifizieren und Hinweise zu erhalten, wie einzelne Systemelemente im jeweiligen Sektor betroffen waren. Eine entsprechende prototypische Synthese wurde vom GERICS für den Sektor Verkehr, mit einem Fokus auf den ÖPNV, erstellt (GERICS 2023, unveröffentlichtes Manuskript; siehe Tabellenausschnitt in **Abbildung 9**). Dabei werden in einer Tabelle die möglichen Klimasignale mit potenziell betroffenen Systemelementen (Gebäude, Anlagen, Mitarbeitende, Produkte, Infrastruktur, Lieferkette, Logistik, Rohstoffe für Produkte etc.) des Unternehmens verschnitten und mögliche Betroffenheiten in die Tabellenfelder eingetragen.

	SCHIENENWEGE	STRASSEN	FAHRZEUGE
	Betroffenheit/Chance	Betroffenheit/Chance	Betroffenheit/Chance
HITZE (akut/chronisch)	Schäden an Schienen durch zu starke Aufheizung: Ausdehnung und Verformung von Schienen	Schäden an Straßenbelag durch zu starke Aufheizung: Schmelzen und Aufbrechen des Asphalts. Bildung von Spurrillen und Wellen, dementsprechend kürzere Nutzungsphasen von Asphaltdecken	Starke Aufheizung der Fahrzeuge
	Schienenbewegung		erhöhter Kühlbedarf und daraus resultierend höherer Energiebedarf mangelnde Luftzirkulation
	eingeschränkte Funktionsfähigkeit von Signalen	Blow-Ups: plötzlich auftretende Erhebungen in der Fahrbahn durch Ausdehnung der darunter liegenden Betonplatten	Exposition der FahrerInnen
	Überhitzung von elektronischer Infrastruktur		
		erhöhte Schadstoffabsonderung von Asphaltdecken bei warmen Temperaturen und direkter Sonneneinstrahlung	
DÜRREPERIODEN (akut)	Setzungen von Infrastruktur aufgrund von niedrigerem Grundwasserstand	Setzungen von Infrastruktur aufgrund veränderter Untergrundverhältnisse	Wasser zur Fahrzeugreinigung kann begrenzt werden
VERMEHRTE SOMMERTROCKENHEIT (chronisch)	in Kombination mit Starkregen: verstärkte Gefahr von Erdbeben	in Kombination mit Starkregen: Sedimenttransport durch Erosion auf trockenen Böden	
	in Kombination mit Sturm: Sandsturm		
	erhöhte Gefahr von Wald- und Hangbränden entlang von Streckenabschnitten	erhöhte Gefahr von Wald- und Hangbränden entlang von Streckenabschnitten	
	Setzungen von Infrastruktur aufgrund veränderter Untergrundverhältnisse	Setzungen von Infrastruktur aufgrund veränderter Untergrundverhältnisse	

⁶ z.B. Klimanavigator: <https://www.klimanavigator.eu/index.php>; Klimalotse: <https://www.umweltbundesamt.de/dokument/klimalotse-vorlage-uebersicht-klimawirkungen>; Climate Adapt: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/eu-adaptation-policy/sector-policies>

**TEMPERATURANSTIEG
(chronisch)**

weniger Wartungskosten im Winter

weniger Wartungskosten im Winter

veränderte Anforderung an die Kühlung von Fahrzeugen

Verlängerung der Bausaison

Verlängerung der Bausaison

Abbildung 9 Ausschnitt aus Tabelle zur systematischen Betrachtung von möglichen Betroffenheiten/Chancen im Verkehrssektor durch die Folgen des Klimawandels (GERICS 2023, unveröffentlichtes Manuskript).

Darüber hinaus kann auch eine ergänzende visuelle Darstellung von Schadensbildern und Betroffenheiten an Standorten hilfreich sein, um mögliche Betroffenheiten für das eigene Unternehmen zu erkennen (Vorgehen ausführlicher beschrieben in **Infobox 2**, siehe Seite 32). Darüber hinaus wird im Rahmen der Risikoanalyse oft empfohlen mit Klimawirkungsketten (EEA o.J.; Porst et al. 2022; UBA 2022; DIN ISO 14091:2021; EEA 2018b; GIZ and EURAC 2017, UNDRR 2022) zu arbeiten. Die exemplarisch vom UBA (2026) für unterschiedliche Sektoren bildlich dargestellten Klimawirkungsketten ermöglichen einen strukturierten Überblick über alle möglichen Betroffenheiten des betrachteten Sektors. Darüber hinaus werden hierbei unter anderem auch die (Wirkungs-)Beziehungen zwischen den einzelnen klimatischen Einflüssen und den jeweiligen Betroffenheiten (Klimawirkungen) sowie auch zwischen den Klimawirkungen untereinander abgebildet (UBA 2016). Diese können zusätzlich als Visualisierung der potenziellen Auswirkungen des Klimawandels auf Unternehmenstätigkeiten beziehungsweise die eigene Branche erarbeitet werden.

Mögliche Klimagefahren, die im Rahmen einer mit der EU-Taxonomie konformen Risiko- und Vulnerabilitätsanalyse mindestens abzuprüfen sind, werden in Anlage A des Anhang I und II der Delegierten Verordnung zur EU-Taxonomie Verordnung genannt (Europäische Kommission 2021a) (**Abbildung 10**).

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

Abbildung 10 Klassifikation von Klimagefahren, die mindestens im Rahmen der Klimarisiko- und Vulnerabilitätsanalyse gemäß der Technischen Bewertungskriterien für das Umweltziel "Anpassung an die Folgen des Klimawandels" in Anlage A des Anhang I und II der Delegierten Verordnung zur EU-Taxonomie Verordnung zu berücksichtigen sind (Europäische Kommission 2021a).

INFOBOX 2 Exemplarisches Vorgehen für eine visuelle Darstellung von Schadensbildern und Betroffenheiten an Standorten

Ein entsprechendes, nachfolgend dargestelltes Vorgehen wurde in Kooperation mit einem Unternehmen entwickelt und in der Praxis exemplarisch angewandt:

Gemeinsam mit einem Logistikunternehmen wurde vom GERICS ein Standort hinsichtlich möglicher Betroffenheiten durch die Folgen des Klimawandels exemplarisch analysiert. Die nach Auswertung des entsprechenden „GERICS-Klimaausblick auf Landkreisebene“ identifizierten physikalischen Folgen „Extremer Niederschlag“, „Hitze“ und auch „Wind“, wurden in Form grafischer Symbole in eine Satellitenansicht des Standortes integriert. Dieses Vorgehen veranschaulichte das räumliche Auftreten möglicher, durch die identifizierten physikalischen Folgen ausgelösten Betroffenheiten am Standort. Darüber hinaus wurden grundsätzlich mögliche Anpassungsmaßnahmen für die identifizierten Betroffenheiten in einer ergänzenden Präsentation zusammengestellt und diese Informationen dann im Rahmen eines Workshops den Entscheidungsträgern des Logistikunternehmens vorgelegt. Das Ziel war dabei, ihnen damit die zunächst von ihnen selbst als „abstrakt“ beurteilte Thematik ‚Klimafolgenanpassung‘ durch die beschriebene Visualisierung besser vermitteln zu können. Im Nachgang des Workshops wurde das dargestellte Vorgehen von den teilnehmenden Entscheidungsträgern als überaus verständlich und nutzbar beurteilt.

4.2. Klassifizierung



Wie relevant sind die Betroffenheiten?

Das Ziel von Phase 4.2 ist es, die in Phase 4.1 identifizierten Betroffenheiten dahingehend beurteilen zu können, ob diese unmittelbaren Handlungsbedarf nach sich ziehen und wie diese im Verhältnis zueinander zu priorisieren sind. Dadurch wird herausgefiltert, welche möglichen Betroffenheiten für die Unternehmensziele kritisch und somit besonders relevant sind. Es werden also die Betroffenheiten hervorgehoben, die das Potential haben, den Betriebsablauf, die Produktivität und die Leistungsfähigkeit des Unternehmens im Hinblick auf strategische, politische und/oder für Stakeholder relevante Ziele zu beeinflussen. Dazu ist beispielsweise eine gewichtete Entscheidungstabelle (**Abbildung 11**) oder eine Matrix (**Abbildung 12**) heranzuziehen, wie sie nachfolgend exemplarisch dargestellt werden. Diese Phase ist im Risikomanagement dem Schritt der Problemanalyse zuzuordnen.

Gewichtete Entscheidungstabelle zur Priorisierung möglicher Betroffenheiten		Betroffenheit 1		Betroffenheit 2		Betroffenheit 3	
Kriterien	Gewichtung	Bewertung	Gewichtete	Bewertung	Gewichtete	Bewertung	Gewichtete
Kosten (direkt)	0	0	0	0	0	0	0
Kosten (indirekt)	0	0	0	0	0	0	0
(unternehmens-)strategische Ziele	0	0	0	0	0	0	0
(unternehmens-)politische Ziele	0	0	0	0	0	0	0
stakeholderrelevante Ziele	0	0	0	0	0	0	0
sonstige Ziele (z.B. Gemeinwohlvorsorge)	0	0	0	0	0	0	0
Punkte		0		0		0	

Abbildung 11 Beispiel gewichtete Entscheidungstabelle
(Eigene Darstellung).

Hierbei werden vorab grundsätzliche Kriterien definiert und mittels einer Gewichtung auf einer Skala von 1 bis 10 hinsichtlich ihrer jeweiligen Relevanz bewertet. Danach werden die Kriterien aller identifizierten Betroffenheiten analysiert. Dabei können typischerweise die folgenden Fragen Anwendung finden, um die jeweilige Zeile der Entscheidungstabelle (**Abbildung 10**) zu gewichten:

- Welche direkten, also explizit durch die Auswirkungen der Klimafolge hervorgerufenen Kosten sind entstanden? Wie wurden Umsätze beeinträchtigt?
- Welche indirekten Kosten kamen durch die Beseitigung von Schäden oder den zeitweisen oder dauerhaften Ausfall bestimmter Unternehmensinfrastruktur, -bereiche und -tätigkeiten zustande?
- Hatte die Betroffenheit Folgen für die Unternehmensstrategie, Unternehmenspolitik oder für das Geschäftsmodell?
- Hatte die Betroffenheit (zeitweilig) Einfluss auf die Erreichung von definierten Unternehmenszielen?
- Hatte die Betroffenheit Auswirkungen auf erwartete Rentabilität?
- Hatte die Betroffenheit Auswirkungen auf Mitarbeiter:innen?

- Hatte die Betroffenheit Auswirkungen auf den Beitrag des Unternehmens zum Gemeinwohl oder für andere Geschäftspartner:innen?

Die Auswirkungen, die es aus Sicht des Unternehmens gemäß eigenen Zielsetzungen oder aufgrund fehlender Anpassungskapazität insbesondere zu vermeiden beziehungsweise abzumildern gilt, können in diesem Schritt zudem höher gewichtet werden als andere. So kann nach erfolgter Gewichtung eine Priorität der genauer zu betrachtenden Betroffenheiten abgeleitet werden. Um das Vorhandensein ausreichender Anpassungskapazitäten wissend, können manche Risiken in der Priorisierung gegenüber anderen aber auch akzeptiert werden, wenn ihnen bei Eintreten entsprechend begegnet werden kann.

Die Bewertung der wichtigsten möglichen Auswirkungen kann abweichend auch mithilfe einer Risikomatrix und unter Heranziehung der Kriterien Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadenshöhe erfolgen (**Abbildung 12**). Die Fragen, die es hierbei für jeden Klimaparameter einzeln zu beantworten gilt, sind:

- Wie häufig ist mit dem Eintreten möglicher Auswirkungen zu rechnen?
- Welches Schadensausmaß kann das Eintreten mit sich bringen?

Somit werden die Auswirkungen, die eine hohe Eintrittswahrscheinlichkeit und ein hohes Schadensausmaß mit sich bringen, in der Matrix im oberen rechten Bereich visualisiert, der wie im Beispiel zudem durch die Einfärbung als Gefahrenbereich kenntlich gemacht werden kann. Eine solche Visualisierung kann die Präsentation von Ergebnissen gegenüber nicht im Prozess Beteiligten vereinfachen.

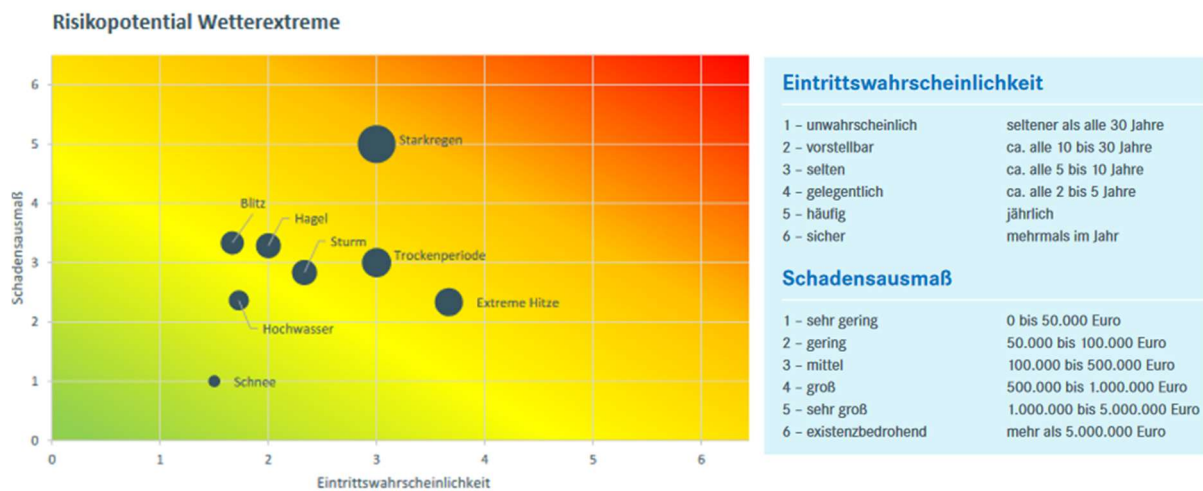


Abbildung 12 Beispiel einer Risikomatrix für Wetterextreme und einer Unterteilung der Skala nach Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß (co2ncept plus o.J.).

Hierbei ist zu beachten, dass die Definition der Skala und die Bewertung des Schadens subjektiv vorgenommen wird. Deshalb ist es wichtig an dieser Stelle die zugrunde liegenden Erklärungen für die Einteilung der Skalen und die Einschätzung des Risikos transparent und plausibel zu dokumentieren.

Im Rahmen der EU-Taxonomie sind die zu betrachtenden Klimagefahren in Anlage A des Anhang I und II der Delegierten Verordnung zur EU-Taxonomie-Verordnung vorgegeben (siehe auch **Abbildung 10**). Eine Priorisierung bedeutet also nicht, dass man die auf den ersten Blick weniger relevanten Klimagefahren nicht weiter betrachten muss. Die für das Unternehmen aufgrund des räumlichen Vorkommens oder aufgrund anderer Gründe nicht relevanten Klimagefahren sind in jedem Fall gewissenhaft zu dokumentieren und zu begründen. Das Vorgehen mit einer Erfassung potenzieller Klimagefahren und deren möglicher Auswirkungen auf Unternehmenstätigkeiten hilft dem Unternehmen, die Klimagefahren strukturiert abzuprüfen und kann dann gleichzeitig zur Dokumentation dieses Verfahrensschritts genutzt werden.

4.3. Identifizierung



Für die identifizierten Betroffenheiten beziehungsweise die durch die EU-Taxonomie vorgegebenen Klimagefahren (**Abbildung 10**) mit hoher Relevanz werden nun die wesentlichen Klimaparameter ermittelt, die für eine genauere Analyse der zukünftigen Betroffenheit von Bedeutung sind.

Die Frage, die es zu beantworten gilt, ist an dieser Stelle:

Welche/r Klimaparameter wird/werden benötigt, um Aussagen über den aktuellen Stand sowie die Entwicklung der identifizierte/n Klimagefahr/en beziehungsweise potenzielle/n Betroffenheit/en zu ermöglichen?

Für die Identifizierung wichtiger Klimakennwerte können die GERICS-Klimaausblicke auf Landkreisebene herangezogen werden, welche die mögliche zukünftige Entwicklung von insgesamt 17 Klimakennwerten unter Annahme unterschiedlicher Emissionsentwicklungen auf Basis von 85 regionalen Klimamodellsimulationen aufzeigen. Diese werden zudem einer Experteneinschätzung zur Belastbarkeit der Daten unterzogen (Pfeifer et al. 2021). Zu den relevanten Klimakennwerten zählen beispielsweise die heute und zukünftig zu erwartenden Lufttemperaturen, die Anzahl von Hitzetagen und tropischen Nächten, die Anzahl und Länge von Dürreperioden sowie die Anzahl von Frosttagen, schwülen Tagen und Tagen mit Starkregen (Erläuterung der Klimakennwerte siehe auch Anhang B). Auch Kombinationen der Klimakennwerte können wichtig sein, da z.B. eine Tropennacht noch nicht zwingend schwerwiegende Folgen nach sich ziehen wird – eine Reihe von Tropennächten in Kombination mit einer gewissen Anzahl von Hitzetagen aber umso mehr. Im Folgenden erfolgt ein Überblick zu den im Klimaausblick verfügbaren Kennwerten und deren Definition (siehe auch Anhang B). Bei Bedarf sollten diese Kennwerte unternehmensspezifisch angepasst oder ergänzt werden.

Die GERICS-Klimaausblicke auf Landkreisebene geben entsprechende Informationen für alle 401 Landkreise, Kreise, kreisfreien Städte und Regionen in Deutschland. Die Klimainformationen basieren auf den zum Zeitpunkt der Erstellung der jeweiligen Klimaausblicke verfügbaren Klimasimulationen im ESGF-Datenarchiv (ESGF=Earth System Grid Federation), die verwendeten Klimasimulationen sind alle in den GERICS Klimaausblicken aufgelistet (Pfeifer et al. 2021).⁷ Dafür werden Simulationen für drei unterschiedliche Repräsentative Konzentrationspfade (Representative Concentration Pathways (RCPs)) berücksichtigt. Es werden Bandbreiten für die relevanten Klimaparameter und deren mögliche Entwicklungen bis zur Mitte und zum Ende des Jahrhunderts angegeben, die als Anhaltspunkt und Entscheidungsgrundlage für das erforderliche Handeln des

⁷ <https://esgf-data.dkrz.de>

Unternehmens in diesem Bereich der Betroffenheit dienen. Sie entsprechen somit den oben genannten Qualitätskriterien für Klimaänderungsinformationen (siehe auch Kapitel 3.1).

Methodisch kann in dieser Phase die Angabe eines Überblicks zur möglichen Entwicklung des Klimaparameters erfolgen. Diese kann in die bereits bestehenden Tabellen zu den Betroffenheiten integriert werden und beispielsweise mit einem Farbcode versehen werden. Somit wird erkennbar, bei welchen Klimagefahren mit einer Steigerung der Frequenz/Intensität zu rechnen ist. Auch diese Phase kann dem Schritt der Risikobewertung zugeordnet werden.

Seitens der EU-Kommission wird die Auseinandersetzung mit einer Liste an Klimagefahren im Rahmen einer Risiko- und Vulnerabilitätsanalyse unter Einbeziehung der "besten verfügbaren wissenschaftlichen Erkenntnisse" gefordert (Europäische Kommission 2021a, Anlage A des Anhang I und II der Delegierten Verordnung zur EU-Taxonomie Verordnung; siehe auch Kapitel 3.1 und Kapitel 4.1). Das UBA hat die darin aufgeführten Klimaparameter in einer Empfehlung weiter ausdifferenziert (Dorsch et al. 2022).

Eine Einbindung der vorgegebenen Klimaparameter in das GERICS-Prozessmodell ist möglich. Die Klimagefahren, mit denen sich das Unternehmen auseinandersetzen muss, werden hier mit zukünftigen Bandbreiten für das Auftreten der Klimakenntage beziehungsweise einer Kombination dieser operationalisiert. Die Klimaausblicke des GERICS bieten dafür regionale Klimaszenarien für die in der Delegierten Verordnung geforderte "Bewertung anhand der höchstauflösenden, dem neuesten Stand der Technik entsprechenden Klimaprojektionen für die bestehende Reihe von Zukunftsszenarien mit den Klimaszenarien" (Europäische Kommission 2021a). Diese werden in einer Fußnote konkretisiert: "Die Zukunftsszenarien umfassen die vom Weltklimarat verwendeten repräsentativen Konzentrationspfade RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 und RCP8.5." (Europäische Kommission 2021a).

4.4. Bereitstellung



In der 4. Phase ist die auf den Bedarf des Unternehmens zugeschnittene Zusammenstellung, Aufbereitung und Bereitstellung weiterer Klimaänderungsinformationen der nächste Schritt. Dazu verschaffen Unternehmen sich in dieser Phase einen Überblick über verfügbare Klimaänderungsinformationen und deren Qualität. So erhalten Unternehmen in Form der relevanten Daten eine Hilfestellung für die Betrachtung der zukünftig zu erwartenden Klimafolgen und deren Relevanz für die im Unternehmen identifizierten Handlungsbereiche. Hier gilt es bedarfsgerecht die aktuellen und zukünftigen Änderungen der Klimaparameter durch die Unternehmen einzubeziehen. An dieser Stelle kann es je nach Verfügbarkeit von Klimaexpertise im Unternehmen ratsam sein, externes Wissen und Know-how zu Verwendung und Qualitätsbewertung von Klimaszenarien und Klimaänderungsinformationen einzuholen. Diese Phase kann ebenfalls dem Schritt Risikobewertung zugeordnet werden, wobei sie die Grundlage für die Risikosteuerung bildet.

In dieser Phase können Entscheidungsträger:innen die unterschiedlich verfügbaren Fact Sheets des GERICS mit Klimaänderungsinformationen zu bestimmten Klimakennwerten nutzen. So sind beispielsweise die zusammen mit der KfW-Entwicklungsbank entwickelten GERICS Country Climate-Fact-Sheets⁸ verfügbar. Die Climate-Fact-Sheets stellen in kompakter Form die wesentlichen Klimacharakteristika individueller Länder oder Regionen auf der ganzen Welt dar. Sie synthetisieren Informationen über die Ausprägung und Entwicklung verschiedener Klima-Indices wie Temperatur, Niederschlag oder Wasserbilanz. Darüber hinaus enthalten sie Aussagen über die Klimahistorie und die gegenwärtige Klimacharakteristik.

Darüber hinaus sind weitere Prototypen im Rahmen der Fact Sheets erarbeitet worden, z.B. ein auf eine bestimmte Stadt bezogenes Format (City Series⁹). Auch finden sich darin beispielhaft mit einer Stadtklimamodellierung und einer Niederschlags-Abfluss-Modellierung vertiefende Modellierungen, die sich an die Analyse der Klimaänderungsinformationen anbieten können, um mögliche Belastungsbereiche zu identifizieren und visualisieren. In Workshops mit Unternehmen wurde die Nützlichkeit der Fact Sheets zur Unterstützung von Klimaanpassungsprozessen bestätigt.

Die Klimaänderungsinformationen müssen darüber hinaus kombiniert mit Informationen

⁸ https://www.climate-service-center.de/products_and_publications/fact_sheets/climate_fact_sheets/index.php.de

⁹ https://www.climate-service-center.de/products_and_publications/publications/detail/078167/index.php.de

- zum Unternehmensstandort (Höhenlage, Versiegelungsgrad, Materialien, umliegende Landnutzung),
- der Lage von Elementen der kritischen Infrastruktur
- aus bereits vorliegenden Gefahren- und Risikokarten
- zu den Mitarbeiter:innen und Kund:innen des Unternehmens
- den Produkten und Prozessen und deren Abhängigkeit von Lieferungen und Lieferanten,
- den Bauwerken und den lokalen Gegebenheiten wie Zufahrtsstraßen, Aufenthaltsbereichen, Lager, Produktionsstätten, Büros,
- etc.

betrachtet werden und können durch ihren räumlichen Bezug auch als Karte visualisiert werden (UNDRR 2022). Dies hilft das Risiko, von Auswirkungen der veränderten Klimaparameter getroffen zu werden, besser einordnen zu können. Nicht zuletzt gilt es auch, die Anpassungskapazität des Unternehmens zu bestimmen. Hier können regelmäßige Schulungen und Übungen der Mitarbeiter:innen für Wissensvermittlung und Prozessabläufe im Falle von Extremwetterereignissen, Anpassung der Unternehmensstrategie, das Vorhandensein finanzieller Mittel für Sofortmaßnahmen, der Zugang zu notwendiger Technologie aber auch die entsprechenden organisatorischen Strukturen und personellen Ressourcen ins Gewicht fallen und so die Vorbereitung auf mögliche Folgen, den Umgang mit diesen sowie das schnelle Erholen von den Folgen sowie die dauerhafte Anpassung an diese erleichtern (UNDRR 2022).

Auch Beobachtungsdaten bisheriger Schäden oder Wetterphänomene an den relevanten Standorten oder entlang der Lieferkette sind, wie bereits in Kapitel 4.1 genannt, wichtige Hinweisgeber für die Identifizierung von räumlichen Schwerpunkten der möglichen Auswirkungen und den dementsprechend notwendigen Maßnahmen.

4.5. Befähigung



Nachdem die Phasen 1-4 auf die Identifizierung, Analyse und Bewertung der Folgen des Klimawandels abzielten, fokussieren die Phasen 5-8 darauf, das Vorgehen innerbetrieblich zu verankern sowie eine Risikosteuerung zu ermöglichen und zu evaluieren.

Im Mittelpunkt der Phase 5 steht die Befähigung von Entscheidungsträger:innen eines Unternehmens zur Nutzung der Klimaänderungsinformationen. Durch anwenderbezogene Formate wird sichergestellt, dass die bereitgestellten Informationen auch von den Unternehmensvertreter:innen gedeutet, mit den lokalen Informationen verschnitten und in ein darauf abgestimmtes Handlungserfordernis übersetzt werden können. Nur so können diese letztendlich auch Verwendung in den Entscheidungsprozessen des Unternehmens finden. Für die Auswahl des geeigneten Formats sind folgende Eignungskriterien für unterschiedliche Zielsetzungen zu berücksichtigen:

- beabsichtigte Tiefe der Auseinandersetzung mit den Informationen
- beabsichtigte Größe des zu informierenden Teilnehmerkreises
- verfügbare Zeit

Mögliche Wege/Formate hierfür sind – nach dem Grad der Interaktivität geordnet – in **Abbildung 13** dargestellt:



Abbildung 13 Mögliche Wege zur Einbindung von Mitarbeitenden und zum Informationstransfer (Eigene Darstellung).

In dieser Phase ist es für Unternehmen empfehlenswert, mehrere Mitarbeiter:innen für den Umgang mit den Daten zu schulen, um bei personellen Veränderungen immer noch in der Lage zu sein, die vorliegenden Klimaänderungsinformationen bestmöglich zu nutzen. Je nachdem, welches Kriterium für das Unternehmen besonders wichtig ist, kann hierfür eines der folgenden Formate genutzt werden.

Ein Leitfaden zur Interpretation der Klimadaten eignet sich, um sich verhältnismäßig schnell einen Überblick über die Verwendung von Klimadaten zu verschaffen. Dieser eignet sich vor allem für das selbstbestimmte Arbeiten mit Klimaänderungsinformationen und erfordert keine expliziten Vorkenntnisse.

Beispielsweise kann ein Vortrag zum entsprechenden Klimaausblick angeboten werden – eventuell auch im Rahmen eines Webinars, was jedoch nur ein geringes Interaktionspotential bietet. Dieses Format eignet sich insbesondere bei knappen Zeitressourcen und als Einstiegsoption, um möglichst viele Mitarbeiter:innen gleichzeitig zu informieren. Ein Vortrag sollte mindestens begleitet sein durch eine Auseinandersetzung mit dem GERICS-Klimaausblick auf Landkreisebene durch die Teilnehmenden vor der Veranstaltung, was auch die folgenden gezielten Fragen umfassen sollte:

1. Welche Klimakennwerte halten Sie aufgrund des GERICS-Klimaausblicks auf Landkreisebene für relevant für Ihr Unternehmen?
2. Welche Betroffenheit(en) können Sie aus den Informationen des GERICS-Klimaausblicks auf Landkreisebene für ihr Unternehmen (z.B. Gebäude, Infrastruktur, Produkte, Mitarbeitende, Kund:innen, etc.) ableiten?
3. Wie beziehungsweise wofür würden oder werden sie die Daten/Informationen des GERICS-Klimaausblicks nutzen?
4. Ist eine detailgenaue Betrachtung vonnöten und können die mit den Klimaänderungsinformationen gewonnenen Erkenntnisse Ausgangspunkt für weitere Modellierungen (z.B. Stadtklimaanalyse mittels Stadtklimamodell, Niederschlags-Abfluss-modellierung, siehe auch Bender et al. 2023a; 2023b) sein?

Auch für Workshops und Anwender:innenschulungen kommen Vortragsimpulse in Frage, allerdings kombiniert mit praxisbezogenen und vertiefenden Übungen. Hier sollen die Teilnehmer:innen beispielsweise eigenständig für eine geschilderte Ausgangssituation die relevanten Klimaänderungsinformationen identifizieren, die zu erwartenden Änderungen aus dem Klimaausblick ablesen und als Teil eines Briefings für Entscheidungsträger:innen aufbereiten. Dabei kann durch Experten des GERICS Hilfestellung geleistet werden. Aus Anwender:innenschulungen können sich zudem Synergieeffekte ergeben. Die Teilnehmenden lernen, wie sie die Informationen des GERICS-Klimaausblicks auf Landkreisebene einsetzen, die GERICS Vertreter:innen hingegen erhalten wichtige Hinweise, welche Bedarfe und Hürden in der Praxis zur Nutzung und Integration von Klimadaten in Prozessabläufe bestehen. So kann der Einsatz der GERICS-Klimaausblicke auf Landkreisebene evaluiert und das Produkt auf Basis der Rückmeldungen der Teilnehmenden weiterentwickelt werden.

Um die Anwendung von Klimaänderungsinformationen zu erlernen und zu vertiefen, sind geführte Anleitungen zum Nachempfinden eines Best Practice Beispiels oder eine auf das eigene Unternehmen bezogene Case Study-Bearbeitung zwar mit Zeitaufwand in der Vorbereitung verbunden, dabei aber sehr anschauliche Wege zur Unterstützung der Anwendung von Klimaänderungsinformationen für eine fiktive oder echte Planungssituation. Die Bearbeitung anhand eines Best Practice Beispiels kann gewählt werden, sofern ein gelungenes Beispiel aus der eigenen Branche oder dem eigenen Konzern bekannt ist. Die Vermittlungsmethode entlang einer Case Study ist zu wählen, wenn anhand eines Standortes oder Prozesses im eigenen Unternehmen - bei dem ohnehin Umbauten/Veränderungen geplant sind - das Gelegenheitsfenster genutzt und gezeigt werden soll, wie Klimaänderungsinformationen Berücksichtigung finden können.

4.6. Maßnahmenableitung und -implementierung



Was bedeuten die konkreten Daten? Was kann man grundsätzlich machen?

An die Phase der Befähigung anknüpfend folgt in Phase 6 die Ableitung, Priorisierung und Implementierung von Maßnahmen. Mit diesen werden die in Auseinandersetzung mit den Klimaänderungsinformationen identifizierten Betroffenheiten adressiert. Durch die Implementierung der Maßnahmen kann ein Unternehmen seine Anpassungskapazität gegenüber den Folgen des Klimawandels erhöhen. Es geht also darum, Management, Mitarbeiter:innen, Standorte, Logistik und Produkte „klimawandelfit“ zu machen. Dies hat Einfluss auf die strategische Ausrichtung, Unternehmensstandorte und Investitionen des Unternehmens. Die Analyse und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen soll die Gefahr von „stranded assets“ – vor allem aufgrund umwelt- und/oder klimabezogener Faktoren in kurzer Zeit wertlos gewordenen Vermögensgegenständen – vermeiden. Hier ist innerhalb des Unternehmens insbesondere auch die Expertise aus den Fachabteilungen notwendig, um Maßnahmen zu identifizieren sowie die Akzeptanz für deren Umsetzung unternehmensintern zu schaffen beziehungsweise zu erhöhen. Diese Phase ist im Risikomanagement als Teil der Risikobehandlung zuzuordnen. Mögliche Strategien umfassen die Risikovermeidung, Risikominderung, Risikotransfer, Akzeptanz eines Restrisikos (DIN ISO 31000:2018).

Im Rahmen dieser Phase hat sich die Beantwortung folgender Fragen bewährt:

1. Welche Maßnahmen gibt es und welche haben sich in der Praxis bewährt?
2. Welche Erfahrungen haben andere bei der Umsetzung von Maßnahmen gesammelt?

Hier ist das Sichten von bekannten Maßnahmendatenbanken (z.B. der Tatenbank des Umweltbundesamtes¹⁰, Climate-ADAPT Case study explorer und Climate-ADAPT Case studies booklet¹¹) ein erster Anlaufpunkt, um Anpassungsmaßnahmen aus dem Sektor kennenzulernen. Exemplarisch für den Verkehrssektor und insbesondere den ÖPNV wurde anknüpfend an die Tabelle zum Aufzeigen der Betroffenheiten unterschiedlicher Unternehmensbereiche nach dem gleichen Muster auch eine Maßnahmentabelle als Prototyp entwickelt, in der nach den unterschiedlichen Klimafolgen und Unternehmensbereichen geordnet, entsprechende Anpassungsmaßnahmen aus der Literatur vermerkt sind.

Des Weiteren stellt sich die Frage nach der Priorisierung der Maßnahmen und danach, welche Klimawandelfolge zuerst adressiert werden sollte. An dieser Stelle kann der Bedarf für vertiefende Modellierungen als Entscheidungshilfe festgestellt werden, so zum Beispiel für

¹⁰ <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/werkzeuge-der-anpassung/projekte-studien>

¹¹ <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/knowledge/tools/case-study-explorer>
<https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/about/climate-adapt-10-case-studies-online.pdf>

eine Niederschlag-Abfluss-Modellierung oder eine Stadtklimamodellierung zur Identifizierung und Visualisierung besondere betroffener Gebiete (siehe auch Bender et al. 2023a und Bender et al. 2023b).

Um das Risiko von Fehlanpassungen oder der Verlagerung des Risikos von einem in den anderen Sektor zu vermeiden, sollte unternehmensintern eine Maßnahmensammlung zu den unterschiedlichen Tätigkeitsbereichen des Unternehmens erstellt werden und in kurz-, mittel und langfristige Maßnahmen unterteilt werden. Dabei sollten auch Maßnahmen identifiziert werden, die in Kombination mit weiteren Maßnahmen Synergien zeigen oder die sich auch ohne das Eintreten von Klimafolgen positiv auswirken (sogenannte no-regret-Maßnahmen). Eine Gewichtung kann nach unterschiedlichen Faktoren vorgenommen werden (Synergien zu anderen Maßnahmen, Mehrwert auch ohne Eintreten der Klimafolgen, Beitrag zur Risikoreduzierung, Auswirkungen auf Umwelt, Soziales und Ökonomie, Machbarkeit, benötigte Zeit für Umsetzung und Entfaltung der Wirksamkeit, Kosten, Lebenszyklusanalyse, Unterhaltungs- und Pflegeaufwand, Flexibilität, Erhöhung der Anpassungskapazität für den Umgang mit Klimawandelfolgen in Bereichen, in denen Defizite gesehen werden. etc.) um die Priorität der Maßnahmen zu ermitteln. Bei der Heranziehung unterschiedlicher Kriterien zur Bewertung von Maßnahmen kann auch auf die generischen Kriterien zu guter Praxis der Anpassung vom UBA¹² zurückgegriffen werden. Darin sind die Kriterien Wirksamkeit, Robustheit, Nachhaltigkeit, finanzielle Tragbarkeit, positive Nebeneffekte und Flexibilität benannt. Aus diesen werden im Folgenden mögliche Leitfragen abgeleitet:

- Wirksamkeit – Kann die Maßnahme das identifizierte Risiko wirksam und dauerhaft minimieren?
- Robustheit – Würde die Maßnahme unter Eintreten verschiedener Klimabedingungen funktionieren?
- Nachhaltigkeit – Berücksichtigt die Maßnahme die Dimensionen Ökonomie, Ökologie und Soziales gleichermaßen und ausgewogen? Trägt sie zu einer dauerhaft zukunftsfähigen Entwicklung bei?
- Finanzielle Tragbarkeit – Ist die Maßnahme mit begrenztem finanziellem Aufwand umzusetzen? Ist sie im Vergleich zu anderen Maßnahmen diejenige, die bei angemessenem Kostenaufwand den höchsten Nutzen verspricht?
- Positive Nebeneffekte – Kann die Maßnahme positive Nebeneffekte für Umwelt, Gesundheit, Gesellschaft, Lebensqualität etc. erzielen und dies auch unabhängig davon, ob die erwarteten Klimaveränderungen eintreten oder nicht?
- Flexibilität – Kann die Maßnahme je nach Eintreten von Klimaänderungen angepasst, nachgerüstet, erweitert werden?

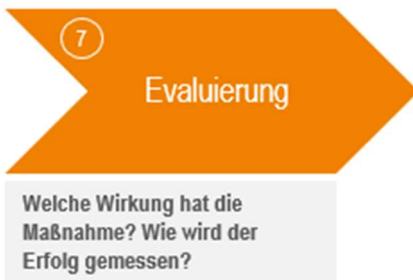
¹² <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/werkzeuge-der-anpassung/tatenbank/kriterien-guter-praxis-der-anpassung#kriterien-guter-praxis-der-anpassung>

Anhand der ausgewählten Kriterien wird dann eine Maßnahmenliste oder -übersicht erstellt, die jeweils nach ihrem Zeithorizont und der erwarteten Performance priorisiert werden können. Es empfiehlt sich ein strukturiertes Vorgehen, im Rahmen dessen beispielsweise eine Bewertungsmatrix genutzt werden kann. Auch sollten an dieser Stelle qualitative Aussagen zur Sensitivität und zur möglichen Anpassungskapazität durch eingeübte Abläufe, Prozesse und Vorsichtsmaßnahmen in die Bewertung einer Maßnahme einfließen. Auch können die zugrunde liegenden Risiken danach eingeteilt werden, ob sie toleriert werden können oder nicht (UNDRR 2022), was ebenfalls Eingang in die Priorisierung von Maßnahmen finden sollte.

Letztlich werden die ermittelten Maßnahmen im Unternehmen implementiert. Hierzu sind alle unternehmensüblichen Vorgehen zu berücksichtigen.

Auch im Kontext der Technischen Bewertungskriterien der EU-Taxonomie für das Umweltziel "Anpassung an die Folgen des Klimawandels" spielt die Maßnahmenplanung eine wichtige Rolle. Durch die Anlage A des Anhang I und II der Delegierten Verordnung zur EU-Taxonomie Verordnung wird vorgegeben, dass eine "Bewertung von Anpassungslösungen, mit denen das ermittelte physische Klimarisiko reduziert werden kann" vorzunehmen und ein Anpassungsplan zur Umsetzung der Maßnahmen zu erarbeiten und umzusetzen ist (Europäische Kommission 2021a).

4.7. Evaluierung



Phase 7 ist wichtig, um den Erfolg der Maßnahmen im Rahmen einer Evaluierung sowie den Prozess als solchen iterativ und rekursiv zu überprüfen.

Dazu können beispielsweise die nachfolgenden Methoden zum Einsatz kommen:

- Wirkungs-Analyse (Planungsanalyse)
- Maßnahmenspezifische Bewertung
- Prüfung von Outcome und Impact z.B. mittels Indikatoren
- (Maßnahmen-)Kontrolle der Effizienz
- (Maßnahmen-)Kontrolle der Effektivität
- Simulation der Wirkung
- Umfragen
- Interviews (semi-strukturiert, Fokusgruppen)

Bei der Evaluierung von Anpassungsmaßnahmen sind angesichts der unsicheren, nicht linearen und langfristigen Natur des Klimawandels (Dinshaw et al. 2014) einige Besonderheiten zu beachten. Zum Beispiel nennen Dinshaw et al. (2014) die Herausforderung der Zuordnung eines Erfolgs zur implementierten Maßnahme und die Festlegung von Ausgangs- und Zielwerten für Anpassungsmaßnahmen. Bours et al. (2015) heben die im Gegensatz zur Evaluation beziehungsweise Erfolgsmessung von Klimaschutzmaßnahmen – insbesondere kurzfristig - schwierige Messbarkeit des Erfolgs von Klimaanpassungsmaßnahmen hervor. Da das Eintreten von Extremwetterereignissen und schleichenden Veränderungen des Klimas und ihre Folgen nicht orts- und zeitgenau vorausgesagt werden können, ist es schwierig eine lokal implementierte Anpassungsmaßnahme über den durch sie vermiedenen Schaden zu evaluieren. Zudem birgt ein schlichter Vorher-Nachher-Vergleich von Daten die Gefahr, andere Einflüsse auszuklammern, die ebenfalls auf die Messgrößen vor Ort wirken (Bours et al. 2015). Darüber hinaus sind Anpassungsmaßnahmen oft als ein Teil einer größeren Anpassungsstrategie zu sehen, deren Wirksamkeit nur in der Gesamtschau umfassend und abschließend bewertet werden kann.

Aus der bisherigen Forschung zur Evaluierung von Klimaanpassungsmaßnahmen oder – konzepten ist bekannt, dass das Monitoring und die Evaluation oft vernachlässigt werden und im Bereich der Klimaanpassung Schwierigkeiten bestehen, die Wirkung der Maßnahme in konkret messbare Kennzahlen zu operationalisieren (u.a. Bours et al. 2015). Um diese Herausforderung aufzulösen, empfehlen Dinshaw et al. (2014) einen Mix aus qualitativen und quantitativen Methoden zur Evaluierung. So kann dem lokalspezifischen Kontext Rechnung getragen werden, indem neben Kernindikatoren auch optional verwendbare Indikatoren

Bestandteil des Indikatorensets sind (Bours et al. 2015). Auch können vorab definierte Zielsetzungen anhand von Kennzahlen überprüft und die Wirkung der Maßnahme sowie Störungen in der Lieferkette und dadurch entstandene Kosten dokumentiert werden (Lühr et al. 2014). Gegebenenfalls wird dadurch erkennbar, dass bei einer Maßnahme Nachbesserungsbedarf vorhanden ist oder eine ergänzende Maßnahme zu ergreifen ist, um die Zielerreichung zu unterstützen. Auch die Analyse des Bewusstseins im Unternehmen gegenüber dem Thema Anpassung an den Klimawandel kann Teil der Evaluierung sein und durch Befragungen erfasst und dokumentiert werden (Hurrelmann et al. 2018).

Der bestehende Erfahrungs- und Erkenntnisgewinn aus der Evaluationsforschung wird oft nicht ausreichend genutzt und berücksichtigt (Bours et al. 2015). Deshalb kann es sinnvoll sein, in diesem Prozessschritt erneut die Zusammenarbeit mit Akteuren aus Wissenschaft, Beratung oder Messtechnik zu suchen, um diese für das Unternehmen und die Ausrichtung der Klimaanpassungsstrategie wichtige Wirkungsanalyse auf dem aktuellen Stand der Technik und Forschung vorzunehmen.

Neben der Evaluation der eigentlichen Anpassungsmaßnahmen oder Strategien (Ergebnisevaluation) ist auch eine Evaluation des Prozesses abzugrenzen. Hierzu ist der Frage nachzugehen, inwieweit alle relevanten Wissensträger eingebunden wurden und an welcher Stelle eine weitere Optimierung für das Einfließen von weiteren oder neuen Klimaänderungsinformationen denkbar ist. Erfolgt das Durchlaufen des Prozessmodells in Zusammenarbeit mit wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Akteuren, kann auch die transdisziplinäre Zusammenarbeit Gegenstand der Evaluierung sein (Schuck-Zöllner et al. 2018). Im GERICS-Prozessmodell wäre dies der dialogorientierte Prozess, in dem lokalspezifische Informationen und das vorhandene Wissen im Unternehmen mit den Erkenntnissen der Forschung verschnitten werden beziehungsweise Klimainformationen in die Unternehmensprozesse zur Risikoanalyse integriert werden. Für die Evaluation transdisziplinärer Forschung ist eine ständige Reflektion im disziplinübergreifenden Team essenziell (Schuck-Zöllner et al. 2018). Aber auch nach dem Durchlaufen des gemeinsamen Prozesses zur Integration der Klimaänderungsinformationen in Unternehmensprozesse und -strategie kann rückblickend eine Evaluation durchgeführt werden (Schuck-Zöllner et al. 2018).

4.8. Prozessverstetigung



Abschließend ist wichtig, das Prozessmodell in die Organisationsstrukturen und -abläufe des Unternehmens dauerhaft einzubinden. Hierdurch können alle relevanten Inhalte des gesamten Vorgehens regelmäßig aktualisiert werden. Das GERICS-Prozessmodell kann an vorhandene Qualitätsmanagement-Zyklen im Unternehmen anknüpfen, wie z.B. einem PDCA (Plan-do-check-act/adjust) Cycle. Dieser beschreibt einen iterativen Prozess aus:

- 1.) Informationssammlung und -überwachung auf Basis von Leistungsindikatoren (KPI), die während der Durchführung des Prozesses erreicht werden,
- 2.) der Identifizierung und Analyse von Abweichungen,
- 3.) der Ursachenermittlung von Abweichungen und
- 4.) entsprechend notwendige Anpassungen (vgl. u.a. Musayelyan et al. 2020).

Hierzu kann das GERICS-Vorgehen auch in bestehende Managementsysteme eingebunden werden.

Das World Economic Forum hat unter anderem als Erfolgsfaktor für die Erhöhung der Resilienz in Organisationen identifiziert, die Resilienz weniger als Ziel, sondern als fortlaufende Reise zu verstehen. Demnach brauche es einen wiederkehrenden Lern- und Anpassungseffekt aus Stresstest-Übungen und tatsächlich erfahrenen Krisen, um gestärkt daraus hervorgehen und besser auf sich veränderte Umstände reagieren zu können. Auch seien bei diesem Verständnis das wiederkehrende Hinterfragen der eigenen Wahrnehmung und die Identifikation von blinden Flecken sowie das notwendige Ergreifen zusätzlicher Maßnahmen leichter (World Economic Forum 2022). Zudem empfiehlt es sich einen Lernprozess zu integrieren, sodass eine flexible und iterative Herangehensweise Reflektion und Verbesserung im Prozess ermöglicht (Dinshaw et al. 2014).

Mit Blick auf die Vorgaben aus der EU-Taxonomie kann durch die ernst genommene Verstetigung des Prozesses und Berichterstattung ein Wettbewerbsvorteil entstehen. Mit der frühzeitigen Integration von zukunftsbezogenen Klimaänderungsinformationen in Unternehmensprozesse können auch Chancen, die sich aus den Folgen des Klimawandels für Geschäftsmodelle und neue Produkte ergeben, erkannt und genutzt werden.

5. Fazit und Ausblick

Mit der Vorstellung des GERICS Prozessmodells im Rahmen des vorliegenden Reports wurde ein Verfahren zur Integration von zukunftsbezogenen Klimaänderungsinformationen unter Einbindung prototypischer Produkte des GERICS entlang der Phasen eines Risikomanagement-Prozesses vorgestellt. Hiermit leistet der Report einerseits einen Beitrag zur Schließung der identifizierten Lücke am Übergang zwischen Problemidentifikation und Maßnahmenableitung. Andererseits bietet er einen Ansatz, die bisher fehlende zukunftsbezogene Orientierung unternehmerischen Handelns zu überwinden und dabei gleichzeitig den neuen Anforderungen zur finanziellen und nachhaltigkeitsbezogenen Berichterstattung aus Regularien auf EU-Ebene durch die Integration von Klimaänderungsinformationen ins Risikomanagement Rechnung zu tragen.

Dieser konzeptionell entwickelte und prototypisch erprobte Prozess wird derzeit in enger Zusammenarbeit mit Unternehmen umgesetzt und weiterentwickelt. Ein wesentliches Ziel ist es hierbei, das (implizite) Wissen von Entscheidungsträger:innen in Unternehmen über bisherige Betroffenheiten mit den aktuellen Beobachtungsdaten und Klimaänderungsinformationen zur möglichen zukünftigen Klimaänderung zu verschneiden, damit die jeweiligen Unternehmensbereiche strukturiert auf mögliche Betroffenheiten durch heutige und zukünftige Klimafolgen analysiert werden können. Auf Basis dieser gemeinsamen Vorgehensentwicklung sollen die Entscheidungsträger:innen durch das Durchlaufen des Prozesses dazu befähigt werden, fundierte Klimastrategien zu erstellen, geeignete Anpassungsmaßnahmen zu entwickeln und diese umzusetzen.

Die einzelnen Phasen und ihre Zielsetzung sowie die darin zu bearbeitenden Fragen wurden vorgestellt und Handwerkszeug in Form von möglichen Methoden und bereits vorhandenen prototypischen Produkten des GERICS aufgezeigt, damit Unternehmen die Phasen mit Unterstützung durchlaufen zu können.

Um unternehmerische Investitionen in Zukunft stärker vor allem auch an Klimaschutz und Klimarisiken auszurichten, hat die EU-Kommission ein Klassifizierungssystem für ökonomische Aktivitäten („EU-Taxonomie“) verabschiedet (TEG 2020a; 2020b). Damit wird auch die Finanzierung von Unternehmen in Europa von dieser EU-Taxonomie beeinflusst. Sie soll Unternehmen dazu bewegen, offenzulegen, inwieweit bestimmte Geschäftsaktivitäten zur Anpassung beitragen und dadurch den Kapitalfluss zu Unternehmen erhöhen können, die sich an der Anpassung beteiligen (Kind und Kahlenborn 2020). Da die Anforderungen für viele Unternehmen von Bedeutung sind, finden sich in den Kapiteln auch Hinweise auf die relevanten Anforderungen, die sich aus der EU-Taxonomie für den entsprechenden Verfahrensschritt stellen.

Die Anwendung des GERICS-Prozessmodells hat für ein Unternehmen den Vorteil, sich mit der betrieblichen Betroffenheit durch Klimawandelfolgen auseinanderzusetzen, was auch im Rahmen des Umgangs mit den Anforderungen des 2022 in Kraft getretenen Klassifizierungssystems für nachhaltige Wirtschaftsaktivitäten („EU-Taxonomie“) von großer Bedeutung ist. Somit wird nicht nur ein Beitrag auf dem Weg zu einer Vereinheitlichung der klimabezogenen Berichterstattung geleistet, sondern zudem die Maßnahme 12 der Sustainable Finance Strategie „Unterstützung der Real- und Finanzwirtschaft bei der

Verbesserung des Risikomanagements von physischen Klimarisiken“ (BMF/BMU/BMWI 2021) adressiert. Über die Schadensvermeidung und -begrenzung hinaus, können die gewonnenen Erkenntnisse aus dem Durchlaufen des Prozessmodells auch einen Beitrag leisten, um die Transformation hin zu einer ressourcenschonenden, nachhaltigen, klimaneutralen und -angepassten Gesellschaft zu erreichen, womit insbesondere die Sustainable Development Goals 9, 11 und 13 adressiert werden.

Bei der prototypischen Entwicklung von unternehmensbezogenen Klimaservices hat es sich seitens der Praxispartner des GERICS in der Vergangenheit als gewinnbringend erweisen, dass zu den bereitgestellten Klimaänderungsinformationen eine Erläuterung durch GERICS-Mitarbeitende erfolgte, um die für das Unternehmen wichtigen Klimakennwerte zu identifizieren und auf die unterschiedlichen möglicherweise betroffenen Bereiche entlang der Wertschöpfungskette des Unternehmens (Produktion, Zulieferung, Lagerung, Vertrieb, Nachfrage, Reputation) zu beziehen. Von den Praxispartnern wurde im Feedback angemerkt, dass es für zukünftige Einsätze ohne eine Begleitung des GERICS eine Art „Übersetzungshilfe“ bräuchte, um die Erkenntnisse beispielsweise aus den Fact Sheets dann auf die Tätigkeitsbereiche des Unternehmens zu beziehen und für Entscheidungen über Anpassungsoptionen nutzbar zu machen. Aus diesem seitens der Unternehmen formulierten Erfordernis erwuchs das Produkt des GERICS-Prozessmodells.

Wie oben genannt, handelt es sich bei dem GERICS-Prozessmodell um einen prototypischen Prozess, der in der Anwendung in der Praxis je nach Vorwissen sowie der bereits vorhandenen Datengrundlage und Beobachtungsdaten variieren kann und immer auch Rückkopplungsschleifen von einer Phase zu anderen enthalten kann. Als Erfolgsfaktoren konnten in der bisherigen Anwendung die Folgenden identifiziert werden: In der Anwendung des Prozessmodells ist von Beginn an eine enge und vertrauensvolle Zusammenarbeit zwischen den beteiligten internen und externen Partnern für den Erfolg entscheidend. Zudem ist der Erfolg der Anwendung davon abhängig, die relevanten Personen im Unternehmen mit ihrer Erfahrung und ihrem impliziten Wissen in die Bewertung und Gewichtung der zu priorisierenden Handlungsbereiche und der Entwicklung passender Anpassungsmaßnahmen einzubinden.

Eine mögliche Weiterentwicklung des Prozessmodells wird von den Autor:innen darin gesehen, eine generalisierte Herangehensweise zur Interpretation der Klimadaten unabhängig von der Verfügbarkeit einer Expertin/eines Experten zu ermöglichen. Dies kann eine Storyline anhand eines Beispiels oder eines Leitfadens zur Interpretation der GERICS-Klimaausblicke auf Landkreisebene sein. Ein entsprechender Leitfaden ist teilweise bereits in dem GERICS-Klimaausblick auf Landkreisebene enthalten (Erläuterung zu Klimakennwerten, Klimaprojektionen und Robustheit sowie zu den im Klimaausblick dargestellten Klimaänderungsdiagrammen: Was kann ich aus einem Klimaausblick lesen?) und wird ergänzend derzeit aufgrund von Rückfragen und Feedbacksammlung aus Praxiseinsätzen des GERICS-Klimaausblicks auf Landkreisebene erstellt (FAQ-Sammlung), sodass in Zukunft im Rahmen des GERICS-Prozessmodells auch ein Format zur Verfügung steht, das Unternehmen eigenständig nutzen können, um Klimaanpassungsprozesse in ihrem Unternehmen anzustoßen.

Darüber hinaus wird ein Mehrwert des Prozessmodells darin gesehen, im Rahmen eines transdisziplinären Ko-Produktionsprozesses die Entwicklung von Anpassungsoptionen an die Folgen des Klimawandels mit transformativem Charakter (neue Formen der Zusammenarbeit, Erschließung neuer Aufgabenfelder, organisationsübergreifendes Denken und Handeln, Neu- und Systemdenken von Anpassungserfordernissen, Einbindung weiterer relevanter Akteure zur Bewältigung von Klimarisiken) voranzutreiben.

6. Literaturverzeichnis

Anchugina, N. (2017): A Simple Framework for the Axiomatization of Exponential and Quasi-Hyperbolic Discounting. *Theory and Decision* 82(2): 185–210. <https://arxiv.org/pdf/1511.06454.pdf>.

Attoh, E.M.N.A.N, K. de Bruin, H. Goosen, F. van Veldhoven and F. Ludwig, (2022): Making physical climate risk assessments relevant to the financial sector – Lessons learned from real estate cases in the Netherlands. In: *Climate Risk Management* 37 (2022) 100447. pp. 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2022.100447>.

Bals, S., M. Groth und T. Schomerus (2022): Towards an effective EU climate disclosure strategy? An ex-ante evaluation and derivation of an analytical framework, of criteria and indicators regarding the EU Commission's 2018 Action Plan on Financing Sustainable Growth and the 2018 Non-Financial Reporting Directive. *Leuphana Schriftenreihe Nachhaltigkeit & Recht* Nr. 27. Online abrufbar unter: https://www.leuphana.de/fileadmin/user_upload/Forschungseinrichtungen/ifus/professuren/energie-und-umweltrecht/Schriftenreihe/27_Schomerus_EU-climate_disclosure_strategy.pdf (Letzter Aufruf: 22.11.2023)

Bender, S., M. Groth, T. Wübbelmann und J. Bockbreder (2023a): Eine Starkregenmodellierung für zentrale Bereiche des Stadtgebiets Geesthacht unter Nutzung des Modells HEC-RAS, Climate Service Center Germany (GERICS), Hamburg. Online abrufbar unter: https://www.gerics.de/imperia/md/content/csc/gerics_city_series_4_geesthacht_report_hec-ras_2023_02_13_final.pdf (Letzter Aufruf: 19.01.2024)

Bender, S., M. Groth, M. Schubert-Frisius und J.-M. Gehrke (2023b): Eine Stadtklimamodellierung für zentrale Bereiche des Stadtgebiets Geesthacht unter Nutzung des Modells PALM-4U, Climate Service Center Germany (GERICS), Hamburg. Online abrufbar unter: https://www.gerics.de/imperia/md/content/csc/gerics_city_series_5_report_palm-4u_final_2023_02_14.pdf (Letzter Aufruf: 19.01.2024).

Bleichrodt, H., K.I.M. Rohde and P.P. Wakker (2008): "Koopmans' Constant Discounting for Intertemporal Choice: A Simplification and a Generalization." In: *Journal of Mathematical Psychology* 52(6): 341–347. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmp.2008.05.003>.

Bours, D., C. McGinn and P. Pringle (2015): Editors' Notes. In: Bours, D, C. McGinn and P. Pringle (Hg.) (2015): *Monitoring and Evaluation of Climate Change Adaptation: A Review of the Landscape: New Directions for Evaluation*, Number 147.

Brüggemann, A. und E. Grewenig (2023): Globale Erderwärmung schreitet voran: 41 % der deutschen Unternehmen aktuell oder perspektivisch vom Klimawandel betroffen. *KfW-Research. Fokus Volkswirtschaft*. Nr. 430, 23. Juni 2023. Online abrufbar unter: <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Fokus-Volkswirtschaft/Fokus-2023/Fokus-Nr.-430-Juni-2023-Klimaanpassung.pdf> (Letzter Aufruf: 24.07.2023)

Bundesministerium der Finanzen; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit; Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMF/BMUV/BMWI) (Hg.) (2021): Deutsche Sustainable Finance Strategie.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) (2021): Merkblatt Nachhaltiges Anpassungsmanagement. Online abrufbar unter: https://www.zug.org/fileadmin/zug/Dateien/Foerderprorgamme/DAS_Anpassung_an_den_Klimawande/DAS_Merkblatt_nachhaltiges_Anpassungsmanagement.pdf (Letzter Aufruf: 29.06.2023).

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (2022): Aktionsplan zum Dialog- und Arbeitsprozess Mittelstand, Klimaschutz und Transformation. Online abrufbar unter: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Klimaschutz/aktionsplan-zum-dialog-und-arbeitsprozess-mittelstand-klimaschutz-und-transformation.pdf?__blob=publicationFile&v=8 (Letzter Aufruf: 13.10.2023)

Bundesverfassungsgericht – BVerfG (2021): Beschluss des Ersten Senats vom 24. März 2021. 1 BvR 2656/18 -, Rn. 1-270. Online abrufbar unter: https://www.bundesverfassungsgericht.de/e/rs20210324_1bvr265618.html (Letzter Aufruf: 13.10.2023)

Carney, M. (2018): A Transition in Thinking and Action. Speech at Amsterdam, Netherlands, (April 6, 2018). International Climate Risk Conference for Supervisors, De Nederlandsche Bank. Online abrufbar unter: <https://www.bankofengland.co.uk/-/media/boe/files/speech/2018/a-transition-in-thinking-and-action-speech-by-mark-carney.pdf> (Letzter Aufruf: 13.10.2023)

Carney, M. (2016): Resolving the Climate Paradox. Speech at Berlin. (September 22, 2016). Arthur Burns Memorial Lecture. Online abrufbar unter: <https://www.bis.org/review/r160926h.pdf>. (Letzter Aufruf: 13.10.2023)

Carney, M. (2015): Breaking the Tragedy of the Horizon – Climate Change and Financial Stability. Speech at Lloyd's of London, England, (September 29, 2015). Online abrufbar unter: <https://www.bis.org/review/r151009a.pdf> (Letzter Aufruf: 13.10.2023)

CDP Worldwide. 2017. "CDP Climate Change Report 2017: Paving the Road to Mandatory Environmental Disclosure." October 2017. Online abrufbar unter: <http://cdpturkey.sabanciuniv.edu/sites/cdpturkey.sabanciuniv.edu/files/blogs/cdp-turkey-climate-changereport-2016.pdf>. (Letzter Aufruf: 13.10.2023)

Cissé, G., R. McLeman, H. Adams, P. Aldunce, K. Bowen, D. Campbell-Lendrum, S. Clayton, K.L. Ebi, J. Hess, C. Huang, Q. Liu, G. McGregor, J. Semenza, and M.C. Tirado (2022): Health, Wellbeing, and the Changing Structure of Communities. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 1041–1170, doi:10.1017/9781009325844.009.

Chichilnisky, G. (2016): Sustainable Markets with Short Sales. In: The Economics of the Global Environment, Chichilnisky, G. and A. Rezai (ed.), Switzerland: Springer Nature, pp. 147-162.

Common, M. und S. Stagl (2005): Ecological Economics. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Cook, B.I., J.E. Smerdon, E.R. Cook, A.P. Williams, K.J. Anchukaitis, J.S. Mankin, ... and E.K. Wise (2022). Megadroughts in the Common Era and the Anthropocene. In: Nature Reviews Earth & Environment, 3(11), pp.741-757.

co2ncept plus – Verband der Wirtschaft für Emissionshandel und Klimaschutz e.V. (o.J.): Leitfaden Klimarisikomanagement 2050 – Betriebliche Klimarisikostrategie Step-by-Step entwickeln. Online abrufbar unter: https://www.climate-challenge.de/_files/ugd/00d8c3_63d96ad2e246433da7c69e8b33df26c7.pdf (Letzter Aufruf: 29.06.2023)

Deuschländer, T. und H. Mächel (2017): Temperatur inklusive Hitzewellen. In: Brasseur, G. P., D. Jacob, S. Schuck-Zöller (2017): Klimawandel in Deutschland. Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven, S. 48-56.

DIN EN ISO 14091:2021-07 (DIN ISO 14091:2021): Anpassung an den Klimawandel - Vulnerabilität, Auswirkungen und Risikobewertung. Deutsche Fassung EN ISO 14091:2021. <https://dx.doi.org/10.31030/3215272>

DIN ISO 31000:2018-10 (DIN ISO 31000:2018): Risikomanagement – Leitlinien. Deutsche Fassung. <https://dx.doi.org/10.31030/2880923>

Dinshaw, A., S. Fisher, H. McGray, N. Rai and J. Schaar (2014): Monitoring and Evaluation of Climate Change Adaptation: Methodological Approaches. OECD Environment Working Papers No. 74. <https://doi.org/10.1787/5jxrclr0ntjd-en>

Dorsch, L.; C. Kind, D. Fleischmann, T. Loew und I. Schauser (2022): Durchführung einer robusten Klimarisiko- und Vulnerabilitätsanalyse nach EU Taxonomie. Empfehlungen für Unternehmen. Online abrufbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/factsheet_durchfuehrung_einer_robusten_klimarisiko-_und_vulnerabilitaetsanalyse_nach_eu_taxonomie.pdf (Letzter Aufruf: 13.10.2023)

DWD (2017): Nationaler Klimareport (3. Korr. Auflage). Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main.

Edenhofer, O., M. Franks und M. Kalkuhl (2021): Pigou in the 21st Century: a tribute on the occasion of the 100th anniversary of the publication of The Economics of Welfare. In: International Tax and Public Finance 28, 5, pp. 1090-1121.

Eisenack, K.; S.C. Moser; E. Hoffmann, R J.T. Klein, C. Oberlack, A. Pechan, M. Rotter und C.J.A.M. Termeer (2014): Explaining and overcoming barriers to climate change adaptation. In: Nature Climate Change, Vol. 4, pp. 867–872.

EU High-level Expert Group on Sustainable Finance (HLEG) (2018). "Financing a Sustainable European Economy." Final Report 2018. Online abrufbar unter: https://finance.ec.europa.eu/system/files/2018-01/180131-sustainable-finance-final-report_en.pdf (Letzter Aufruf: 13.10.2023)

Europäische Kommission (2021a): DELEGIERTE VERORDNUNG (EU) 2021/2139 DER KOMMISSION vom 4. Juni 2021 zur Ergänzung der Verordnung (EU) 2020/852 des Europäischen Parlaments und des Rates durch Festlegung der technischen Bewertungskriterien, anhand deren bestimmt wird, unter welchen Bedingungen davon auszugehen ist, dass eine Wirtschaftstätigkeit einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz oder zur Anpassung an den Klimawandel leistet, und anhand deren bestimmt wird, ob diese Wirtschaftstätigkeit erhebliche Beeinträchtigungen eines der übrigen Umweltziele vermeidet. Online abrufbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R2139> (letzter Aufruf: 28.06.2023).

Europäische Kommission (2021b): Nachhaltiges Finanzwesen und EU-Taxonomie: Kommission unternimmt weitere Schritte, um Geld in nachhaltige Tätigkeiten zu lenken. Pressemitteilung 21. April 2021. Brüssel. Online abrufbar unter: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/ip_21_1804 (Letzter Aufruf: 13.10.2023)

Europäische Kommission (2019): MITTEILUNG DER KOMMISSION. Leitlinien für die Berichterstattung über nichtfinanzielle Informationen: Nachtrag zur klimabezogenen Berichterstattung (2019/C 209/01). Online abrufbar unter: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/de/TXT/PDF/?uri=CELEX:52019XC0620\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/de/TXT/PDF/?uri=CELEX:52019XC0620(01)) (Letzter Aufruf: 13.10.2023)

Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (2022): RICHTLINIE (EU) 2022/2464 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 14. Dezember 2022 zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 537/2014 und der Richtlinien 2004/109/EG, 2006/43/EG und 2013/34/EU hinsichtlich der Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen. Online abrufbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022L2464> (Letzter Aufruf: 28.06.2023).

Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (2020): Verordnung (EU) 2020/852 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Juni 2020 über die Einrichtung eines Rahmens zur Erleichterung nachhaltiger Investitionen und zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/2088 (Taxonomie-Verordnung). Online abrufbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R0852&qid=1687962004510> (Letzter Aufruf: 28.06.2023).

Europäische Zentralbank (EZB) (2020): Leitfaden zu Klima- und Umweltrisiken Erwartungen der Aufsicht in Bezug auf Risikomanagement und Offenlegungen. Online abrufbar unter: <https://www.bankingsupervision.europa.eu/ecb/pub/pdf/ssm.202011finalguideonclimate-relatedandenvironmentalrisks~58213f6564.de.pdf> (Letzter Aufruf: 30.06.2023)

European Climate and Health Observatory (2022): Exposure of vulnerable groups and facilities to flooding and heat. Online abrufbar unter: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/observatory> (Letzter Aufruf: 13.10.2023)

European Environmental Agency (EEA) (2018a): Unequal exposure and unequal impacts: social vulnerability to air pollution, noise and extreme temperatures in Europe. EEA Report No 22/2018.

European Environmental Agency (EEA) (2018b): National climate change vulnerability and risk assessments in Europe. EEA Report no. 1/2018. Online abrufbar unter: <https://www.eea.europa.eu/publications/national-climate-change-vulnerability-2018> (Letzter Aufruf: 24.07.2023).

European Environmental Agency (EEA) (o.J.): Climate Adaptation Support Tool. Online abrufbar unter: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/knowledge/tools/adaptation-support-tool> (Letzter Aufruf: 24.07.2023).

European Union (2023a): Sustainable finance. Investing in a sustainable future. Online abrufbar unter: https://finance.ec.europa.eu/system/files/2023-06/230613-sustainable-finance-factsheet_en_0.pdf (Letzter Aufruf: 10.10.2023).

European Union (2023b): A user guide to navigate the EU taxonomy for sustainable activities. Online abrufbar unter: <https://ec.europa.eu/sustainable-finance-taxonomy/assets/documents/Taxonomy%20User%20Guide.pdf> (Letzter Aufruf: 10.10.2023).

Fernández-Olit, B., M. de la Cuesta-González and F.P. Holgado (2018): Social and Environmental Responsibility in the Banking Industry: A Focus on Commercial Business. In: Walker, T., S. Kibsey, and R. Crichton (eds.): *Designing a Sustainable Financial System: Development Goals and Socio-Ecological Responsibility*. Cham, Switzerland: Springer Nature, pp. 65–88.

Fischer, E.M. and R. Knutti (2016): Observed heavy precipitation increase confirms theory and early models. In: *Nature Clim. Change* 6, pp. 986–991.

Frank, R. and E. Cartwright (2013): *Microeconomics and Behaviour*. New York, NY: Mc Graw Hill Education.

Freimann, J., C. Mauritz und M. Walther (2014): Ansatzpunkte für ein strategisches Klimaanpassungsmanagement. In: M. Mahammadzadeh, H. Bardt, H. Biebeler, E. Chrischikkes und J. Striebeck (Hg.): *Unternehmensstrategien zur Anpassung an den Klimawandel. Theoretische Zugänge und empirische Befunde. KLIMZUG Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten. Band 4*.

GERICS (2023): Mögliche Betroffenheiten des Verkehrssektors durch Klimafolgen. Climate Service Center Germany (GERICS). Hamburg, unveröffentlichtes Manuskript.

GERICS (2020): Gesundheit und Klimawandel. 2. Überarbeitete Auflage. Climate Service Center Germany (GERICS). Online abrufbar unter: https://www.gerics.de/imperia/md/content/csc/gerics/gerics_broschuere_gesundheit_und_klimawandel_2020_1.pdf (Letzter Aufruf: 13.10.2023).

Gianfrate, G. (2018): Designing Carbon-Neutral Investment Portfolios. In: Walker, T., S. Kibsey, and R. Crichton (eds.): Designing a Sustainable Financial System: Development Goals and Socio-Ecological Responsibility, Cham, Switzerland: Springer Nature, pp. 151–172.

Giorgi, F., F. Raffaele and E. Coppola (2019): The response of precipitation characteristics to global warming from climate projections. In: Earth Syst. Dynam., 10, pp. 73–89.

Giorgi, F., E.-S. Im, E. Coppola, N.S. Diffenbaugh, X.J. Gao, L. Mariotti and Y. Shi (2011): Higher Hydroclimatic Intensity with Global Warming. In: Journal of Climate, 24, 20, pp. 5309–5324.

GIZ and EURAC (2017): Risk Supplement to the Vulnerability Sourcebook. Guidance on how to apply the Vulnerability Sourcebook's approach with the new IPCC AR5 concept of climate risk. Bonn: GIZ. Online abrufbar unter: https://www.adaptationcommunity.net/wp-content/uploads/2017/10/GIZ-2017_Risk-Supplement-to-the-Vulnerability-Sourcebook.pdf (Letzter Aufruf: 24.07.2023).

Groth, M., S. Bender, P. Seipold and E. Viktor (2022): Awareness about the Relevance of Cascading Effects in Urban Critical Infrastructure Networks under Climate Change – a Participatory Impact Matrix Approach. In: Proceedings of REAL CORP 2022. 27th International Conference on Urban Planning and Regional Development in the Information Society, Wien, pp. 121-130.

Groth, M. und P. Seipold (2020): Business Strategies and Climate Change—Prototype Development and Testing of a User Specific Climate Service Product for Companies In: Leal Filho, W. und D. Jacob (eds): Handbook of Climate Services: pp. 51-66.

Groth, M. und P. Seipold (2017): Prototypische Entwicklung eines Sensibilisierungs- und Analyseansatzes zur unternehmerischen Anpassung an die Folgen des Klimawandels. In: uwf UmweltWirtschaftsForum / Sustainability Management Forum. uwf (2017) 25: S. 203-211.

Groth, M. und S. Baumgärtner (2009): Pigous Beitrag zur Nachhaltigkeit – Eine Würdigung zum 50. Todestag. Wirtschaftsdienst – Zeitschrift für Wirtschaftspolitik: S. 419-424.

Hahn, R., S. Reimsbach and F. Schiemann (2015): Organizations, Climate Change, and Transparency: Reviewing the Literature on Carbon Disclosure. In: Organization and Environment 28(1): pp. 80–102.

Hanefeld, C., R. Klaassen-Mielke, J. Miebach, S. Muthers, A. Haschemi, H. Trampisch, C. Kloppe, A. Matzarakis, C. Krogias und C. Schröder (2019): Einfluss von Wetterextrema auf Einsatzzahlen im Notarzdienst. Medizinische Klinik – Intensivmedizin und Notfallmedizin, 116, S. 154-160: <https://doi.org/10.1007/s00063-019-00641-7>.

Herrmann, J. and E. Guenther (2017). Exploring a scale of organizational barriers for enterprises' climate change adaptation strategies. In: *Journal of Cleaner Production*, 160, pp. 38–49.

Hurrelmann, K., L. Becker, K. Fichter, M. Mohammadzadeh und A. Seela (Hrsg.) (2018): *Klima-LO: Klimaanpassungsmanagement in Lernenden Organisationen*. Oldenburg, Köln.

IPCC (2023a): Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001

IPCC (2023b): Annex I: Glossary [Reisinger, A., D. Cammarano, A. Fischlin, J.S. Fuglestvedt, G. Hansen, Y. Jung, C. Ludden, V. Masson-Delmotte, R. Matthews, J.B.K Mintonbeck, D.J. Orendain, A. Pirani, E. Poloczanska, and J. Romero (eds.)]. In: *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 119-130, doi:10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.002.

IPCC (2022a): Summary for Policymakers [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintonbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösche, V. Möller, A. Okem (eds.)]. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintonbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösche, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3-33, doi:10.1017/9781009325844.001.

IPCC (2022b): Annex I: Glossary [van Diemen, R., J.B.R. Matthews, V. Möller, J.S. Fuglestvedt, V. Masson-Delmotte, C. Méndez, A. Reisinger, S. Semenov (eds.)]. In *IPCC, 2022: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926.020.

IPCC (2021): *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University.

IPCC (2018): Summary for Policymakers. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-

Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 pp.

Jacob, D., K. Görl, M. Groth, K. Haustein, D. Rechid, K. Sieck und M. Wolff (2021): Naturwissenschaftlicher Hintergrund der Erderwärmung: Wo stehen wir zurzeit? In: Wirtschaftsdienst – Zeitschrift für Wirtschaftspolitik, 101 (5), S. 330-334.

Kahlenborn, W., L. Porst, M. Voß, U. Fritsch, K. Renner, M. Zebisch, M. Wolf, K. Schönthaler und I. Schauer (2021): Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland. Kurzfassung. UBA Climate Change 26/2021. Online abrufbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-06-10_cc_26-2021_kwra2021_kurzfassung.pdf (Letzter Aufruf: 13.10.2023)

Kaspar, F., K. Friedrich und F. Imbery (2020): 2019 global zweitwärmstes Jahr: Temperaturentwicklung in Deutschland im globalen Kontext. Deutscher Wetterdienst. Online abrufbar unter: https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/temperatur/20200128_vergleich_de_global.pdf;jsessionid=89602D4244C99BD3B6B3078B7BAEA6B4.live31084?__blob=publicationFile&v=4 (Letzter Aufruf: 13.10.2023).

Kind, C. und W. Kahlenborn (2020): Adaptation Finance and the EU Taxonomy. Adelphi, Fraunhofer IAIS, Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR), ICLEI. Berlin.

Klepper, G.; W. Rickels, O. Schenker, R. Schwarze, H. Bardt, H. Biebler, M. Mahammadzadeh und S. Schulze (2017). Kosten des Klimawandels und Auswirkungen auf die Wirtschaft. In: Brasseur, G., D. Jacob und S. Schuck-Zöller (Hg.) Klimawandel in Deutschland. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-50397-3_25.

Knutzen, F., P. Averbeck, C. Barrasso, L. M. Bouwer, B. Gardiner, J. M. Grünzweig, S. Hänel, K. Haustein, M. R. Johannessen, S. Kollet, J.-P. Pietikaeinen, K. Pietras-Couffignal, J. G. Pinto, D. Rechid, E. Rousi, A. Russo, L. Suarez-Gutierrez, J. Wendler, E. Xoplaki and D. Gliksman (2023): Impacts and damages of the European multi-year drought and heat event 2018–2022 on forests, a review, EGU sphere [preprint], <https://doi.org/10.5194/egusphere-2023-1463>.

Kolk, A., D. Levy and J. Pinkse (2008): Corporate Responses in an Emerging Climate Regime: The Institutionalisation and Commensuration of Carbon Disclosure. In: European Accounting Review 17(4): pp. 719–745.

Laranjeira, K.; J.-A. Harrs, L. Dalitz, V. Meilinger und A. Huck (2021): Bestandsaufnahme zur Anpassungsforschung und -praxis in Deutschland. Online abrufbar unter: https://www.regiklim.de/SharedDocs/Downloads/DE/Dokumente/wirksam_bestandsaufnahme_anpassungsforschung.pdf?__blob=publicationFile&v=5 (Letzter Aufruf 20.07.2023)

Lessmann, K. und F. Schütze (2022): Der Finanzsektor als Klimaschützer? Das Potenzial von Sustainable Finance. Hintergrundpapier zum 11. Forum Klimaökonomie.

Loew, T. und C. Kind (2023): Physische Risiken managen – Eine Einführung für Unternehmen. Umweltbundesamt. Online abrufbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/physische-klimarisiken-managen> (Letzter Aufruf: 27.11.2023).

Loew, T., S. Braun, J. Fleischmann, M. F. Matthias; A. Klein, S. Rink und L. Hensel (2021): Management von Klimarisiken in Unternehmen: Politische Entwicklungen, Konzepte und Berichtspraxis. Teilbericht. Online abrufbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021_02_01_cc_05-2021_management_klimarisiken_0.pdf (Letzter Aufruf: 29.06.2023).

Lühr, O., J. Lambert, J.-P. Kramer und M. Nies (2014): Das Management von Klimarisiken in Unternehmen. Eine Betrachtung aus Sicht der Supply Chain. In: M. Mohammadzadeh, H. Bardt, H. Biebeler, E. Chrischilles und J. Striebeck (Hg.): Unternehmensstrategien zur Anpassung an den Klimawandel. Theoretische Zugänge und empirische Befunde. KLIMZUG Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten. Band 4.

Mahammadzadeh, M. (2011): Risikomanagement: Bewältigung von Klimarisiken in Unternehmen – Bedeutung und Möglichkeiten. In: *uwf* (2011) 19, S. 101–108.

Merz, B., H. Kreibich, A. Thieken und S. Vorogushyn (2021): Überraschende Hochwasserereignisse: Lehren für Risikoanalysen. - Notfallvorsorge: die Zeitschrift für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, 52, 3, S. 19-23.

Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (2022): Umweltwirtschaftsbericht 2022. Online abrufbar unter: https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/NRW_Umweltwirtschaftsbericht_2022.pdf (Letzter Aufruf am 24.07.2023)

Musayelyan, I.K.; A.V. Raychenko; G. R. Latfullin, V. V. Maslennikov and A. N. Horin (2020): Management Cycles: Their Concept, Essence and Role in Modern Economy. In: *TEM Journal*. Volume 9, Issue 2, pp. 625-632.

Muthers, S., G. Laschewski and A. Matzarakis (2017): The summers 2003 and 2015 in south-west Germany: heat waves and heat-related mortality in the context of climate change. In: *Atmosphere* 8, S. 1-13.

Niewind, J. (2022): Maßnahmenkatalog: Nachhaltige Klimaanpassung im Weinbau der Mittelmosel. Mosel-AdapTiV Ergebnisbericht 4. Governance and Sustainability Lab. Universität Trier. Trier.

Palin, E. J., I. Stipanovic Oslakovic, K. Gavin and A. Quinn (2021): Implications of climate change for railway infrastructure. *WIREs Climate Change*. Volume 12, Issue 5. <https://doi.org/10.1002/wcc.728>

Papalexiou, S.M. and A. Montanari (2019): Global and Regional Increase of Precipitation Extremes under Global Warming. In: *Water Resources Research*, 55, pp. 4901–491.

Paris Agreement (2015): United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). 2015. Conference of the Parties on its twenty-first session Paris Agreement of 12 December 2015. Online abrufbar unter: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf> (Letzter Aufruf 13.10.2023)

Pfeifer, S., S. Bathiany und D. Rechid (2021): Klimaausblicke für Landkreise. Online abrufbar unter: https://gerics.de/products_and_publications/fact_sheets/landkreise/index.php.de (Letzter Aufruf: 13.10.2023)

Pigou, A.C. (1921): *Wealth and Welfare*, London. 1912.

Porst, L., M. Voß, W. Kahlenborn and I. Schauser (2022): Klimarisikoanalysen auf kommunaler Ebene. Handlungsempfehlungen zur Umsetzung der ISO 14091. Umweltbundesamt. Online abrufbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/2022_uba-fachbroschuere_kra_auf_kommunaler_ebene.pdf (Letzter Aufruf 17.11.2023).

Pröbstl-Haider, U., D. Lund-Durlacher, M. Olefs und F. Pretenthaler (Hrsg.) (2021): *Tourismus und Klimawandel*.

Rechid D., L.M. Bouwer, P. Bowyer, P. Seipold (2020): Criteria for the evaluation of climate information for use in climate risk analyses and project design. Unveröffentlichtes Bewertungstool zur Qualität von Klimaänderungsinformationen aus Projektarbeit mit der KfW Entwicklungsbank.

Rechid D, S. Bathiany und S. Pfeifer (2021): *GERICS Climate Outlook at county level*. EBook. Open Access Government. November 2021.

Reisinger, A., M. Howden, C. Vera, et al. (2020) *The Concept of Risk in the IPCC Sixth Assessment Report: A Summary of Cross-Working Group Discussions*. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland, pp. 15.

Schlepphorst, S.; M. Rieger-Fels, C. Dienes, M. Holz, H.-J. Wolter (2023): Anpassung an den Klimawandel: Spezifische Herausforderungen für KMU. IfM-Materialien Nr. 297. Online abrufbar unter: https://www.ifm-bonn.org/fileadmin/data/redaktion/publikationen/ifm_materialien/dokumente/IfM-Materialien-297_2023.pdf (Letzter Aufruf am: 20.07.2023)

Schuck-Zöllner, S., J. Cortekar und D. Jacob (2018): Evaluation transdisziplinärer Forschung und deren Rahmenbedingungen. Vorüberlegungen zur Nutzung im Bereich von Klimaschutz In: *fteval Journal* 45/2018, S. 28-37. Online abrufbar unter: https://www.fteval.at/content/home/journal/aktuelles/ausgabe_45/fteval_Journal45_WEB.pdf

Schütze, F. (2022): Nachhaltigkeitsberichterstattung: Wie die Offenlegung zukunftsorientierter Indikatoren die Transition in der Breite ermöglichen kann. Impulspapier zum 11. Forum Klimaökonomie.

Senf, C. and R. Seidl (2021): Storm and fire disturbances in Europe: Distribution and trends. *Global change biology*, 27(15), pp. 3605-3619.

Sidgwick, H. (1891): *Elements of Politics*, London 1891; M. G. O'Donnell: Pigou: An extension of Sidgwickian thought. In: *History of Political Economy*, 1979, S. 588-605.

Statistisches Bundesamt (2022): Gütertransport in der Binnenschifffahrt 2022 so niedrig wie noch nie seit der deutschen Vereinigung. Pressemitteilung Nr. 119 vom 27. März 2023. Online abrufbar unter: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/03/PD23_119_463.html (Letzter Aufruf: 24.07.2023).

Stiglitz, J. and A. Weiss (1981): Credit Rationing in Markets with Imperfect Competition. In: *American Economic Review*, Vol. 71 Nr. 3, pp. 393–410.

Sustainable Finance-Beirat der Bundesregierung. (2020). Die Bedeutung einer nachhaltigen Finanzwirtschaft für die große Transformation. Zwischenbericht. Online abrufbar unter: https://sustainable-finance-beirat.de/wp-content/uploads/2020/03/200306_SFB-Zwischenbericht_DE.pdf (Letzter Aufruf: 13.10.2023)

Task Force on Climate-Related Financial Disclosures (TCFD) (2017): Final Report: Recommendations of the Task Force on Climate Related Financial Disclosures. June 2017. Online abrufbar unter: <https://www.fsb.org/wp-content/uploads/P290617-5.pdf> (Letzter Aufruf: 13.10.2023)

Täger, M. (2021): 'Double materiality': what is it and why does it matter? Commentary. Online abrufbar unter: <https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/news/double-materiality-what-is-it-and-why-does-it-matter/> (Letzter Aufruf: 13.10.2023)

Technical Expert Group on Sustainable Finance (TEG) (2020a): Taxonomy: Final report of the Technical Expert Group on Sustainable Finance. Online abrufbar unter: https://finance.ec.europa.eu/system/files/2020-03/200309-sustainable-finance-teg-final-report-taxonomy_en.pdf (Letzter Aufruf 29.06.2023)

Technical Expert Group on Sustainable Finance (TEG) (2020b): Financing a sustainable European economy. Taxonomy Report – Technical Annex. Updated methodology & Updated Technical Screening Criteria. Online abrufbar unter: https://finance.ec.europa.eu/system/files/2020-03/200309-sustainable-finance-teg-final-report-taxonomy-annexes_en.pdf (Letzter Aufruf: 13.10.2023)

Trenczek, J., O. Lühr, L. Eiserbeck, M. Sandhövel und V. Leuschner (2022a): Übersicht vergangener Extremweterschäden in Deutschland. Methodik und Erstellung einer Schadensübersicht. Projektbericht „Kosten durch Klimawandelfolgen“. Online abrufbar unter: https://www.prognos.com/sites/default/files/2022-07/Prognos_KlimawandelfolgenDeutschland_%C3%9Cbersicht%20vergangener%20Extremwetersch%C3%A4den_AP2_1.pdf (Letzter Aufruf: 13.10.2023)

Trenczek, J., O. Lühr, L. Eiserbeck und V. Leuschner (2022b): Schadenswirkungen von Überschwemmungen und Sturzfluten sowie Hitze und Dürre. Ein Vergleich der Extremereignistypen. Projektbericht „Kosten durch Klimawandelfolgen“: Online abrufbar unter: https://www.prognos.com/sites/default/files/2022-07/Prognos_KlimawandelfolgenDeutschland_Vergleich%20Flut%20und%20Hitze_AP2_3c.pdf . (Letzter Aufruf: 13.10.2023)

Trenczek, J., O. Lühr, L. Eiserbeck und V. Leuschner (2022c): Projektbericht „Kosten durch Klimawandelfolgen“ - Schäden der Sturzfluten und Überschwemmungen im Juli 2021 in Deutschland. Eine ex-post-Analyse. Online abrufbar unter: https://www.prognos.com/sites/default/files/2022-07/Prognos_KlimawandelfolgenDeutschland_Detailuntersuchung%20Flut_AP2_3b_.pdf (Letzter Aufruf: 25.07.2023)

Umweltbundesamt (UBA) (2022): Klimalotse 3.0 Online abrufbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/werkzeuge-der-anpassung/klimalotse> (Letzter Aufruf: 13.10.2023)

Umweltbundesamt (UBA) (Hg). (2019): Monitoringbericht 2019 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung. Online abrufbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/das_monitoringbericht_2019_barrierefrei.pdf (Letzter Aufruf: 13.10.2023)

Umweltbundesamt (UBA) (2016): Klimawirkungsketten. Online abrufbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/380/dokumente/klimawirkungsketten_umweltbundesamt_2016.pdf (Letzter Aufruf: 24.07.2023).

UNDRR (2022): Technical Guidance on Comprehensive Risk Assessment and Planning in the Context of Climate Change. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Online abrufbar unter: <https://www.undrr.org/publication/technical-guidance-comprehensive-risk-assessment-and-planning-context-climate-change> (Letzter Aufruf: 28.08.2023)

Vacek, Z., S. Vacek, and J. Cukor (2023). European forests under global climate change: Review of tree growth processes, crises and management strategies. In: *Journal of Environmental Management*, 332, 117353.

Vogel, J., E. Paton, V. Aich and A. Bronstert (2021): Increasing compound warm spells and droughts in the Mediterranean Basin. In: *Weather and Climate Extremes* 32 (2021) 100312.

Weber, O. (2018): Financial Sector Sustainability Regulations and Voluntary Code of Conduct: Do They Help to Create a More Sustainable Financial System? In: Walker T., S. Kibsey, and R. Crichton (eds.) *Designing a Sustainable Financial System: Development Goals and Socio-Ecological Responsibility*. Cham, Switzerland: Springer Nature, pp. 383–404.

Westra, S., H.J. Fowler, J.P. Evans, L.V. Alexander, P. Berg, F. Johnson, E.J. Kendon, G. Lenderik, G. and N.M. Roberts (2014): Future Changes to the Intensity and Frequency of Short-Duration Extreme Rainfall. In: *Rev. Geophys.*, 52, pp. 522–555.

7. Anhang A - Mögliche Folgen aus klimabedingten Risiken für Unternehmen mit Erläuterung

Mögliche Folgen aus klimabedingten Risiken für Unternehmen mit Erläuterung. (Eigene Zusammenstellung und Kategorisierung (erste Spalte) auf Basis der in der zweiten Spalte benannten Quellen)

<p>Physische Auswirkungen der Folgen des Klimawandels</p>	<p>Physische Risiken (z.B. TCFD 2017, EU-Kommission 2019)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Die klimabedingten Folgen, die sich für die Bereiche Rohstoffgewinnung, Lieferketten, Produktions-, Verwaltungs- und Lagerstandorten, sowie auch für die Gesundheit und Arbeitssicherheit von Mitarbeiter:innen ergeben. Diese bestehen sowohl akut in Form von Extremwetterereignissen als auch in Form von schleichenden Prozessen, wie z.B. dem Meeresspiegelanstieg und veränderten Niederschlagsmuster. <p>Akute physische Risiken (z.B. EU-Kommission 2019, Reisinger et al. 2020)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aufgrund bestimmter ereignisorientierter Vorfälle, kurzfristig auftretend, insbesondere witterungsbedingter Ereignisse wie Stürme, Überschwemmungen, Brände und Hitzewellen: Beschädigung von Fertigungsanlagen, Unterbrechung der Lieferkette <p>Chronische physische Risiken (z.B. EU-Kommission 2019, Reisinger et al. 2020)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Längerfristige, oft schleichende Änderungen des Klimas und seine Folgen (z.B. Temperaturveränderungen, steigender Meeresspiegel, geringere Wasserverfügbarkeit, Veränderung der Ertragsfähigkeit von Böden)
<p>Gesundheitliche Auswirkungen der Folgen des Klimawandels</p>	<p>körperliche Gesundheit (z.B. GERICS 2020, Loew et al. 2021, Cissé et al. 2022)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Risiken für Mitarbeiter:innen, die im Freien arbeiten oder in Räumlichkeiten, die sich bei Sonneneinstrahlung stark aufheizen ▪ Direkte Risiken für Leib und Leben der Mitarbeiter:innen und Kund:innen durch Extremwetterereignisse wie Sturmfluten

	<p>und Überschwemmungen, Hitzewellen und Waldbrände, Winterstürme und Starkregen</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ gesundheitlichen Auswirkungen z.B. von Hitzeeinwirkung und hitzebedingt schlechtem Schlaf können Leistung und Einsatzfähigkeit von Personal verringern und mehr Ausfallzeiten entstehen lassen ▪ Vermehrte Sonnen- und UV-Einstrahlung erhöhen das Risiko für Erkrankungen der Haut und der Augen ▪ Indirekte Risiken durch Schaden an Infrastruktur und Anlagen z.B. können Schadstoffe in Flüsse strömen oder im umliegenden Boden versickern und so das Trinkwasser belasten
	<p>psychische Gesundheit (z.B. GERICS 2020, Loew et al. 2021, Cissé et al. 2022)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Verschlechterung der psychischen Gesundheit durch Erleben oder Beobachten der Auswirkungen des Klimawandels auf andere ▪ Posttraumatische Belastungsstörungen, Angstzustände, Panikattacken, Schlafstörungen, Konzentrations- und Lernstörungen, Depressionen, Aggressionen u.a. können Folgen von Extremereignissen sein
<p>Auswirkungen des Übergangs zu einer klimafreundlichen Wirtschaftsweise</p>	<p>Transitorische Risiken (z.B. TCFD 2017, EU-Kommission 2019)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Risiken, mit denen Unternehmen durch den Übergang zu einer kohlenstoffarmen und klimaresilienten Wirtschaft konfrontiert werden. So können die unternehmenseigene Wirtschaftsweise, das Geschäftsmodell oder Produkte, die bisher erfolgreich waren, in der Wirtschaft der Zukunft in Frage gestellt werden. Hier können beispielsweise Verteuerungen durch CO₂-Preise auf fossile Energieträger, höhere Energieeffizienzanforderungen an Gebäude und Produktionsstätten, aber auch eine veränderte Nachfrage nach insbesondere klimafreundlichen Produkten zum Tragen kommen. Darüber hinaus können sich negative Konsequenzen bei fehlender oder abweichender Konformität der Unternehmenstätigkeiten mit den Klimazielen aus Gesetzen und Regularien ergeben. Sie können also politische, rechtliche, technologische Risiken sowie Markt- und Reputationsrisiken umfassen.

**Marktliche
Auswirkungen der
Folgen des
Klimawandels**

Operationelle Risiken

(z.B. EZB 2020)

- z.B. Beeinträchtigung der Aufrechterhaltung des Geschäftsbetriebs durch Klima- und Umweltereignisse

Technologische Risiken

(z.B. EU-Kommission 2019, Reisinger et al. 2020)

- z.B. beim Vertrauen auf eine Technologie, die dann für die Erzielung eines Ergebnisses nicht verfügbar oder einsatzbereit ist
- Ebenfalls für den Fall, dass eine für das Klima schädliche eigene Technologie bei Mitbewerber:innen durch eine Technologie mit weniger schädlichen Auswirkungen auf das Klima ersetzt wird.

Marktrisiken

(z.B. EU-Kommission 2019, BMF/BMUV/BMWI 2021)

- z.B. Verlagerung von Kaufentscheidungen von Verbraucher:innen und Geschäftskund:innen auf andere Produkte und Dienstleistungen oder eingeschränkte Verfügbarkeit von Rohstoffen in gewünschter Qualität oder Quantität.

Reputationsrisiken

(z.B. EU-Kommission 2019, BMF/BMUV/BMWI 2021)

- z.B. die Schwierigkeit, Kund:innen, Mitarbeiter:innen, Geschäftspartner:innen und Investor:innen zu gewinnen und zu halten, wenn das Unternehmen in dem Ruf steht, dem Klima zu schaden oder bestehenden Berichtspflichten hierzu nicht nachkommt.

Finanzielle Risiken

(z.B. Reisinger et al. 2020, BMF/BMUV/BMWI 2021)

- Risiken eines Finanzinstituts/Investors, in ein Unternehmen zu investieren
- Risiken eines Unternehmens, für Kreditvergabe unattraktiv zu werden
- Risiko von Wertverlust von Anlagen und Immobilien

Regulatorische Auswirkungen der Folgen des Klimawandels

Politische Risiken

(z.B. EU-Kommission 2019, Reisinger et al. 2020)

- z.B. Energieeffizienzvorgaben, CO₂-Bepreisung, politische Strategien zur Förderung einer nachhaltigen Landnutzung, Klimaziele in Sektoren, Wegfall von Subventionen für klimaschädliche Tätigkeiten können zu Wertverlusten und Wegfall von Geschäftsmodellen führen
- geänderte Rahmenbedingungen (Wasserpreise, Entnahmegenehmigungen, Vorgaben in Bebauungsplänen) zur Anpassung an den Klimawandel können ebenfalls Risiken für Unternehmenstätigkeiten und Geschäftsmodelle mit sich bringen

Rechtliche Risiken

(z.B. EU-Kommission 2019, Reisinger et al. 2020, BMF/BMUV/BMWI 2021)

- z.B. das Risiko von Rechtsstreitigkeiten/Klagen oder Schadensersatzansprüchen wegen nicht erfolgter Anpassung an den Klimawandel

Haftungsrisiken aufgrund mangelnder Vermeidung schädlicher Einflüsse auf die Umwelt oder Menschen durch fehlende Bewertung klimabedingter Auswirkungen vor Entscheidungen oder durch unzureichende Einhaltung der Vorgaben zur verpflichtenden Berichterstattung

- Auch die Vielfalt der Anforderungen zur Berichterstattung (CSRD, EU-Taxonomie, Baurecht, Umweltverträglichkeitsprüfung) bringt Risiken durch den zusätzlichen Aufwand mit sich, alle Anforderungen im Blick zu haben und zu koordinieren

8. Anhang B - Klimakennwerte aus dem GERICS-Klimaausblick auf Landkreisebene (Pfeifer et al. 2021)

Kennwert	Definition
Temperatur	Die Temperatur ist hier die bodennahe Lufttemperatur (2 m über Grund). Die Werte für Jahresmittel und Jahreszeiten werden auf Basis der Tagesmittelwerte der Temperatur berechnet. Die Werte für die Jahreszeiten werden für das meteorologische Jahr berechnet: Die Temperatur für den Winter ist der Mittelwert aller Tage in den Monaten Dezember, Januar, Februar; für das Frühjahr in den Monaten März, April, Mai; für den Sommer in den Monaten Juni, Juli, August; und für den Herbst in den Monaten September, Oktober, November.
Sommertage	Anzahl an Tagen pro Jahr mit einer Tagesmaximumtemperatur von mehr als 25 °C.
Heiße Tage	Anzahl an Tagen pro Jahr mit einer Tagesmaximumtemperatur von mehr als 30 °C.
Tropische Nächte	Anzahl an Tagen pro Jahr mit einer Minimumtemperatur von mehr als 20 °C.
Frosttage	Anzahl der Tage pro Jahr mit einer Tagesminimumtemperatur geringer als 0 °C.
Spätfrosttage	Anzahl der Tage pro Jahr mit einer Tagesminimumtemperatur geringer als 0 °C zwischen dem 1. April und dem 30. Juni.
Eistage	Anzahl der Tage pro Jahr mit einer Tagesmaximumtemperatur geringer als 0 °C.
Tage über 5 °C	Anzahl an Tagen pro Jahr mit einer Tagesmitteltemperatur größer als 5 °C. Diese Tage werden gelegentlich auch als Vegetationstage bezeichnet. Um zu beantworten, ob die Vegetation an einem bestimmten Tag wächst, sind jedoch noch andere Faktoren entscheidend, z.B. Bodenfeuchte, Strahlung und Nährstoffverfügbarkeit.
Maximale Dauer von Hitzeperioden	Maximale Andauer [in Tagen] von Perioden aufeinanderfolgender Tage mit einer Tagesmaximumtemperatur über 30 °C.
Niederschlag	Die Niederschlagswerte werden auf Basis von täglichen Niederschlagsmengen berechnet und als durchschnittliche monatliche Niederschlagssummen bezogen aufs Jahr und die Jahreszeiten in mm pro Monat angegeben. Sie beinhalten sowohl flüssigen als auch festen Niederschlag, also Regen und Schnee. Die jahreszeitlichen Niederschlagsmengen werden für das meteorologische Jahr berechnet (siehe Erläuterungen zur Temperatur).
Trockentage	Anzahl der Tage pro Jahr, an denen die Niederschlagsmenge (Regen und Schnee) weniger als 1 mm beträgt.
Niederschlag \geq 20 mm/Tag	Anzahl der Tage pro Jahr, an denen die Niederschlagsmenge (Regen und Schnee) von 20 mm erreicht oder überschritten wird.
95. Perzentil des Niederschlags	Tagesniederschlag, dessen Höhe an 5% aller Tage im Jahr mit Niederschlag über 1 mm überschritten wird.
99. Perzentil des Niederschlags	Tagesniederschlag, dessen Höhe an 1% aller Tage im Jahr mit Niederschlag über 1 mm überschritten wird.
Klimatische Wasserbilanz	Jahresmittel der täglichen Differenz von Niederschlag und Verdunstung in mm/Tag.
Windgeschwindigkeit	Mittlere Windgeschwindigkeit im Jahr in m/s.
Schwüle Tage	Anzahl der Tage pro Jahr mit einem Wasserdampf-Partialdruck größer als 18,8 hPa. Der Dampfdruck wird aus Tageswerten der bodennahen Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchte mittels der Magnusformel berechnet.

9. Begriffserklärungen

(in Anlehnung an die in Klammern benannten Quellen, entsprechend der Ausrichtung dieses Reports jeweils bezogen auf den Unternehmenskontext)

Klimagefahren (in Anlehnung an IPCC 2023b: Annex I: Glossary)	Der Begriff umschreibt beschreibt das mögliche Auftreten von Ereignissen oder Trends, die bereits heute aufgrund von erfolgten Klimaänderungen oder in Zukunft unter veränderten Klimabedingungen drohen. Diese können einerseits mit dem Verlust von Menschenleben, Verletzungen oder anderen gesundheitlichen Folgen, andererseits auch mit Schäden oder Verlusten von Besitz, Infrastruktur, Lebensgrundlagen, Leistungsbereitstellung, Ökosystemen und Umweltressourcen einhergehen.
(klimabezogenes) Risiko (in Anlehnung an IPCC 2023b: Annex I: Glossary)	<p>Das Potenzial von negativen Auswirkungen für menschliche und ökologische Systeme. Hierbei können im Hinblick auf den Klimawandel, Risiken einerseits durch diesen selbst und seine Folgen, andererseits auch durch den Umgang des Menschen mit diesen Risiken entstehen.</p> <p>Inwieweit diese Risiken sich tatsächlich in einem Schaden oder Verlust niederschlagen, ist vom tatsächlichen Eintreten der Klimagefahr sowie auch davon abhängig, ob am Ort des Eintretens ökonomische, soziale oder kulturelle Werte und Investitionen, Leistungen sowie die Gesundheit und das Wohlergehen von Personen eines Unternehmens dieser ausgeliefert sind (Exposition) und wie anfällig ein Unternehmen dieser gegenüber ist (Vulnerabilität). Darüber hinaus spielt eine Rolle, wie gut ein Unternehmen für das Eintreten solcher Gefahren gewappnet ist und mit diesen umgehen kann (Anpassungskapazität). Die Eintrittswahrscheinlichkeit und das Ausmaß einer Klimagefahr unterliegen einer Unsicherheit. Zudem kann sich auch die Exposition, Vulnerabilität und Anpassungskapazität aufgrund von sozioökonomischen Veränderungen und Entscheidungsfindung sowie das Risikomanagement mit der Zeit verändern.</p>
Exposition (in Anlehnung an IPCC 2023b: Annex I: Glossary)	Dieser Begriff beschreibt bezogen auf Unternehmen das Vorhandensein von Infrastruktur (Gebäude, Standorte, Logistik), Wirtschaftsaktivitäten (Produktion, Lieferung, Bereitstellung von Diensten etc.), Vermögen und Ressourcen sowie Mitarbeitenden in bestimmten Gegenden oder Umständen, die durch das Auftreten eines Ereignisses oder einer Veränderung negativ betroffen werden können.

<p>Anpassungskapazität (erweitert in Anlehnung an IPCC 2022b)</p>	<p>Die Anpassungskapazität beschreibt bezogen auf Unternehmen im Klimawandel die Fähigkeiten eines Systems, einer Organisation und/oder der Menschen, auf Folgen des Klimawandels und die sich daraus ergebenden möglichen Schäden und Konsequenzen reagieren zu können sowie diese von vorneherein, währenddessen oder im Nachhinein auffangen, vermeiden oder abmildern oder sich daraus ergebende Chancen nutzen zu können.</p> <p>Die mit der Anpassungskapazität verbundenen Fähigkeiten umfassen z.B. das Mindset, organisatorische und betriebliche Prozesse, finanzielle Mittel und personelle Ressourcen. Darüber hinaus wird die Anpassungskapazität determiniert durch entsprechendes Wissen, verfügbare Technologien sowie letztlich durch geeignete Gegenmaßnahmen sowie der geübten Praxis, mit potenziellen Klimafolgen sicher umzugehen.</p>
<p>Vulnerabilität (in Anlehnung an IPCC 2023b: Annex I: Glossary)</p>	<p>Beschreibt die Veranlagung eines Systems/eines Unternehmens, aufgrund seiner Eigenschaften von negativen Folgen des Klimawandels betroffen zu werden. Ist z.B. ein System nicht ausreichend vor möglichen Folgen geschützt und somit anfällig oder verfügt ein Unternehmen nicht über ausreichende Kapazitäten, um sich an die Folgen des Klimawandels anzupassen und mit ihnen umzugehen, besitzt es eine hohe Vulnerabilität gegenüber den Folgen des Klimawandels.</p>
<p>(mögliche) Betroffenheit (eigene Definition der AutorInnen)</p>	<p>Der Begriff umfasst die für das gesamte Unternehmenssystem möglichen Folgen des Klimawandels und deren Konsequenzen, z.B. auf Rohstofflieferungen, an Standorten, entlang von Lieferketten, in Bezug auf die Gesundheit und das Wohlergehen der Mitarbeiter:innen sowie auf den Absatz von Produkten und Leistungen. Die wirkliche Betroffenheit wird durch das tatsächliche Eintreten und das Ausmaß eines klimabedingten Ereignisses oder Veränderung einerseits und der Exposition und Vulnerabilität sowie der Anpassungskapazität des jeweiligen Unternehmens andererseits beeinflusst. Neben der tatsächlichen Betroffenheit in Form von Schäden, Einschränkungen in Bezug auf das Erreichen von Unternehmenszielen oder die Erbringung von Unternehmensaktivitäten oder auch Verlusten kann aber auch die mögliche Betroffenheit als theoretischer, gedanklicher Rahmen helfen, um bereits im Vorfeld mögliche Schadensbilder und Auswirkungen auf die unterschiedlichen Systemelemente des Unternehmens betrachten und sich frühzeitig darauf vorbereiten zu können.</p>
<p>Klimarisiko- und Vulnerabilitätsanalyse</p>	<p>Eine Klimarisiko- und Vulnerabilitätsanalyse umfasst eine Erhebung, Einschätzung und Bewertung der mit dem</p>

(in Anlehnung an DIN
ISO 14091:2021)

Klimawandel verbundenen Risiken und Chancen für ein Unternehmen oder einen unternehmensrelevanten Gebietszuschnitt (z.B. Kommune, Landkreis, Bundesland oder Land) unter Einbindung aktueller, wissenschaftlich fundierter und geeigneter Daten, Wissen und Erfahrungen sowie der Kombination von lokalem/sector- oder unternehmensspezifischem Wissen mit Klimaänderungsinformationen. In ihrem Rahmen wird die potenzielle Betroffenheit durch Auswirkungen des Klimawandels heute und in Zukunft, aber auch die Exposition und die Anpassungskapazität methodisch zusammengefasst. Daraufhin erfolgt eine Identifizierung und Priorisierung von Handlungsbereichen und die Ableitung möglicher Maßnahmen zur Vermeidung, Minderung oder zum Umgang mit Restrisiken. Ziel ist eine Erfassung der Vulnerabilität für die möglichen Folgen des Klimawandels als Grundlage für die Anpassungsplanung und das Risikomanagement. Bestandteil der Analyse kann auch das Nachverfolgen der Entwicklung des Risikos und das Monitoring der Anpassung sein sowie die Kommunikation der Risikobewertung.

Kontakt:

Climate Service Center Germany (GERICS)
Chilehaus, Eingang B
Fischertwiete 1
20095 Hamburg

Tel. 040-226 338-0
Fax. 040-226 338-163

www.climate-service-center.de



ISSN 2509-386X