

Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland (KWRA 2021)

In der Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland wurde unter Einbindung von Expertinnen und Experten aus 25 Bundesbehörden und -institutionen aus neun Ressorts, die im Behördennetzwerks „Klimawandel und Anpassung“ zusammenarbeiten, über 100 Wirkungen des Klimawandels und deren Wechselwirkungen untersucht. Die leitenden Fragen waren: Wie wirkt sich der Klimawandel künftig auf die Natur, unsere Lebensgrundlagen, unsere Gesundheit, unseren Alltag und unsere Wirtschaft aus? Wo können wir durch Anpassung die Klimarisiken verringern? Und wo müssen wir dringend etwas tun?

Untersucht wurde für die Gegenwart und zwei Zukunftsszenarien für die Mitte (2031 bis 2060) und das Ende des Jahrhunderts (2071 bis 2100) – mit Schwerpunkt auf der Mitte des Jahrhunderts:

- ▶ ein pessimistischer Fall / starker Klimawandel: + 3 °C zur Mitte des Jahrhunderts (Jahresmittelwert der Temperatur für Deutschland, gegenüber der frühindustriellen Zeit) sowie
- ▶ ein optimistischer Fall / schwächerer Klimawandel: + 2,4 °C zur Mitte des Jahrhunderts (Jahresmittelwert der Temperatur für Deutschland, gegenüber der frühindustriellen Zeit).

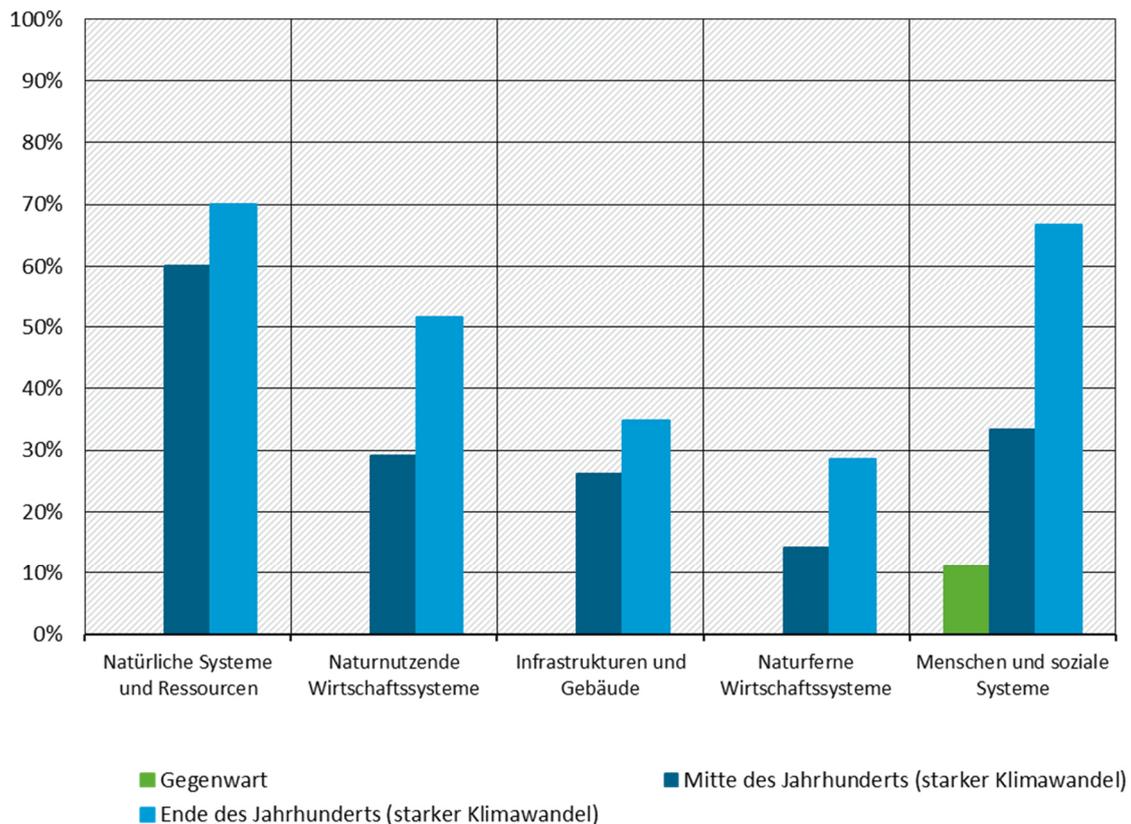
1 Risiken durch den Klimawandel

Die KWRA 2021 zeichnet ein umfassendes Bild der Klimarisiken in Deutschland. Die KWRA 2021 analysiert dabei erstmalig umfassend und detailliert Wechselbeziehungen zwischen einzelnen Wirkungen des Klimawandels in Deutschland.

Die vom Klimawandel betroffenen Systeme beeinflussen sich gegenseitig und benötigen dabei die gleichen Ressourcen (bspw. Wasser und Fläche), um sich anzupassen. Am Anfang der Wirkungsketten stehen dabei fast immer Veränderungen der natürlichen Systeme und Ressourcen und am Ende vieler Wirkungsketten oft die menschliche Gesundheit. Beispiele hierfür werden durch die Systemgrafik (siehe letzte Seite) illustriert. Die KWRA 2021 bestätigt in weiten Teilen die Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse des Bundes von 2015, allerdings sind viele Klimarisiken im Vergleich zu 2015 gestiegen. Zu den 31 wichtigsten Risiken durch den Klimawandel gehören (Auswahl):

- ▶ Besonders hohe Klimarisiken betreffen unsere natürlichen Lebensgrundlagen, wie Böden, Wälder und Gewässer, sowie Wirtschaftssysteme, wie die Fischerei, Land- und Forstwirtschaft, die auf diese Ressourcen angewiesen sind (s. Abbildung 1). Letztere sind besonders empfindlich gegenüber Trockenheit, mit erheblichen Folgen für die wirtschaftliche Existenz der Land- und Forstwirte.
- ▶ Die schleichende Temperaturerhöhung in Deutschland führt zu einer langsamen Verschiebung von Anbauregionen, zum Auftreten von neuen Schädlingen und zu einer Veränderung des Artenspektrums von Tieren und Pflanzen. Sie ist für viele der untersuchten Systeme, insbes. Ökosysteme in Gebirgen oder im Wattenmeer, eine große Bedrohung.
- ▶ Wenn sich Arten nicht mehr anpassen können, beginnt das Artensterben. Daher ist die biologische Vielfalt einer der größten Verlierer der Klimakrise.
- ▶ Bereits heute sind viele Menschen durch Hitzewellen gefährdet. Deren Häufigkeit, Dauer und Intensität werden in Zukunft mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit zunehmen.
- ▶ Menschen leiden auch unter den Klimawirkungen auf Biodiversität und natürliche Ressourcen, zum Beispiel kommt es verstärkt zu Allergien durch mehr Pollen oder zu Atembeschwerden durch verschlechterte Luftqualität.
- ▶ Starkregen und damit verbundene Überschwemmungen bedrohen Gebäude, Anlagen und Verkehrswege.
- ▶ Wirtschaftsprozesse in Deutschland, die von internationalen Lieferketten abhängig sind, werden stark von Risiken durch Klimawandel in anderen Ländern beeinflusst.
- ▶ Langfristig führt der Meeresspiegelanstieg an deutschen Küsten zu sehr großen Risiken für alle untersuchten Systeme.

Abbildung 1: Anteil hoher Klimarisiken pro Systembereich bei einem starken Klimawandel



Quelle: KWRA 2021. Die Grafik zeigt, dass in der Gegenwart nur ein Klimarisiko bereits mit hoch bewertet wurde und Mitte sowie Ende des Jahrhunderts sehr viel mehr hohe Klimarisiken, besonders bei natürlichen Systemen und Ressourcen sowie bei Menschen und sozialen Systemen, erwartet werden. Die Bewertung der 102 Klimarisiken erfolgte in 3 Stufen (gering, mittel, hoch) durch Expertinneneinschätzung im Rahmen des Behördennetzwerks basierend auf aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen.

Räumliche Verteilung der Risiken des Klimawandels in Deutschland

Bei der Untersuchung künftiger räumlicher Hotspots für Risiken des Klimawandels wurden Regionen identifiziert, in denen sich eine Vielzahl klimatischer Extremwerte und/oder hohe Klimaveränderungen überlagern. Dadurch würde sehr wahrscheinlich die Anpassungsfähigkeit vieler langsam reagierender und langlebiger Systeme, wie Wälder und Moore, überfordert.

Bisher sind nur wenige Regionen in Deutschland sehr intensiv von Hitze, Trockenheit oder Starkregen betroffen. Bei einem starken Klimawandel werden bis Mitte des Jahrhunderts sehr viel mehr Regionen mit diesen Wirkungen konfrontiert sein (s. Abbildung 2a).

- ▶ Im Westen und Süden Deutschlands wird sich das Klima relativ zu heute am stärksten verändern (s. Abbildung 2a, rechts).
- ▶ Im Südwesten und Osten werden klimatische Extreme am häufigsten vorkommen (s. Abbildung 2a, links).
- ▶ Die Flüsse und Flusstäler können durch Folgen von wasserspezifischen Risiken, wie Niedrig- und Hochwasser, betroffen sein.
- ▶ An der Küste werden die Gefahren durch den Meeresspiegelanstieg in der zweiten Jahrhunderthälfte deutlich zunehmen.

- Bei einem starken Klimawandel wird Ende des Jahrhunderts im Vergleich zu heute ganz Deutschland ein Hotspot für Risiken des Klimawandels (s. Abbildung 2b).

Abbildung 2a: Klimatische Hotspots für die Mitte des Jahrhunderts (2031 bis 2060) bei einem starken Klimawandel; Absolut- und Änderungswerte

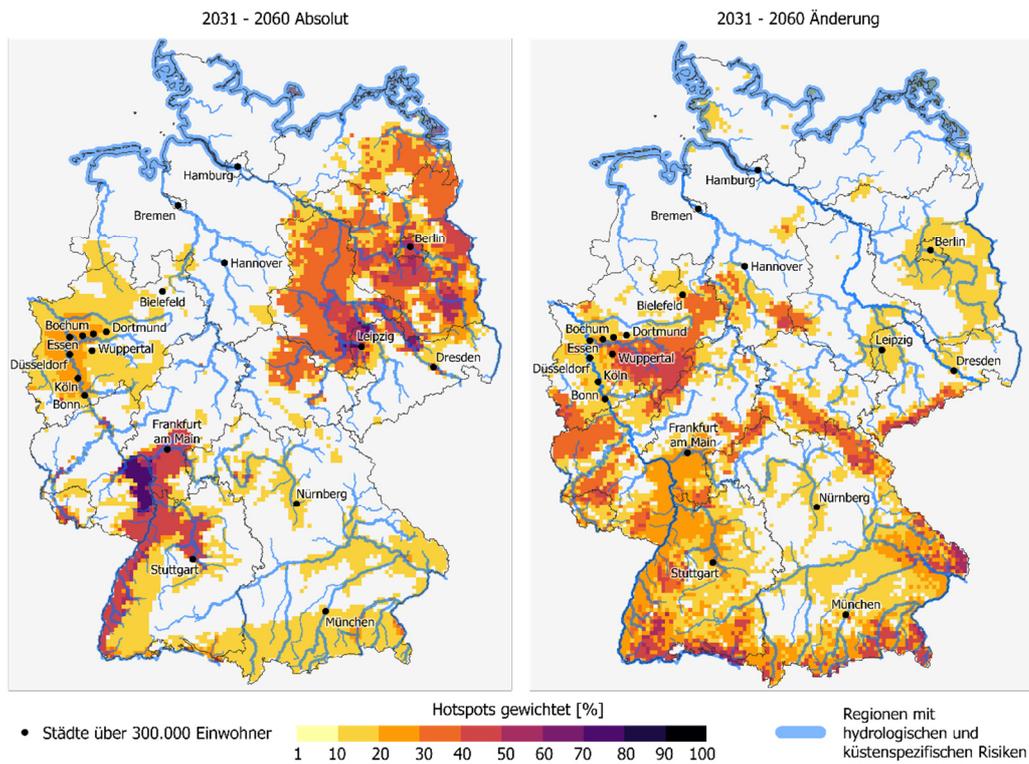
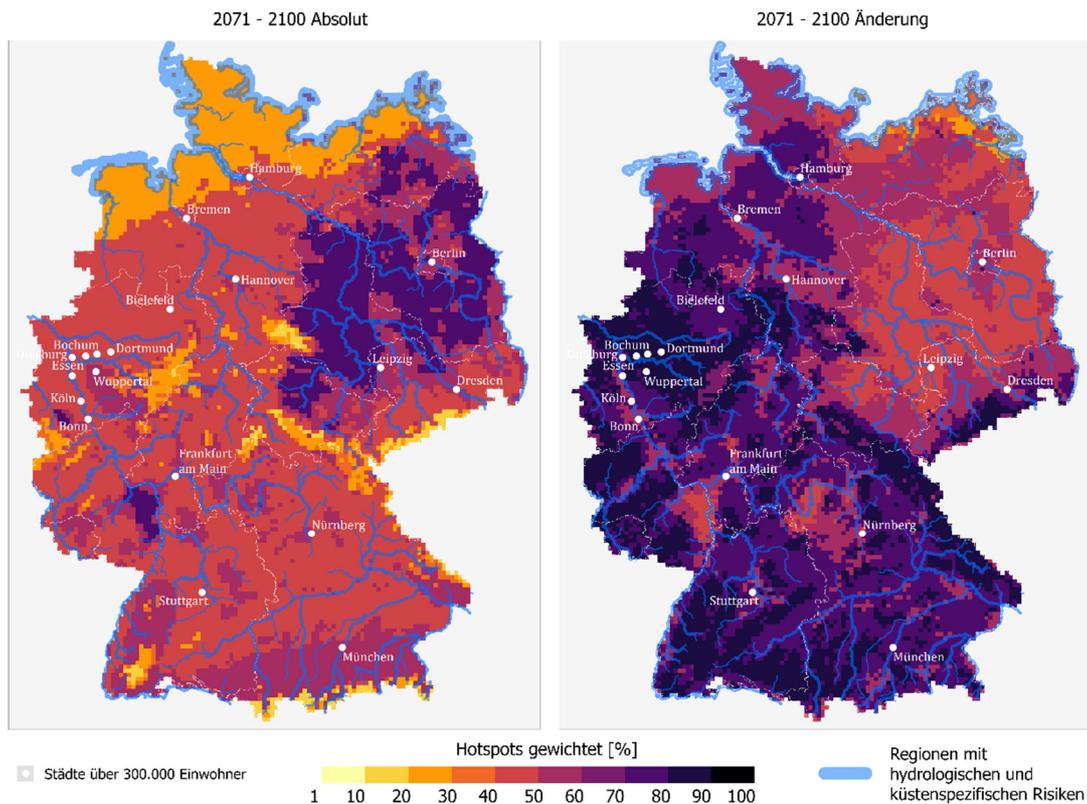


Abbildung 2b: Klimatische Hotspots für Ende des Jahrhunderts (2071-2100) bei einem starken Klimawandel; Absolut- und Änderungswerte



Für Abb. 2a+b: Links (Absolut): Regionen, die von besonders vielen klimatischen Extremen betroffen sein könnten; Rechts (Änderung): Regionen, die von besonders hohen Veränderungen der Klimaparametern betroffen sein könnten. 100% bedeutet maximale Betroffenheit, d.h. Überschreiten der in der Studie definierten Schwellenwerte bei allen betrachteten Klimaparametern. Berücksichtigt wurden die Klimaparameter hohe mittlere Jahrestemperatur, Anzahl heißer Tage, Anzahl tropischer Nächte, geringer Jahresniederschlag, Anzahl trockener Tage, Tage mit Starkregen sowie die Bedeutung, die diese Klimaparameter für alle untersuchten Klimawirkungen haben. Bei der Bewertung der hydrologische und küstenspezifische Risiken wurden vielfältige Klimawirkungen einbezogen (Hoch- und Niedrigwasser, Wassertemperaturen, Meeresspiegelanstieg, u.a.) Datengrundlage: 85. Perzentil des aufbereiteten Deutscher Wetterdienst-Referenz-Ensemble v2018 (Brienen et al. 2020) für das RCP8.5-Szenario des IPCC AR5, Verwaltungsgrenzen: Bundesamt für Kartographie und Geodäsie Deutschland, Hydrologie: Joint Research Centre, Städte, Küstenlinie: EuroGeographics. Quelle: KWRA 2021

Sektorale Verteilung der Risiken des Klimawandels in Deutschland

Risiken durch den Klimawandel werden in Zukunft nicht nur regional immer stärker Deutschland erfassen, sondern auch immer mehr Lebens- und Wirtschaftsbereiche (s. Tabelle 1). Schon zur Mitte des Jahrhunderts können die Klimarisiken anwachsen. Zum Ende des Jahrhunderts können im Fall eines starken Klimawandels fast alle Lebens- und Wirtschaftsbereiche erheblich von Klimawandelrisiken betroffen sein.

Tabelle 1: Klimarisiken ohne Anpassung im Falle eines schwächeren und im Falle eines starken Klimawandels

Handlungsfeld	Gegenwart	Mitte des Jahrhunderts, schwächerer Klimawandel	Mitte des Jahrhunderts, starker Klimawandel	Ende des Jahrhunderts, schwächerer Klimawandel	Ende des Jahrhunderts, starker Klimawandel
Biologische Vielfalt	gering	mittel	mittel-hoch	mittel	hoch
Boden	gering-mittel	gering- mittel	mittel-hoch	gering-mittel	mittel-hoch
Landwirtschaft	mittel	mittel	hoch	mittel	hoch
Wald- und Forstwirtschaft	mittel	mittel	hoch	mittel	hoch
Fischerei	gering-mittel	mittel	hoch	mittel	hoch
Küsten- und Meeresschutz	mittel	mittel	hoch	hoch	hoch
Wasserwirtschaft, Wasserhaushalt	mittel	mittel	hoch	mittel	hoch
Bauwesen	mittel	mittel	mittel-hoch	mittel	hoch
Energiewirtschaft	gering	gering	gering	gering	gering
Verkehr, Verkehrsinfrastruktur	gering-mittel	gering	mittel	gering-mittel	mittel-hoch
Industrie und Gewerbe	mittel	gering	mittel	gering	mittel
Tourismuswirtschaft	gering	gering	mittel	mittel	hoch
Menschliche Gesundheit	mittel	mittel	hoch	mittel-hoch	hoch

Quelle: KWRA 2021. Die Bewertung der Risiken erfolgte in 5 Stufen (gering, gering-mittel, mittel, mittel-hoch, hoch) durch Expert*inneneinschätzung im Rahmen des Behördennetzwerks basierend auf aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen.

2 Anpassungsmaßnahmen und ihre Dringlichkeit

Wie kann den Risiken des Klimawandels begegnet werden, und in welchen Bereichen muss dabei besonders dringend gehandelt werden? Die KWRA 2021 identifiziert und beurteilt auf wissenschaftlicher Grundlage Möglichkeiten und dringende Erfordernisse, sich an den Klimawandel anzupassen.

a) Für natürliche Systeme und Ressourcen sind die Klimarisiken am höchsten. Eine Schädigung von natürlichen Systemen und Ressourcen wirkt sich auf alle Lebens- und Wirtschaftsbereiche aus. Sie müssen von anthropogener Verschmutzung und Übernutzung entlastet werden, damit sie sich auf die Wirkungen des Klimawandels einstellen können.

- ▶ Klimabedingte Schädigungen von natürlichen Systemen und Ressourcen wirken sich sehr häufig auf andere Systeme aus, besonders naturnutzende Wirtschaftssysteme wie Fischerei, Land- und Forstwirtschaft, aber auch auf die Gesundheit. Um negative Kaskadeneffekte zwischen den Systemen zu verhindern und nachhaltige Nutzungsformen zu ermöglichen, ist der Schutz natürlicher Systeme und Ressourcen besonders wichtig.
- ▶ Gleichzeitig ist die Anpassung in diesem Bereich besonders herausfordernd, weil Grenzen der Anpassungsmöglichkeiten schnell erreicht sind. In Deutschland werden bei natürlichen Ökosystemen, zum Beispiel im Gebirge, oder bei einzelnen Arten (meist Spezialisten, die an ein bestimmtes Klima und Umfeld angepasst sind) physische Grenzen bald erreicht.
- ▶ Hauptansatzpunkt zum Schutz der natürlichen Systeme und Ressourcen ist daher, neben einem konsequenten Klimaschutz, die Reduktion des bestehenden Nutzungsdrucks, denn geschwächte natürliche Systeme können sich deutlich schlechter auf den Klimawandel einstellen.
- ▶ Der Schutz der biologischen Vielfalt und aller natürlichen Ressourcen und Systeme vor Überbeanspruchung, die Verringerung der Schadstoffeinträge in Gewässer und Böden sowie die Ermöglichung des Wandels von Ökosystemen sind wichtige Voraussetzungen, um dem Klimawandel zu begegnen.

b) Bei einem starken Klimawandel können viele Risiken in Deutschland nur durch weitere, teils tiefgreifende Anpassung reduziert werden.

- ▶ Bei einem starken Klimawandel werden sehr viele Sektoren in Deutschland von hohen Klimarisiken bedroht sein. Dann können die in Deutschland bereits eingeleiteten Maßnahmen oft nicht ausreichen, um die erwarteten Klimarisiken niedrig zu halten (s. Tabelle 2).
- ▶ In vielen Bereichen wurden Anpassungsmaßnahmen bereits gestartet oder werden in absehbarer Zeit umgesetzt. Hierfür gibt es eine gute Basis durch vorhandenes Wissen, aktive Netzwerke und gute Vorbilder:
 - Die vom Bund geförderten Maßnahmen des nationalen Hochwasserschutzprogramms können die Gefahren des Klimawandels in der Zukunft wirksam eindämmen und gleichzeitig natürliche Systeme, wie Auen, stärken.

- Der Waldbau hin zu naturnahen, standortgerechten Mischwäldern hat begonnen und wird von Bund und Ländern vorangetrieben. Weitere naturbasierte Maßnahmen zum Erhalt von Ökosystemen unter Klimawandel fördert der Bund unter dem Bundesprogramm Biologische Vielfalt.
 - Im Rahmen der Bund-Länder-Städtebauförderung sind Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel bzw. zum Klimaschutz seit 2020 Fördervoraussetzung und zugleich förderfähig, insbesondere die Verbesserung der grünen Infrastruktur.
 - Ebenso gibt es ein Förderprogramme des Bundes für soziale Einrichtungen, um beispielsweise den Hitzeschutz zu verbessern, und zur „Anpassung urbaner Räume an den Klimawandel“.
- ▶ Eine Vielzahl von weiteren Anpassungsmaßnahmen sind schon heute umsetzbar und können die Klimarisiken bis Mitte des Jahrhunderts für Deutschland wirksam mindern, bspw.:
- flächendeckende bodenschonende Bewirtschaftungsweisen, um den Humusvorrat im Boden und die Bodenfeuchte zu fördern und auf Dürreperioden besser vorbereitet zu sein;
 - der Rückhalt von Regenwasser in der Fläche und direkte Schutzmaßnahmen an Gebäuden und Infrastrukturen, die Schäden durch Starkniederschläge und Überschwemmungen reduzieren können;
 - naturbasierte und technische Küstenschutzmaßnahmen sowie Entwässerungseinrichtungen im Küstenbereich, um Siedlungen und Infrastrukturen an der Küste vor dem Meeresspiegelanstieg zu schützen.
- ▶ Darüber hinaus können bei einigen Klimarisiken und im Hinblick auf die stark steigenden Klimarisiken zum Ende des Jahrhunderts tiefgreifende Maßnahmen notwendig sein, bspw.:
- eine massive, möglichst naturnahe Begrünung von Freiflächen und Gebäuden im urbanen Raum,
 - eine wasserbewusste Siedlungsentwicklung, die es nach dem Prinzip der „Schwammstadt“ ermöglicht, Wasser in der Stadt zu halten und über längere Zeiträume hinweg abzugeben und zu verdunsten.

Tabelle 2: Klimarisiken ohne und mit Anpassung der Handlungsfelder

Handlungsfeld	Klimarisiken ohne Anpassung			Klimarisiken mit Anpassung		
	Gegenwart	Mitte des Jahrhunderts		2020 bis 2030	mit weiterreichender Anpassung	
		Schwächerer Klimawandel	Starker Klimawandel		Schwächerer Klimawandel	Starker Klimawandel
Biologische Vielfalt	gering	mittel	mittel-hoch	gering	gering	mittel
Boden	gering-mittel	gering-mittel	mittel-hoch	gering-mittel	gering	gering-mittel
Landwirtschaft	mittel	mittel	hoch	mittel	gering	mittel
Wald und Forstwirtschaft	mittel	mittel	hoch	mittel	gering	mittel-hoch
Fischerei	gering-mittel	mittel	hoch	gering-mittel	gering	mittel-hoch
Küsten- und Meeresschutz	mittel	mittel	hoch	gering-mittel	gering	mittel
Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft	mittel	mittel	hoch	gering-mittel	gering	mittel
Bauwesen	mittel	mittel	mittel-hoch	gering-mittel	gering	gering-mittel
Energiewirtschaft	gering	gering	gering	gering	gering	gering
Verkehr, Verkehrsinfrastruktur	gering-mittel	gering	mittel	gering	gering	gering
Industrie und Gewerbe	mittel	gering	mittel	gering-mittel	gering	gering
Tourismuskirtschaft	gering	gering	mittel	gering	gering	gering-mittel
Menschliche Gesundheit	mittel	mittel	hoch	gering-mittel	gering	mittel

Quelle: KWRA 2021. Die Bewertung erfolgte in 5 Stufen (gering, gering-mittel, mittel, mittel-hoch, hoch) durch Expert*inneneinschätzung im Rahmen des Behördennetzwerks basierend auf aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen.

c) Die schwerwiegendsten Risiken des Klimawandels können nur durch unverzügliches Handeln reduziert werden, denn viele Anpassungsmaßnahmen brauchen sehr lange (teils über 50 Jahre), um wirksam zu werden.

► Insgesamt wurden 31 Wirkungen des Klimawandels mit sehr dringendem Handlungsbedarf identifiziert. Bei einem starken Klimawandel drohen dort hohe Klimarisiken, während die Anpassung der bedrohten Systeme viel Zeit braucht. Sie lassen sich zu folgenden zentralen Herausforderungen zusammenfassen:

- Klimarisiken durch extreme Hitze für die Gesundheit, besonders in Städten, vorrangig entlang des Rheins und der Spree, den wärmsten Regionen Deutschlands.
- Klimarisiken durch Trockenheit und Niedrigwasser (häufig verbunden mit Hitze) für alle wassernutzenden und wasserabhängigen Systeme, besonders betroffen sind ländliche Regionen, vorrangig in den trockenen Regionen im Osten und in der westlichen Mitte Deutschlands, aber auch Industriestandorte.

- Klimarisiken durch Starkregen, Sturzfluten und Hochwasser besonders für Infrastrukturen und Gebäude, vorrangig betroffene Regionen sind Siedlungen in der Nähe von Gewässern oder in engen Tälern der Mittelgebirge.
 - Klimarisiken durch den graduellen Temperaturanstieg, wie der Meeresspiegelanstieg, für natürliche und naturnutzende Systeme, besonders an den Küsten, in den Gewässern, im ländlichen Raum und im Gebirge.
- ▶ Ein Beispiel: Neu angepflanzte (klimaangepasste und allergenarme) Stadtbäume benötigen viele Jahre, um wirksam die Temperatur in Innenstädten senken zu können. Bäume und andere Begrünung können effektiv die überhitzten Städte kühlen, gleichzeitig gegen UV-Strahlung und damit vor Hautkrebs schützen sowie Luftverschmutzung und damit Atemwegserkrankungen verringern. Dafür werden größere und stärker vernetzte Grün- und Wasserflächen in der Stadt, sowie neue Bewässerungskonzepte benötigt.
 - ▶ Die Studie gibt auch Hinweise, welche Art von Handeln erforderlich ist: Für eine erfolgreiche Anpassung müssen wir entschlossen bekannte Maßnahmen umsetzen und weitere, hoch wirksame Maßnahmen sowie naturstärkende Lösungen entwickeln. Hierzu bedarf es auch anwendungsbezogener Forschung und ausreichender Finanzierung.
 - ▶ In der Studie wird zudem deutlich, dass an vielen Stellen bessere politische und rechtliche Rahmenbedingungen besonders für lokale Akteure benötigt werden. Gebraucht werden Menschen in allen Bereichen des Staats, der Wirtschaft und der Gesellschaft, die zum Umgang mit dem Klimawandel ausgebildet wurden. Nur so können Risiken durch den Klimawandel bei allen langfristigen Planungen optimal berücksichtigt werden.
 - ▶ Anpassung kann nur gemeinsam gelingen. Damit Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel in der Breite umgesetzt werden können, werden vermehrt engagierte Bürgerinnen und Bürger sowie motivierte Akteure auch auf der lokalen Ebene und in der Wirtschaft gebraucht. Hierzu bedarf es weiterer Maßnahmen zur Steigerung der Motivation und zur Schaffung von Akzeptanz von Anpassung, beispielsweise durch mehr Dialoge und die verbesserte Koordination von unterschiedlichen Maßnahmentypen, wie informatorische, naturstärkende und technische Maßnahmen.

3 Details zur Studie

Hintergrund

- ▶ Die KWRA 2021 entstand im Auftrag der Bundesregierung und im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS). Zum zweiten Mal wurden systematisch und sektorenübergreifend die mit dem Klimawandel verbundenen Risiken und Anpassungsmöglichkeiten für Deutschland untersucht.
- ▶ Eingebunden waren Expertinnen und Experten aus 25 Bundesbehörden und -institutionen (s.u.) aus neun Ressorts, die im Behördennetzwerk „Klimawandel und Anpassung“

zusammenarbeiten, unterstützt durch ein wissenschaftliches Konsortium (geleitet durch adelphi, finanziert durch BMU, koordiniert von UBA).

- ▶ Die Studie wird alle sechs Jahre durchgeführt und ist die größte Klimawirkungs- und Risikoanalyse in Deutschland.

Ziele der Studie

- ▶ Die Ergebnisse der Studie sind eine wesentliche Grundlage für die Weiterentwicklung der Deutschen Strategie zur Anpassung an den Klimawandel und die Entwicklung von weiteren Anpassungsmaßnahmen.

Methodik

Die KWRA 2021 ist ein systematischer Screening- und Priorisierungsprozess. Das methodische Vorgehen wurde auf Basis der Vulnerabilitätsanalyse 2015 weiterentwickelt:

- ▶ Die Anzahl der betrachteten Klimawirkungen wurde erhöht und ihre Analyse weiter ausdifferenziert. Die grundlegenden Ergebnisse bestätigen die Analyse von 2015, viele Klimarisiken sind gestiegen.
- ▶ Mit der überarbeiteten Methodik konnten nun auch die Klimarisiken für das Ende des Jahrhunderts ausgewiesen werden.
- ▶ Die Bewertung der Risiken ist normativ. Methodisch wurde weitgehend ein fachlich basierter Konsens der beteiligten Netzwerkpartner erreicht.
- ▶ Vom Klimawandel besonders betroffene Regionen („Hotspots“) werden durch eine neue räumliche Analyseverfahren identifiziert.
- ▶ Erstmals sind Zusammenhänge und Dynamiken, wie die Kaskadeneffekte, zwischen den vom Klimawandel betroffenen Systemen für Deutschland umfassend und detailliert untersucht und ausgewertet worden.
- ▶ Der neue methodische Ansatz ermöglicht eine systematische Erfassung der Anpassungskapazität. Für die höchsten Klimarisiken wurden Anpassungsmöglichkeiten analysiert und von den Expert*innen der Behörden dahingehend bewertet, wie stark sie das zukünftige Klimarisiko senken können. Im Fokus standen dabei die im Rahmen des 3. Aktionsplan Anpassung (Bundesregierung 2020) beschlossenen sowie weitere, aus heutiger Sicht plausible, Anpassungsmaßnahmen.
- ▶ Darauf aufbauend konnte die Dringlichkeit von Handlungserfordernissen sowie der Charakter der Handlungsmöglichkeiten sowie Forschungsbedarf detaillierter und besser abgesichert als 2015 abgeleitet werden.
- ▶ Eine zentrale Grundlage der bestehenden Methodik zur Analyse der Klimawirkungen sowie der Anpassungskapazität bildeten Literaturlauswertungen, Analysen von Daten und

Modellergebnissen sowie zahlreichen Experteninterviews. Der Recherchezeitraum für die Analyse der Klimawirkungen zog sich bis Anfang 2020.

Der Abschlussbericht wird in folgenden Teilen veröffentlicht:

1. Grundlagen	https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/KWRA-Teil-1-Grundlagen
2. Risiken und Anpassung im Cluster Land	https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/KWRA-Teil-2-Cluster-Land
3. Risiken und Anpassung im Cluster Wasser	https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/KWRA-Teil-3-Cluster-Wasser
4. Risiken und Anpassung im Cluster Infrastruktur	https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/KWRA-Teil-4-Cluster-Infrastruktur
5. Risiken und Anpassung in den Clustern Wirtschaft und Gesundheit	https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/KWRA-Teil-5-Wirtschaft-Gesundheit
6. Integrierte Auswertung - Klimarisiken, Handlungserfordernisse und Forschungsbedarfe	https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/KWRA-Teil-6-Integrierte-Auswertung
Zusammenfassung	https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/KWRA-Zusammenfassung
English Summary	https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/KWRA-English-Summary

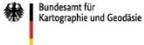
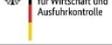
Quellenangaben:

Brienen S, Walter A, Brendel C, Fleischer C, Ganske A, Haller M, Helms M, Höpp S, Jensen C, Jochumsen K, Möller J, Krähenmann S, Nilson E, Rauthe M, Razafimaharo C, Rudolph E, Rybka H, Schade N, Stanley K. (2020): Klimawandelbedingte Änderungen in Atmosphäre und Hydrosphäre: Schlussbericht des Schwerpunktthemas Szenarienbildung (SP-101) im Themenfeld 1 des BMVI-Expertenetzwerks. 157 Seiten. DOI: 10.5675/ExpNBS2020.2020.02. Online: <https://doi.org/10.5675/ExpNBS2020.2020.02>

Bundesregierung (2020): Zweiter Fortschrittsbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. <https://www.bmu.de/download/zweiter-fortschrittsbericht-zur-deutschen-anpassungsstrategie-an-den-klimawandel/>

Umweltbundesamt. (2019). Monitoringbericht 2019 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltbundesamt-2019-monitoringbericht-2019-zur>

An der KWRA beteiligte Bundesbehörden und -institutionen

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK)	
Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG)	
Bundesamt für Naturschutz (BfN)	
Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)	
Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)	
Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)	
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)	
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)	
Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)	
Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)	
Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)	
Bundesanstalt Technisches Hilfswerk (THW)	
Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)	
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)	
Deutscher Wetterdienst (DWD)	
Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt (DZSF)	
Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt (GDWS)	
Friedrich-Loeffler-Institut	
Johann Heinrich von Thünen-Institut, Fachinstitut für Waldökosysteme, Fachinstitut für Ostseefischerei, Stabstellen Klima und Boden	
Julius-Kühn-Institut (JKI)	
Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)	
Robert-Koch-Institut (RKI)	
Umweltbundesamt (UBA) (Leitung des Netzwerks)	

Naturnutzende Wirtschaftssysteme

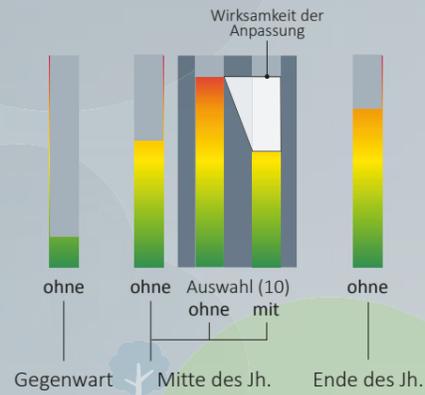
wie Fischerei, Land- und Forstwirtschaft

Wichtige Klimaänderungen

- Gradueller Temperaturanstieg**
z.B. andere Sorten und Arten, Ausbreitung neuer Schädlinge
- Trockenheit und Hitze**
z.B. Ertragsausfälle durch verringerte Bodenproduktivität, Wassermangel und abiotischer Stress, vertrocknetes Stadtgrün und verminderte Schiffbarkeit

Klimarisiko mit und ohne Anpassung

bei 31 untersuchten Klimawirkungen



Naturferne Wirtschaftssysteme

wie Produktion, Handel, Dienstleistungen

Wichtige Klimaänderungen

- Gradueller Temperaturanstieg (und Klimaextreme)**
z.B. beeinträchtigte Versorgung mit Rohstoffen und Zwischenprodukten, veränderte Nachfrage im Tourismus

Klimarisiko ohne Anpassung

bei 7 untersuchten Klimawirkungen



Natürliche Systeme und Ressourcen

wie Boden, Wasser, Arten und Ökosysteme

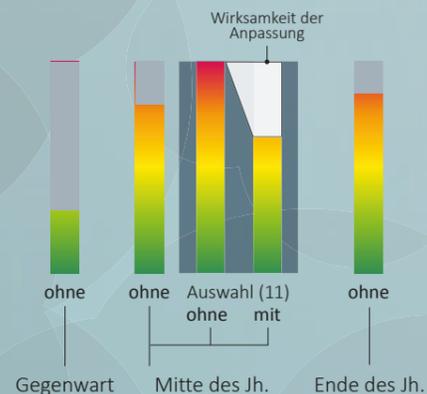
Wichtige Klimaänderungen

- Gradueller Temperaturanstieg**
z.B. Artenwandel inkl. invasiver Arten und Artensterben, Meeresspiegelanstieg, erhöhte Gewässertemperatur
- Trockenheit und Hitze**
z.B. Wassermangel, verringerte Wasserqualität, Bodenerosion, Schäden an Wäldern, Schäden an Feuchtgebieten und wassergebundenen Habitaten
- Starkwind**
z.B. Sturmfluten (Küstenerosion), Windwurf
- Starkregen**
z.B. Bodenerosion



Klimarisiko mit und ohne Anpassung

bei 30 untersuchten Klimawirkungen



Infrastrukturen und Gebäude

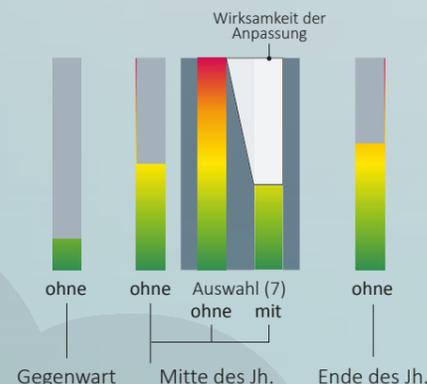
wie Anlagen und Verkehrswege

Wichtige Klimaänderungen

- Gradueller Temperaturanstieg und Starkwind**
z.B. beschädigte Bauwerke an der Küste durch Meeresspiegelanstieg und Sturmfluten
- Hitze**
z.B. überhitzte Städte und Innenräume
- Starkregen / Sturzfluten**
z.B. überlastete Hochwasserschutz- und Entwässerungssysteme, beschädigte Bauwerke und Verkehrswege
- Trockenheit**
z.B. beeinträchtiger Warentransport

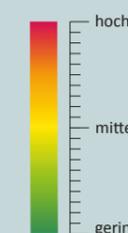
Klimarisiko mit und ohne Anpassung

bei 23 untersuchten Klimawirkungen



Legende

Klimarisiken mit und ohne Anpassung:



Klimarisiko, bewertet für den pessimistischen Fall eines starken Klimawandels

Auswahl (x) = Klimawirkungen mit sehr dringendem Anpassungsbedarf

Wirksamkeit der Anpassung = Wirksamkeit der heute möglichen Anpassung

Systembereiche und Wirkbeziehungen:

Größe abhängig vom Anteil der hoch bewerteten Klimarisiken (Mitte des Jh.) an allen Klimawirkungen des Systembereichs

Breite der Pfeile abhängig von der Anzahl der ausgehenden Wirkbeziehungen

Dringlichkeit der Anpassung:

