



Kosten durch Klimawandelfolgen in Deutschland

Längst sind die Folgen klimatischer Veränderungen auch in Deutschland zu spüren. In den letzten Jahren häufen sich extreme Wetterereignisse. Neben den Hitzesommern, die vielen Menschen zu schaffen machen, wirkt sich der Klimawandel vor allem auf die Verfügbarkeit von Wasser aus: Sowohl ein Zuviel als auch ein Zuwenig an Wasser kann katastrophale Folgen haben. Sichtbar wurde das in den Dürren der letzten Jahre, die sich massiv auswirkten – insbesondere auf Landwirtschaft sowie Forstwirtschaft und Wälder. Die Flutkatastrophe im Juli 2021 hat gezeigt, welche Folgen ein extremes Niederschlagsereignis haben kann, das durch den Klimawandel wahrscheinlicher wird. Szenarioberechnungen zufolge ist davon auszugehen, dass durch die Zunahme solcher Extremwetterereignisse die Kosten des Klimawandels bis zur Mitte des Jahrhunderts noch einmal deutlich steigen werden.



DAS PROJEKT

In dem Projekt „Kosten durch Klimawandelfolgen in Deutschland“ untersuchen das Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW), Prognos und die Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (GWS) systematisch und umfassend die volkswirtschaftlichen Folgekosten sowie immaterielle Schäden klimawandelbedingter Extremwetterereignisse. Diese Zusammenfassung stellt die Methodik und die Kernergebnisse vor.

Wie der Klimawandel Schäden verursacht

Wenn im Zuge des Klimawandels Hitzewellen, Dürren oder Extremniederschläge häufiger und intensiver auftreten, kann dies verschiedene Schäden verursachen: vom weggeschwemmten Haus an der Ahr über ausgefallene Halbleiterlieferungen aus Thailand bis hin zu Todesfällen durch Hitze. Auch Auswirkungen auf Tiere, Pflanzen und Ökosysteme müssen einbezogen werden, wenn die Gesamtschäden des Klimawandels betrachtet werden. Aber auch graduelle Veränderungen durch den Klimawandel wie der Anstieg des Meeresspiegels und Temperaturverschiebungen wirken sich aus – etwa auf Küsten, auf Ökosysteme oder auf die Verbreitung von Krankheitserregern. Diese Studie hat sich auf die Schäden von klimawandelbedingten Extremwetterereignissen konzentriert.

Schäden durch klimatische Veränderungen sind nicht immer monetär zu bewerten. Es gibt auch große immaterielle Schäden. Beeinträchtigungen von Gesundheit, Lebensqualität und Zufriedenheit zählen dazu. Auch Schäden an der natürlichen Umwelt, wie Biodiversitätsverluste, Veränderungen des Stadt- und Landschaftsbilds und damit verbundene Einbußen an Erholungsnutzen fallen in diese Kategorie.

Viele indirekte Effekte

Die volkswirtschaftlichen Schäden des Klimawandels gehen zudem weit über die direkten Schäden hinaus. Kommt es etwa zu Lieferverzögerungen durch überschwemmte Infrastrukturen oder zu Arbeitsproduktivitätseinbußen durch Hitzebelastungen, schlägt dies indirekt auch als Klimaschaden zu Buche. Als hochindustrialisiertes Land mit einer Vielzahl an internationalen Handelsverflechtungen ist Deutschland auch den indirekten Folgen des Klimawandels in anderen Teilen der Welt stark ausgesetzt.

So können Klimawandelfolgen in anderen Ländern über Lieferketten indirekt auf Deutschland wirken. Ein Problem für die Wahrnehmung dieser Folgewirkungen durch Politik und Wirtschaft besteht darin, dass solche Schäden schwieriger zuordenbar und quantifizierbar sind. Doch für die stark import- und exportorientierte deutsche Wirtschaft sind sie hoch relevant und können die Auswirkungen der in Deutschland direkt anfallenden Klimaschäden bei weitem übersteigen. Abbildung 1 gibt einen Überblick über die Kategorien von Klimafolgekosten und Dimensionen möglicher Schäden.

Abbildung 1: Kategorien von Klimafolgekosten und Dimensionen möglicher Schäden

	MATERIELL	IMMATERIELL
DIREKT	 <ul style="list-style-type: none"> • Zerstörte Gebäude und Infrastrukturen • Produktionseinbußen wegen Ausfall von Arbeitnehmenden • Ernteauffälle in der Landwirtschaft • Ertragseinbußen in der Forstwirtschaft • Gesundheitskosten 	 <ul style="list-style-type: none"> • Tote • Gesundheitliche Beeinträchtigungen • Beeinträchtigung des Wohlbefindens • Verlust der heimischen Artenvielfalt • Beeinträchtigung von Ökosystemen
INDIREKT	 <ul style="list-style-type: none"> • Produktionseinbußen wegen Problemen bei Zulieferern • Absatzeinbußen wegen Nachfragerückgang 	 <ul style="list-style-type: none"> • Verlust globaler Artenvielfalt • Beeinträchtigung des Landschaftsbilds • Psychische Belastungen durch Verlust oder Belastung von Angehörigen • Politische Instabilität

Quelle: Hirschfeld et al. (2021a)

Zwei Perspektiven auf Klimaschäden: ex post und ex ante

Welche Schäden bereits entstanden sind ...

Das Projekt „Kosten durch Klimawandelfolgen in Deutschland“ bestand aus zwei Analysesträngen: Erstens wurde analysiert, welche Schäden klimawandelbedingte Extremwetterereignisse in Deutschland seit dem Jahr 2000 verursacht haben. Diese Übersicht über vergangene Extremweterschäden in Deutschland wurde ergänzt durch zwei Detailanalysen von Ereignissen der letzten Jahre: Untersucht wurden die Schäden der Dürre- und Hitzeextreme in den Jahren 2018 und 2019 sowie der Sturzfluten und Überschwemmungen im Juli 2021, die insbesondere Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen schwer getroffen haben.

... und was auf Deutschland zukommt

Neben dieser rückblickenden Ex-post-Analyse hat das Projekt auch nach vorne geschaut und Szenarioberechnungen für zukünftig zu erwartende Schäden durchgeführt.

Es gibt zahlreiche Methoden und Modelle, um sichtbar zu machen, welche Folgen des Klimawandels zu erwarten sind, und um darzustellen, wie Klimawandel, Politikmaßnahmen, Gesellschaft und Wirtschaft zusammenhängen. Um zu zeigen, welche Auswirkung der Klimawan-

del auf die wirtschaftliche und gesellschaftliche Struktur von Ländern hat, werden häufig komplexe rechengestützte Modelle eingesetzt, die mittels Szenarien „Was-wäre-wenn“-Fragen beantworten. Für Deutschland liegt mit der Klimawirkungs- und Risikoanalyse zudem ein breit abgestimmtes qualitatives Modell vor, das als wichtige Grundlage für diese Szenarioanalysen dienen kann.

Im Rahmen des Projektes wurde das makroökonomische Modell INFORGE/PANTA RHEI eingesetzt, um abzuschätzen, was der Klimawandel Deutschland bis 2050 kosten könnte.

Szenarien: Keine Prognosen, sondern Orientierung und Entscheidungshilfe

Die Ergebnisse der Modellrechnungen und der Szenarioanalyse stellen keine Vorhersagen oder Prognosen dar, sondern vermitteln einen Eindruck, was unter bestimmten Annahmen passieren könnte. Sie bieten Orientierung und dienen als Entscheidungshilfe für politische Maßnahmen zum Umgang mit Klimafolgen.

Auf den nächsten Seiten werden die Ergebnisse der Ex-post- und der Ex-ante-Untersuchungen zusammengefasst.



Schäden von Flutereignissen in Deutschland

Klimawandel macht „Jahrhundertfluten“ wahrscheinlicher

Flusshochwasser und Überschwemmungen durch Starkregen und Sturzfluten sind die kostenträchtigen Extremwetterereignisse in Deutschland. Neben zerstörten Gebäuden und Verkehrsinfrastrukturen sind auch die Industrie sowie das Gewerbe von überfluteten Produktionshallen oder gestörten Lieferketten betroffen. Insgesamt entstanden so seit dem Jahr 2000 in Deutschland mindestens 70 Mrd. Euro Schäden.

Überschwemmungen wie im Ahrtal 2021, die Flusshochwasser in weiten Teilen Süd-, Mittel- und Norddeutschlands im Juni 2013 oder die Fluten an Elbe, Saale und Donau im August 2002 werden als bisher selten auftretende „Jahrhunderthochwasser“ bezeichnet. Diese drei Extremereignisse gehören hinsichtlich der Schäden zu den fünf teuersten seit 2000.

Flut an Ahr und Erft mit historischem Schadensausmaß

Die Überschwemmungen im Ahrtal und an der Erft im Juli 2021 waren mit mindestens 40,5 Mrd. Euro Schäden – davon 33,4 Mrd. Euro direkte und 7,1 Mrd. Euro indirekte Schäden – das schadensträchtigste Extremereignis der deutschen Geschichte. Abbildung 3 zeigt, wie sich die Schäden auf einzelne Handlungsfelder verteilen.

Neben den direkten Schäden sorgen insbesondere die langfristigen Ausfälle von Infrastrukturen, sowie das Ausbleiben von Lieferbeziehungen für teilweise massive Folgeschäden.

Für die Flut im Ahrtal des Juli 2021 stellten Untersuchungen einen eindeutigen Einfluss des Klimawandels fest. Modellrechnungen zeigen, dass der Klimawandel die Eintrittswahrscheinlichkeit um den Faktor 1,2 bis 9 und die Niederschlagsmenge um bis zu 19 Prozent erhöht hat.

Abbildung 3: Die Flut im Juli 2021: Wie sich die monetären direkten und indirekten Schäden auf die Handlungsfelder der Deutschen Anpassungsstrategie aufteilen (Mrd. Euro)

	direkte Schäden 33,4	indirekte Schäden* 7,1	gesamte Schäden 40,5
Privathaushalte**	14,0	0	14,0
Bauwesen	5,5	1,4	6,9
Verkehr und Verkehrsinfrastruktur	4,8	2,0	6,8
Industrie und Gewerbe	2,8	2,2	5,0
Wasser, Hochwasser- und Küstenschutz	2,2	0,3	2,5
Menschliche Gesundheit	1,3	0,4	1,7
Weitere Handlungsfelder der Deutschen Anpassungsstrategie	2,0	0,4	2,3
Keine Zuordnung zu einem Handlungsfeld möglich	0,7	0,5	1,1

Quelle: Trenczek et al. (2022c)

Bislang unterschätzt: Die „stillen“ Extremwetter Hitze und Dürre

Landwirtschaft, Wald- und Forstwirtschaft sowie Industrie und Gewerbe besonders betroffen

Die volkswirtschaftlichen Kosten von Hitze und Dürren entwickeln sich langsam und sind mitunter wenig sichtbar – aber sie sind verheerend. Bislang ist unzureichend quantifiziert, zu welchen volkswirtschaftlichen Kosten Hitzeperioden und Dürren in Deutschland bis heute geführt haben. Flächendeckende Untersuchungen, wie sie etwa auf Grundlage von Versicherungsdaten bei Stürmen oder Überflutungen durchgeführt werden, liegen nicht vor.

Vor allem die Landwirtschaft, Wald- und Forstwirtschaft sowie Industrie und Gewerbe spüren die Auswirkungen von Hitze und Dürren. Indikatoren wie Ertragsverluste von Getreide sind ein Indiz für das Schadensausmaß. Hitze und Trockenheit beeinträchtigen auch die Qualität und Verfügbarkeit von Wasser. Darunter leidet insbesondere der Wald. Dies führt zu hohen Kosten in der Forstwirtschaft. Schließlich gilt zu beachten: Direkte Schäden führen oft zu indirekten Folgeschäden

in nachgelagerten Bereichen, nicht zuletzt auch in anderen Wirtschaftszweigen. Allein für die Hitze- und Dürreextreme der Jahre 2018 und 2019 lassen sich so Schäden von rund 35 Mrd. Euro erfassen (Abbildung 4). Dazu kommen erhebliche Folgen für die biologische Vielfalt, etwa durch das Sterben der Wälder, durch Waldbrände oder Bodenerosionen, die bisher nicht erfasst sind.

Hitze führt zu Übersterblichkeit

Temperaturen von über 30 °C tags und 24 °C nachts beeinträchtigen die Leistungsfähigkeit und den Schlaf. Eine Körpertemperatur von 41 °C, die beispielsweise infolge eines Hitzeschlags erreicht werden kann, ist lebensgefährlich. Mit hohen Temperaturen steigen die Krankheitsanfälligkeit und der Hitzestress, insbesondere bei älteren und pflegebedürftigen Menschen. Es sinkt also nicht nur die Arbeitsproduktivität von Millionen Erwerbstätigen. Viel schlimmer: Auf Hitzeereignisse gehen 99 Prozent der mindestens 30.000 extremwetterbedingten zusätzlichen Todesfälle in Deutschland seit 2000 zurück.

Abbildung 4: Wie sich die erfassten Schäden der Dürre- und Hitzesommer 2018 und 2019 zusammensetzen (Mrd. Euro)

	direkte Schäden	indirekte Schäden	gesamte Schäden
	20,7	14,2	34,9
Forstwirtschaft	11,3	6,5	17,8
Industrie und Gewerbe	5,0	4,2	9,2
Landwirtschaft	4,4	3,4	7,8

Diese nachweisbaren Schäden stellen eine Untergrenze dar, denn die volkswirtschaftlichen Kosten von Hitze und Dürren sind bisher unzureichend erfasst. Die indirekten Schäden ergeben sich aus dem Median der ermittelten Spannweiten der indirekten Effekte.

Quelle: Trenczek et al. (2022b)

Szenarien zeigen: Milliarden-Schäden durch Klimawandel zu erwarten

Volkswirtschaftliche Klimawandelfolgen differenziert analysiert

In der Studie wurden nicht nur die vergangenen Extremwetterschäden untersucht, sondern auch die volkswirtschaftlichen Kosten, die Deutschland in der Zukunft zu erwarten hat. Die Kosten wurden durch eine modellbasierte Szenario-Analyse für unterschiedliche Klimawandel-Entwicklungen (schwach, mittel, stark) ermittelt. Die Ergebnisse stellen keine Prognosen oder exakten Vorhersagen dar, sondern sollen einen Eindruck der möglichen künftigen ökonomischen Folgen des Klimawandels vermitteln.

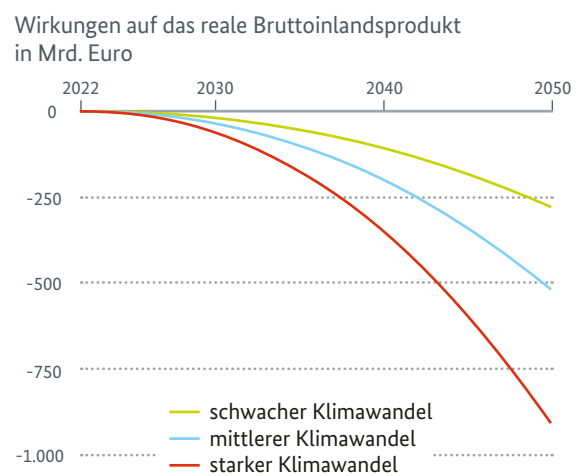
Die Auswahl der Klimawirkungen, die in die Modellierung eingeflossen sind, erfolgte auf Basis der Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland, die im Kontext der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) regelmäßig im Auftrag der Bundesregierung erstellt wird. Dabei wurden für diese modellbasierte Analyse verschiedene Kriterien wie die Bewertung des klimawandelbedingten Risikos, der Grad der Gewissheit oder die Möglichkeit zur Abbildbarkeit in einem ökonomischen Modell herangezogen. Zu den betrachteten Klimawirkungen gehören unter anderem Ertragsausfälle in der Landwirtschaft, Beschädigung oder Zerstörung von Gebäuden und Infrastrukturen durch Starkregen und Überflutung, Beeinträchtigung des Warenverkehrs und Auswirkungen auf das Gesundheitssystem.

Mitte des Jahrhunderts: Fast jedes Jahr Klimaschäden wie im „Rekordjahr“ 2021?

Die zu erwartenden jährlichen Folgekosten für den Zeitraum von 2022 bis 2050 steigen im Zeitverlauf immer stärker an und summieren sich am Ende auf 280 bis 900 Mrd. Euro (Abbildung 5). Zum Vergleich: Die Flutschäden des Jahres 2021 werden auf mindestens rund

40 Mrd. Euro geschätzt. Ein solches Schadensausmaß könnte also immer häufiger und bis zur Mitte des Jahrhunderts rein rechnerisch fast jedes Jahr eintreten.

Abbildung 5:
Volkswirtschaftliche Folgekosten durch den Klimawandel summiert bis 2050



Quelle: Flaute et al. (2022)

Bei den ermittelten Kosten handelt es sich jeweils um eine Untergrenze, da nur solche Klimawirkungen betrachtet wurden, die monetär zu erfassen sind und in ökonomischen Modellen abgebildet werden können.

Nicht mit eingerechnet sind trotz der hohen Bedeutung daher unter anderem Todesfälle, der Verlust von Lebensqualität oder der Verlust von Artenvielfalt durch das Aussterben von Tier- und Pflanzenarten. Auch zahlreiche Klimawirkungen in den Handlungsfeldern Fischerei, Küsten- und Meeresschutz sowie Wasserhaushalt/Wasserwirtschaft und Ökosystemleistungen konnten nicht abgebildet werden. Es ist daher zu erwarten, dass die Gesamtkosten noch wesentlich höher ausfallen.

Klimaanpassung: Investitionen lohnen sich

Selbst mit ambitioniertem Klimaschutz lässt sich der Klimawandel nicht mehr verhindern, sondern nur noch eindämmen. Die vorsorgende Anpassung an Klimaveränderungen ist wichtig, um die Widerstandsfähigkeit von Gesellschaft, Wirtschaft und Ökosystemen zu erhöhen und Schäden möglichst stark zu reduzieren. Dabei können Klimaschutz und Klimaanpassung auch Hand in Hand gehen: Insbesondere naturbasierte Lösungen wie etwa die Kohlenstoffspeicherung in Vegetation und Boden durch den Erhalt von Wäldern oder Mooren können sowohl Treibhausgasemissionen mindern als auch zur Anpassung an Klimafolgen beitragen.

Klimawandelfolgen bergen einige Unsicherheiten: zwar ist inzwischen sicher, dass Extremwetterereignisse häufiger und stärker auftreten werden, der genaue Ort und der Zeitpunkt sind jedoch ungewiss. Auch die Auswirkungen von graduellen Klimawandelfolgen, etwa vom Anstieg des Meeresspiegels, sind durch Kippunkte und Wechselwirkungen nicht exakt bestimmbar. Durch diese Unsicherheiten und Unwägbarkeiten unterscheiden sich Investitionen in die Klimaanpassung von anderen Investitionen. Sie müssen getätigt werden ohne genaue Kenntnis darüber, wie stark der Klimawandel tatsächlich ausfallen wird und wie viele Extremwetterereignisse wo in welchem Ausmaß auftreten

werden. Eine exakte Kosten-Nutzen-Analyse ist vorab nicht möglich. Dennoch sind Maßnahmen zur Klimaanpassung wichtig, um die Folgen des Klimawandels abzumildern und die zukünftigen Schadenskosten möglichst gering zu halten.

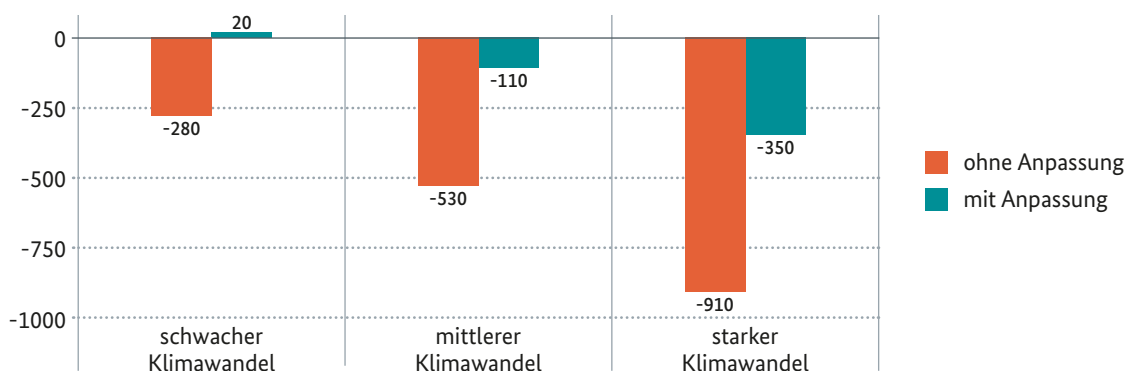
Wie bei der Analyse der Kosten durch den Klimawandel können auch bei der Modellierung der Anpassung nur monetär und ökonomisch abbildbare Maßnahmen bewertet werden. Dies umfasst etwa Investitionen in Pflanzenarten, die Klimaveränderungen und Extremwetter gegenüber widerstandsfähiger sind, klimaangepasste Bewässerungsverfahren in der Landwirtschaft oder klima- und hochwasserangepasstes Bauen sowie zusätzliche Ausgaben für die öffentliche Forschung.

Anpassung kann Schäden reduzieren

Die möglichen Schadenskosten des Klimawandels können durch rein monetäre Investitionen in Anpassungsmaßnahmen je nach Ausprägung des Klimawandels vollständig (schwacher Klimawandel), um 80 Prozent (mittlerer Klimawandel) oder um 60 Prozent (starker Klimawandel) reduziert werden (Abbildung 6) und verringern damit die Verletzlichkeit gegenüber Klimafolgen. Allerdings sind die Ergebnisse mit hohen Unsicherheiten behaftet.

Abbildung 6: Volkswirtschaftliche Folgen durch Anpassung an den Klimawandel

Kumulierte Wirkung auf das reale Bruttoinlandsprodukt in Mrd. Euro (auf 10 gerundet) für den Zeitraum 2022–2050



Quelle: Flaute et al. (2022)

Ergebnisse des Projektes zum Nachlesen

MERKBLÄTTER



Merkblatt 1
Klimafolgekosten: Mehr als direkte Schäden



Merkblatt 2
Forschung belegt Dringlichkeit von Klimaschutz und Klimaanpassung



Merkblatt 3
Schäden von Wetterextremen



Merkblatt 4
Die „stillen“ Extremwetter:
Hitze und Dürre



Merkblatt 5
Schäden von Flutereignissen in
Deutschland



Merkblatt 6
Starkregen und Fluten versus
Dürre – Was trifft wen?



Merkblatt 7
Die ökonomische Vermessung des
Klimawandels



Merkblatt 8
Klimawandel: Milliarden-Schäden
zu erwarten



Merkblatt 9
Klimaanpassung: Investitionen
lohnen sich

STUDIEN

Jesko Hirschfeld et al. (2021a): [Systematische Kategorisierung möglicher Kostendimensionen von Klimaschäden](#)

Jesko Hirschfeld et al. (2021b): [Priorisierung einzelner Schadens- und Kostendimensionen der Folgen des Klimawandels](#)

Markus Flaute et al. (2022): [Volkswirtschaftliche Folgekosten durch Klimawandel: Szenarioanalyse bis 2050](#)

Britta Stöver et al. (2022): [Forschungsstand u. Literatur zu den volkswirtschaftlichen Folgekosten des Klimawandels in Deutschland](#)

Jan Trenczek et al. (2022a): [Übersicht vergangener Extremwetterschäden in Deutschland](#)

Jan Trenczek et al. (2022b): [Schäden der Dürre- und Hitzeextreme 2018 und 2019](#)

Jan Trenczek et al. (2022c): [Schäden der Sturzfluten und Überschwemmungen im Juli 2021 in Deutschland](#)

Jan Trenczek et al. (2022d): [Schadenswirkungen von Überschwemmungen und Sturzfluten sowie Hitze und Dürre. Ein Vergleich der Extremereignistypen](#)

KONTAKT

Dr. Alexandra Dehnhardt,
Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)
alexandra.dehnhardt@ioew.de